

# MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS ROY CHUDLEY/ ROGER GREENO

3ª EDICIÓN REVISADA Y AMPLIADA

# MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

**Editorial Gustavo Gili, SL**

Roselló 87-89, 08029 Barcelona, España. Tel. (+34) 93 322 81 61

Valle de Bravo 21, 53050 Naucalpan, México. Tel. (+52) 55 55 60 60 11

# MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

ROY CHUDLEY/  
ROGER GREENO

3ª EDICIÓN REVISADA Y AMPLIADA



**Título original:** *Building Construction Handbook*, octava edición publicada originalmente por Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, 2010

**Versión castellana:** Carlos Sáenz de Valicourt

**Diseño de la cubierta:** Toni Cabré/Editorial Gustavo Gili, SL

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

La Editorial no se pronuncia ni expresa ni implícitamente respecto a la exactitud de la información contenida en este libro, razón por la cual no puede asumir ningún tipo de responsabilidad en caso de error u omisión.

Esta tercera edición de *Manual de construcción de edificios* de Roy Chudley y Roger Greeno se publica con permiso de Elsevier Limited, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, Reino Unido.

© Roy Chudley, 1988, 1995, 1996

© Roy Chudley y Roger Greeno, 1998, 2001, 2004, 2008, 2010

para la edición castellana:

© Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2013

ISBN: 978-84-252-2622-9 (digital PDF)

[www.ggili.com](http://www.ggili.com)

# ÍNDICE

## PREFACIO IX

### PRIMERA PARTE. GENERAL

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Entorno edificado                     | 2  |
| La estructura                         | 5  |
| Elementos primarios y secundarios     | 12 |
| Componentes y funciones               | 15 |
| Actividades de la construcción        | 19 |
| Documentos del proyecto               | 20 |
| Dibujos empleados en la construcción  | 21 |
| Inspección de edificios               | 28 |
| Certificados de eficiencia energética | 32 |
| Unidades de obra y programación       | 33 |
| Pesos y densidades de los materiales  | 35 |
| Sobrecargas de uso                    | 37 |
| Dibujos y anotaciones                 | 38 |
| Coordinación modular                  | 42 |

### SEGUNDA PARTE. TRABAJOS EN EL TERRENO

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| Estudio del solar                                   | 46  |
| Inspección del terreno                              | 47  |
| Estudio del suelo                                   | 50  |
| Naturaleza del suelo y ensayos                      | 57  |
| Consideraciones sobre el solar                      | 64  |
| Seguridad de la obra                                | 67  |
| Iluminación de la obra y suministro de electricidad | 70  |
| Oficina de obra                                     | 74  |
| Almacenamiento de materiales                        | 77  |
| Control de calidad de los materiales                | 82  |
| Pudrición seca y pudrición húmeda de la madera      | 97  |
| Órdenes de conservación de árboles y edificios      | 99  |
| Localización de redes de servicios públicos         | 100 |
| Replanteo                                           | 101 |
| Niveles y ángulos                                   | 105 |
| Construcción de calles                              | 108 |
| Andamios tubulares y sistemas de andamiaje          | 116 |
| Apuntalamientos y apeos                             | 129 |
| Demoliciones                                        | 138 |

### TERCERA PARTE. MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Consideraciones generales                    | 142 |
| Explanadoras de empuje ( <i>bulldozers</i> ) | 145 |
| Traíllas                                     | 146 |
| Niveladoras                                  | 147 |
| Palas mecánicas                              | 148 |

Excavadoras 149  
Vehículos de transporte 154  
Montacargas 157  
Conductos y contenedores para evacuación de escombros 159  
Grúas 160  
Maquinaria de hormigonado 172

#### **CUARTA PARTE. INFRAESTRUCTURA**

Cimentaciones: función, materiales y dimensionado 180  
Cimentaciones por pilotes cortos 195  
Cimentaciones por losa ligera 196  
Tipos de cimentación y selección de la adecuada 197  
Pilotajes 202  
Muros de contención 222  
Gaviones y colchones reno 236  
Construcción de sótanos 243  
Impermeabilización de sótanos 246  
Excavaciones 252  
Fabricación de hormigón 258  
Ataguías 263  
Cajones de cimentación 265  
Recalces 267  
Control del agua del subsuelo 276  
Estabilización y mejora del suelo 286  
Recuperación de terrenos baldíos 291  
Tratamiento de subsuelos contaminados 292

#### **QUINTA PARTE. SUPERESTRUCTURA - 1**

Elección de materiales 296  
Paredes de ladrillo y de bloque 297  
Aparejos de ladrillo 298  
Ladrillos especiales y aplicaciones 307  
Muros con cámara 312  
Capas y membranas impermeables 318  
Membranas resistentes a los gases 323  
Arcos y aberturas 330  
Ventanas, vidriería y acristalamiento 338  
Puertas domésticas e industriales 363  
Construcción de muros de carga transversales 372  
Construcción con entramado de madera 376  
Revoques y revestimientos de fachada 380  
Cubiertas inclinadas de madera y cubiertas planas 388  
Cubiertas ajardinadas 436  
Aislamiento térmico 438  
Cálculo de la transmitancia U 439  
Puentes térmicos 457  
Supresión de barreras arquitectónicas 461

## **SEXTA PARTE. SUPERESTRUCTURA - 2**

Losas de hormigón armado 465  
Estructuras reticulares de hormigón armado 466  
Protección contra el fuego de hormigón estructural 481  
Encofrados 482  
Estructuras de hormigón prefabricado 489  
Hormigón pretensado 493  
Estructuras de acero. Perfiles normalizados 500  
Estructuras de acero. Nudos 505  
Estructuras de acero. Protección contra el fuego 510  
Vigas de madera compuestas 521  
Cubiertas de plancha 532  
Cubiertas de laminas 546  
Claraboyas 558  
Revestimiento de fachadas con doble piel 568  
Vidrio estructural y muros cortina 569  
Paneles de hormigón 575  
Defectos y acabados superficiales de hormigón 583

## **SÉPTIMA PARTE. CONSTRUCCIÓN INTERIOR Y ACABADOS**

Elementos interiores 586  
Paredes interiores 587  
Juntas de construcción 592  
Tabiques y paredes de entramado de madera 598  
Yesos, enlucidos y cartón yeso 601  
Técnicas de revestimiento seco 607  
Alicatados 613  
Pavimentos y acabados domésticos 615  
Soleras pesadas moldeadas in situ 622  
Capas regleadas sobre soleras de hormigón 624  
Forjados de madera 626  
Cálculo de vigas de madera 632  
Forjados de hormigón armado 636  
Forjados prefabricados de hormigón 641  
Pavimentos elevados registrables (suelos técnicos) 646  
Aislamiento acústico 647  
Escaleras de madera, hormigón y metálicas 653  
Puertas interiores 683  
Puertas ignífugas 686  
Falsos techos de placas de cartón yeso 692  
Falsos techos suspendidos 693  
Pinturas 697  
Carpintería y ebanistería 701  
Tableros y chapas 706  
Plásticos en la edificación 708

## **OCTAVA PARTE. INSTALACIONES**

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| Evacuación de aguas                                         | 712 |
| Avenamiento del subsuelo                                    | 713 |
| Evacuación de aguas pluviales                               | 715 |
| Drenaje de calles                                           | 718 |
| Detalles de instalaciones de recogida de aguas pluviales    | 720 |
| Sistemas de evacuación de aguas residuales                  | 723 |
| Sistemas de drenaje. Calibres y pendientes de las tuberías  | 731 |
| Abastecimiento de agua                                      | 733 |
| Instalaciones de agua fría                                  | 735 |
| Instalaciones de agua caliente                              | 737 |
| Instalaciones de agua fría y caliente. Reguladores de gasto | 740 |
| Cisternas y acumuladores                                    | 741 |
| Instalaciones de agua. Juntas de tuberías                   | 743 |
| Aparatos sanitarios                                         | 744 |
| Sistemas de bajantes individuales y ventilados              | 748 |
| Sistemas de calefacción por agua caliente                   | 752 |
| Suministro e instalación de electricidad                    | 754 |
| Suministro de gas y estufas de gas                          | 763 |
| Chimeneas hogar y conductos de evacuación de humos          | 767 |
| Instalaciones telefónicas. Requisitos básicos               | 777 |
| Instalaciones de comunicaciones electrónicas                | 778 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| <b>ÍNDICE DE TÉRMINOS</b> | <b>781</b> |
|---------------------------|------------|

# PREFACIO

En esta octava edición en inglés, tercera en castellano, se ha mantenido el formato predominantemente gráfico de las ediciones anteriores, donde los principios de la construcción se orientan a los procesos constructivos con numerosos ejemplos de diseño teórico y empírico. Las descripciones son breves y se complementan con referencias bibliográficas específicas adicionales.

El libro aborda tanto la práctica constructiva actual como la tradicional, en lo relativo a la construcción y el mantenimiento de la vivienda y otros edificios de baja altura, así como las técnicas más avanzadas aplicadas a edificios comerciales medianos y altos o a grandes edificios industriales. Muchos de los ejemplos de ediciones anteriores se han mantenido como hitos o referencias importantes para unas nuevas aplicaciones que han evolucionado en respuesta a los avances en los materiales y teniendo en cuenta temas medioambientales, sin olvidar las medidas de ahorro energético y construcción sostenible.

Se estima que el parque de viviendas en Reino Unido ronda los 25 millones, entre ellas, unos dos millones construidas durante la década de 2000. Por consiguiente, la supervisión y el cuidado de los edificios más antiguos constituyen una parte destacada de la industria de la construcción. A fin de dar cabida al importante sector del mantenimiento, la restauración, la renovación y la reparación, este manual incorpora muchos ejemplos de prácticas contrastadas por el uso.

Esta nueva edición incorpora los procesos de construcción modernos y su tecnología asociada; a pesar de ello, el contenido no es exhaustivo ni pretende ser prescriptivo. El proyecto de edificación y las técnicas constructivas subsiguientes son variados y diversos, ya que dependen de la disponibilidad de los materiales y las técnicas. Este manual proporciona una orientación para alcanzar dichos objetivos, pero, como es natural, resulta imposible abarcar todos los casos. Por ello, se anima al lector a que suplemente este estudio con la observación y la práctica en obra, la lectura adicional de revistas profesionales especializadas, bibliografía legislativa y catálogos de productos de los fabricantes.

Roger Greeno, 2010



# 1. GENERAL



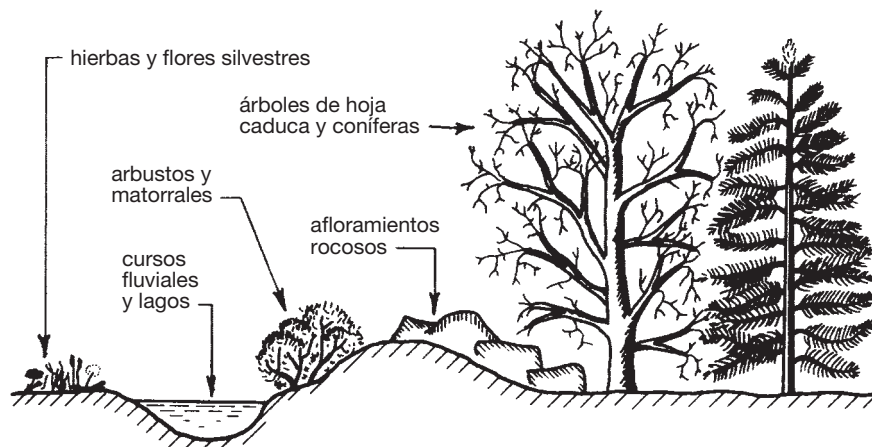
ENTORNO EDIFICADO  
LA ESTRUCTURA  
ELEMENTOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS  
COMPONENTES Y FUNCIONES  
ACTIVIDADES DE LA CONSTRUCCIÓN  
DOCUMENTOS DEL PROYECTO  
DIBUJOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN  
INSPECCIÓN DE EDIFICIOS  
CERTIFICADOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA  
UNIDADES DE OBRA Y PROGRAMACIÓN  
PESOS Y DENSIDADES DE LOS MATERIALES  
SOBRECARGAS DE USO  
DIBUJOS Y ANOTACIONES  
COORDINACIÓN MODULAR



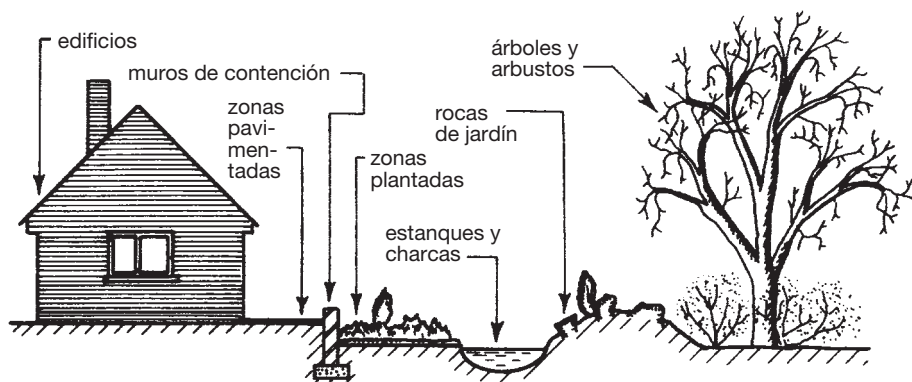
## Entorno edificado

**Entorno:** alrededores, que pueden ser naturales, artificiales o una combinación de ambos.

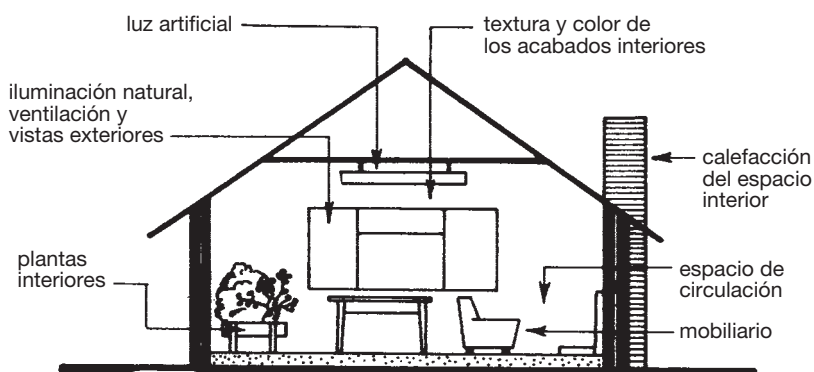
**Entorno edificado:** creado por el hombre, con o sin la ayuda del entorno natural.



ELEMENTOS DEL ENTORNO NATURAL



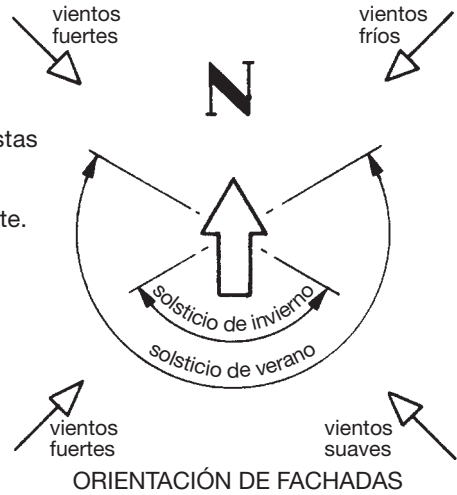
ELEMENTOS DEL ENTORNO EDIFICADO (EXTERIOR)



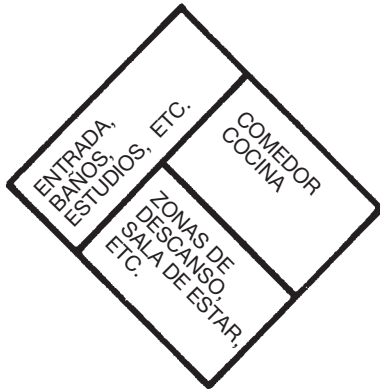
ELEMENTOS DEL ENTORNO EDIFICADO (INTERIOR)

### Consideraciones ambientales

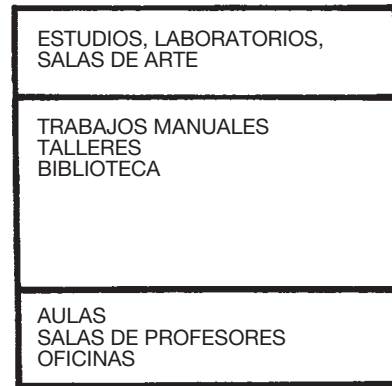
1. Requisitos del proyecto.
2. Ordenanzas de la edificación.
3. Restricciones sobre el terreno impuestas por el vendedor o arrendador.
4. Disponibilidad de servicios.
5. Servicios del lugar, incluido el transporte.
6. Características del subsuelo.
7. Niveles y topografía del terreno.
8. Edificios o terrenos vecinos.
9. Usos del edificio.
10. Asoleo y vistas.



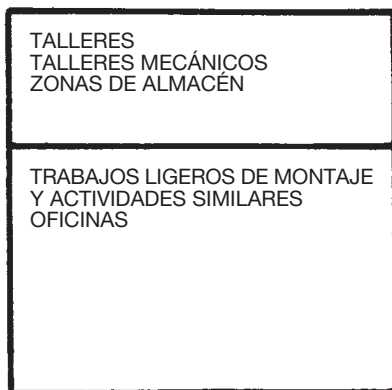
### Ejemplos



EDIFICIOS RESIDENCIALES



ESCUELAS



FÁBRICAS

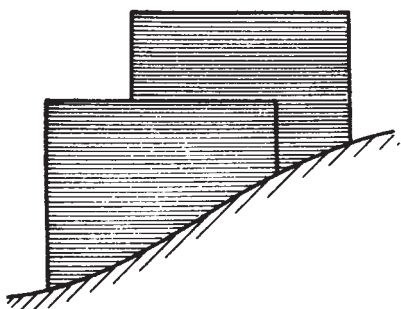


HOSPITALES

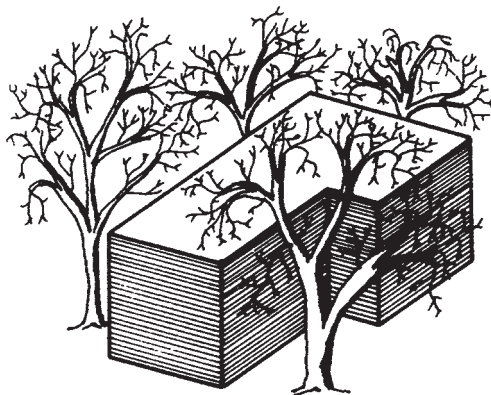
### Consideraciones físicas

1. Curvas de nivel del terreno.
2. Vegetación y árboles.
3. Dimensiones del terreno y/o edificio propuesto.
4. Forma del terreno y/o edificio propuesto.
5. Calles y caminos de aproximación y acceso.
6. Servicios disponibles.
7. Cursos de agua, lagos y estanques.
8. Servidumbres de paso, conservación de árboles y edificios antiguos.
9. Condiciones climáticas creadas por las fincas, terrenos o actividades circundantes.
10. Propuesta de futuras ampliaciones.

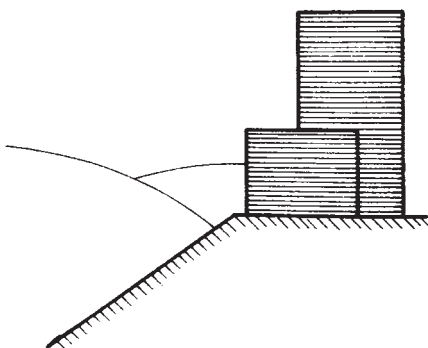
### Ejemplos



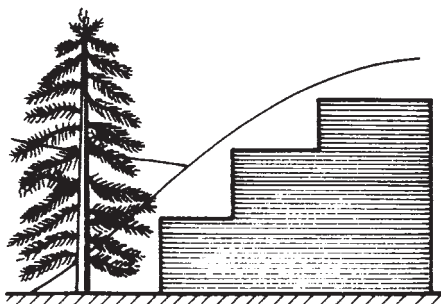
Edificio en dos niveles para obtener una forma económica.



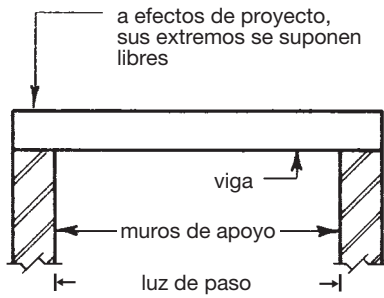
Forma determinada por el arbolado existente.



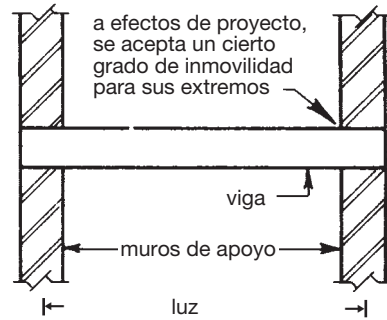
Solución sobre una meseta elevada para evitar problemas de humedad.



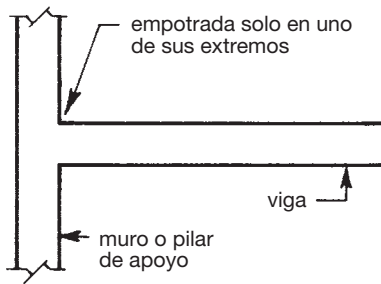
Alzado escalonado o tratamiento similar, para adaptarse al paisaje natural.



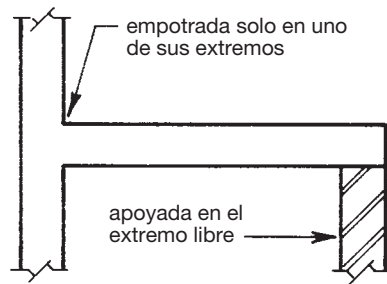
VIGA SIMPLEMENTE APOYADA



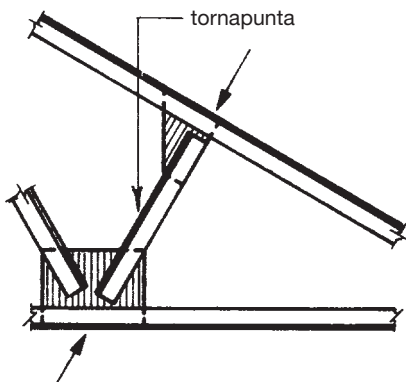
VIGA EMPOTRADA



VIGA EN VOLADIZO

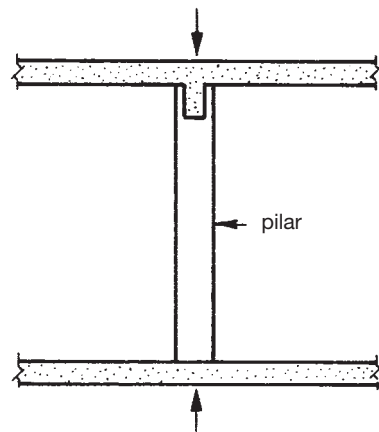


VIGA CON UN EXTREMO EMPOTRADO Y OTRO APOYADO



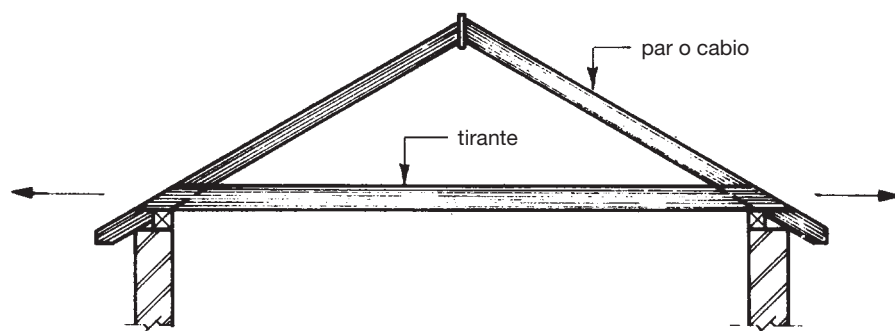
TORNAPUNTA O JABALCÓN

elemento estructural sometido principalmente a fuerzas de compresión

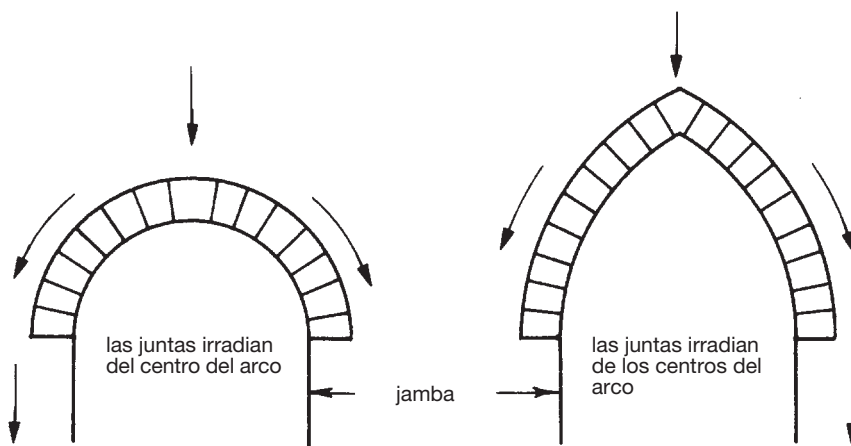


TORNAPUNTA VERTICAL

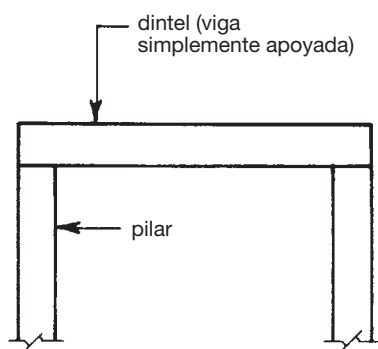
llamado generalmente columna, pie derecho o pilar



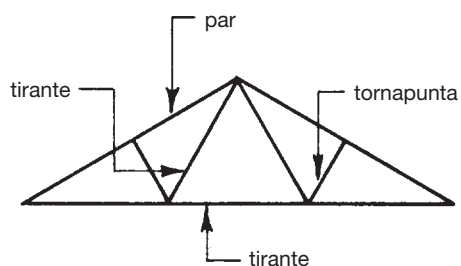
**TIRANTE**  
elemento estructural sometido principalmente  
a fuerzas de tracción



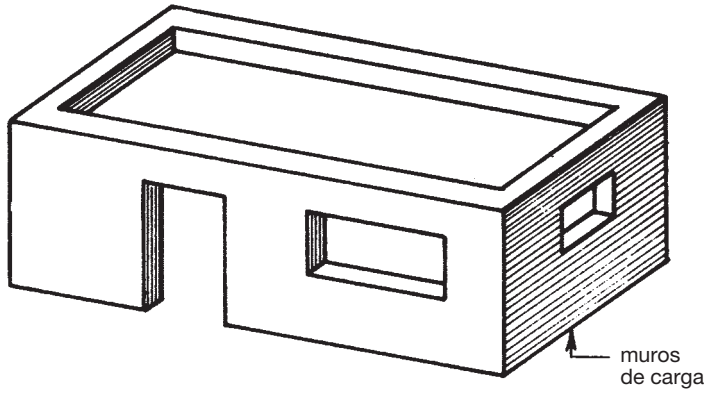
**ARCOS**  
las cargas se transmiten a lo largo del arco hacia los apoyos



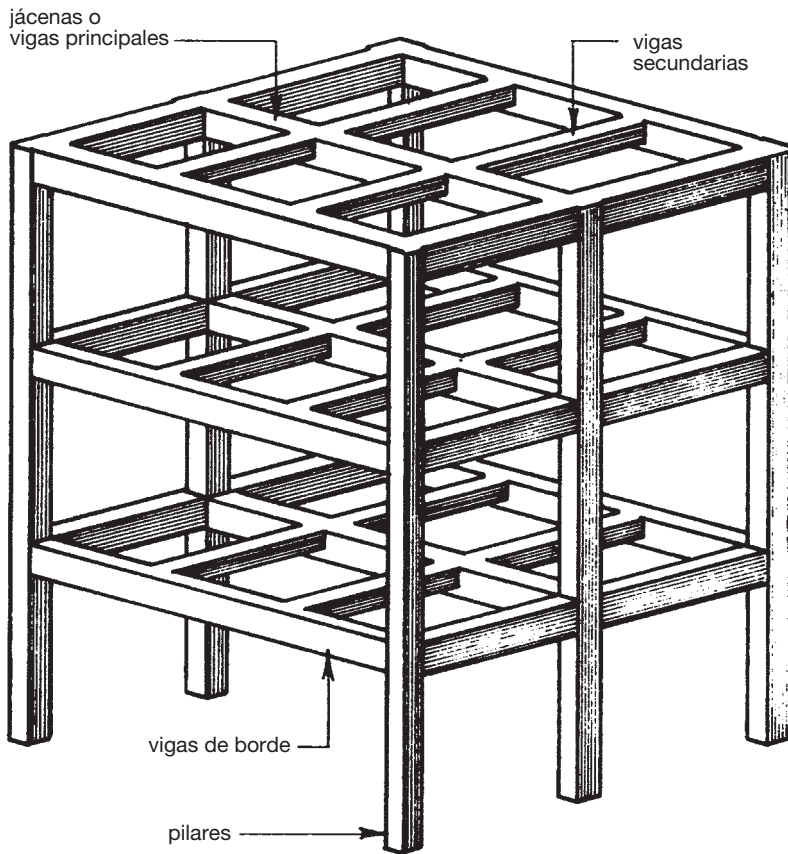
**PILARES Y DINTEL**



**ARMADURA DE CUBIERTA**



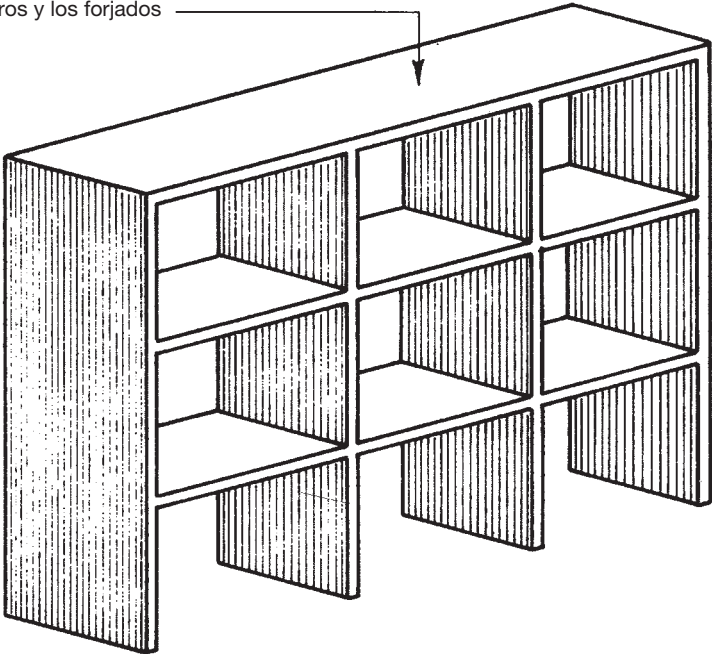
CONSTRUCCIÓN MACIZA  
con límites estructurales; generalmente se utiliza en edificios de poca altura  
y luces pequeñas



ESQUELETO O ESTRUCTURA PORTICADA

La estructura. Formas básicas

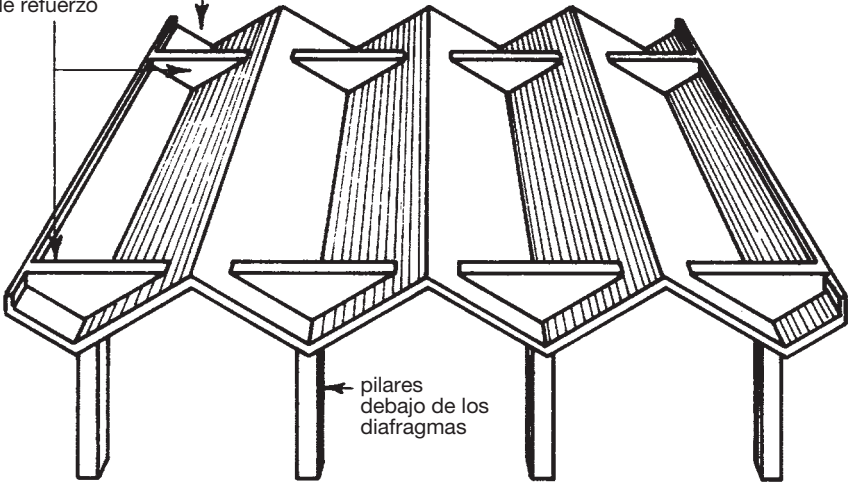
la estructura consiste en una serie de losas interconectadas que forman los muros y los forjados



ESTRUCTURA DE COLMENA O DE NICHOS

diafragmas o vigas transversales de refuerzo

losa plegada de modo que la cubierta actúe como una viga de luz igual a la longitud del pliegue



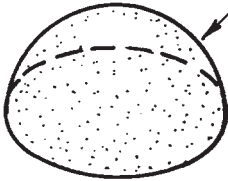
pilares debajo de los diafragmas

ESTRUCTURA DE MEMBRANA PLEGADA

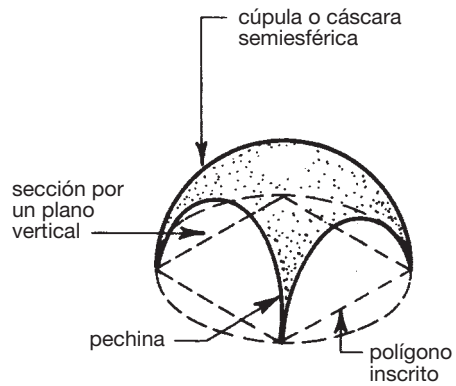
**Cubiertas laminares:** están formadas por una membrana que cubre una planta de forma y superficie dadas.

### Ejemplos

membrana de doble curvatura formada mediante la rotación de una forma curva plana en torno a un eje vertical

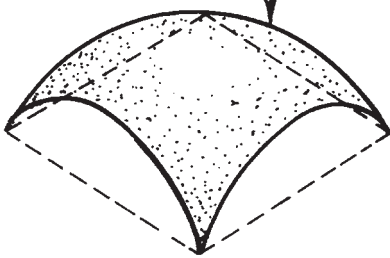


CÚPULA O CÁSCARA DE ROTACIÓN



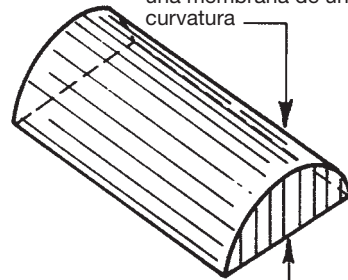
CÚPULA DE PECHINAS

formada por el desplazamiento de una línea curva sobre otra



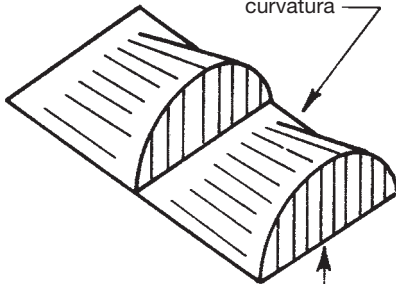
CÚPULA DE TRASLACIÓN

cilindro cortado formando una membrana de una sola curvatura



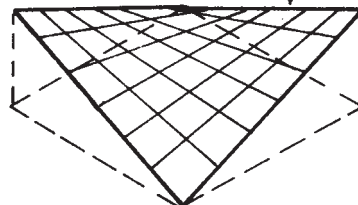
BÓVEDA DE CAÑÓN

membranas de doble curvatura



MEMBRANAS CÓNICAS

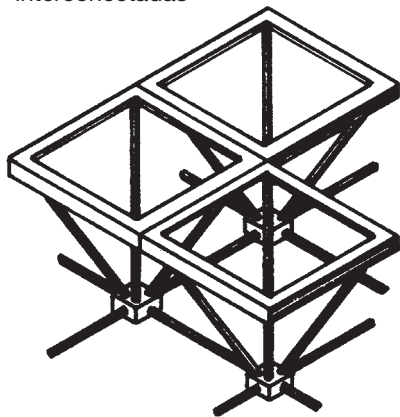
membrana de doble curvatura en forma de silla de montar



PARABOLOIDE HIPERBÓLICO

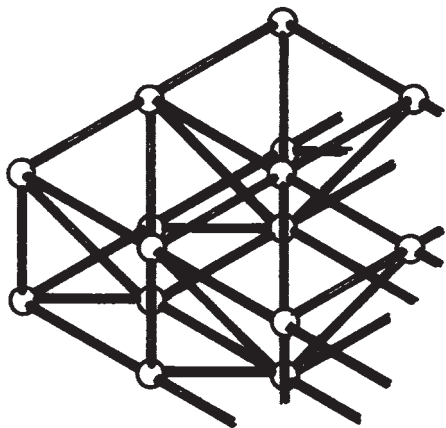


serie de pirámides invertidas  
interconectadas

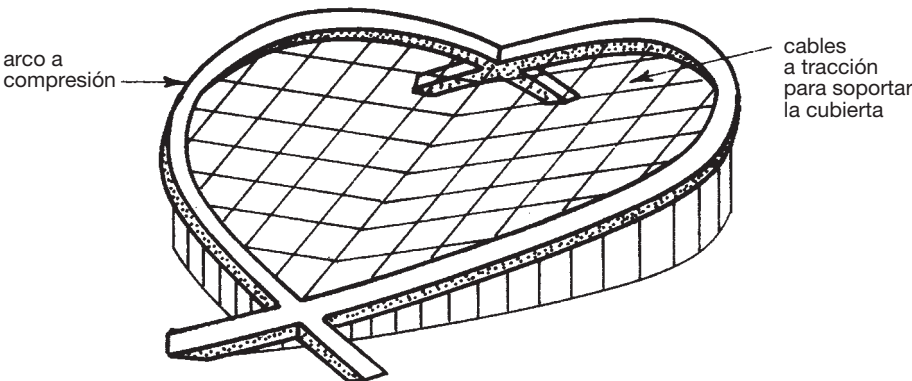


CERCHA ESPACIAL

serie de retículas interconectadas



MALLA ESPACIAL



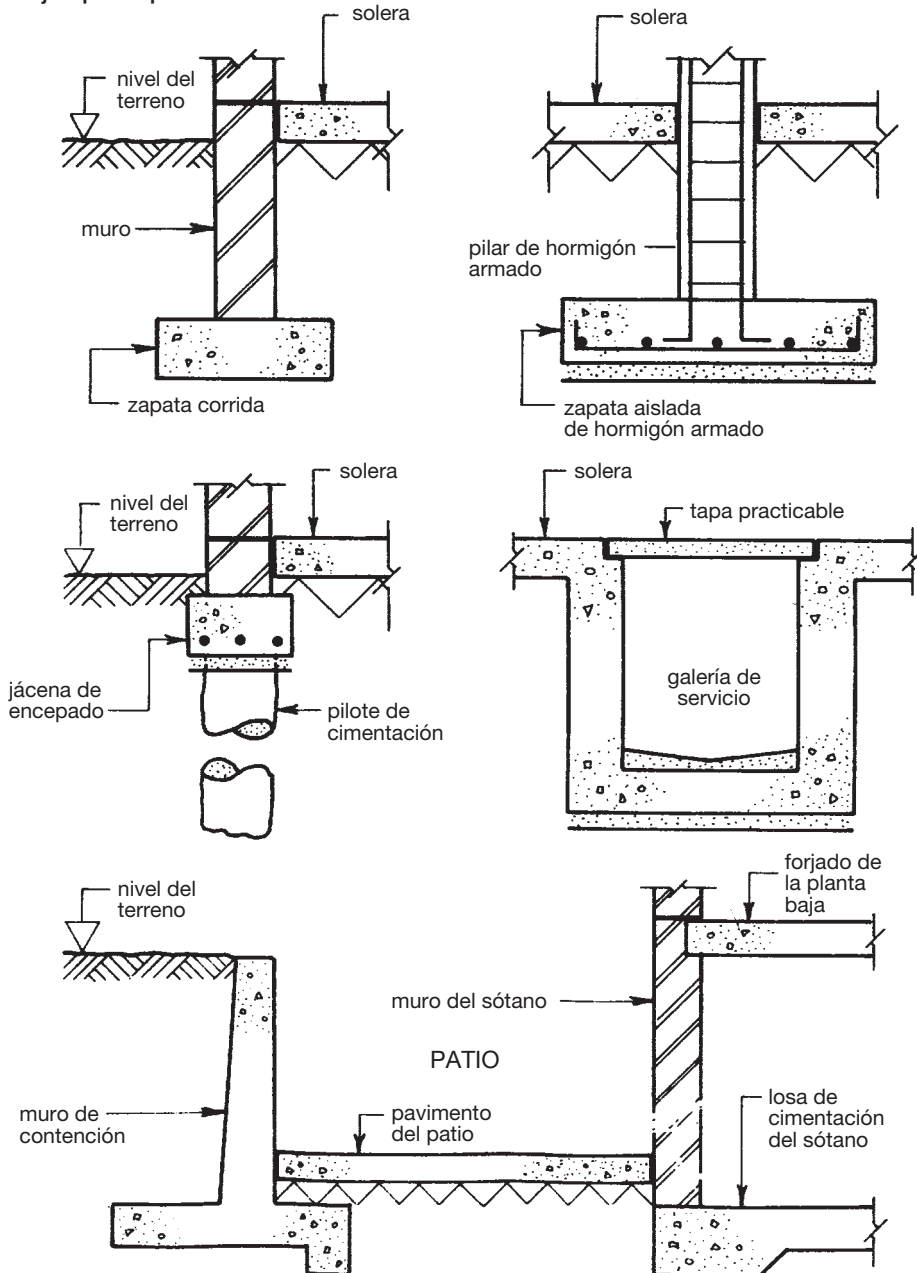
ESTRUCTURA DE CABLES TENSIONADOS



ESTRUCTURA DE MEMBRANA A TRACCIÓN

**Infraestructura:** toda estructura que queda por debajo de la superestructura, por lo que, en líneas generales, incluye toda aquella situada por debajo del nivel del terreno, aunque también comprende la solera de la planta baja.

### Ejemplos tipo

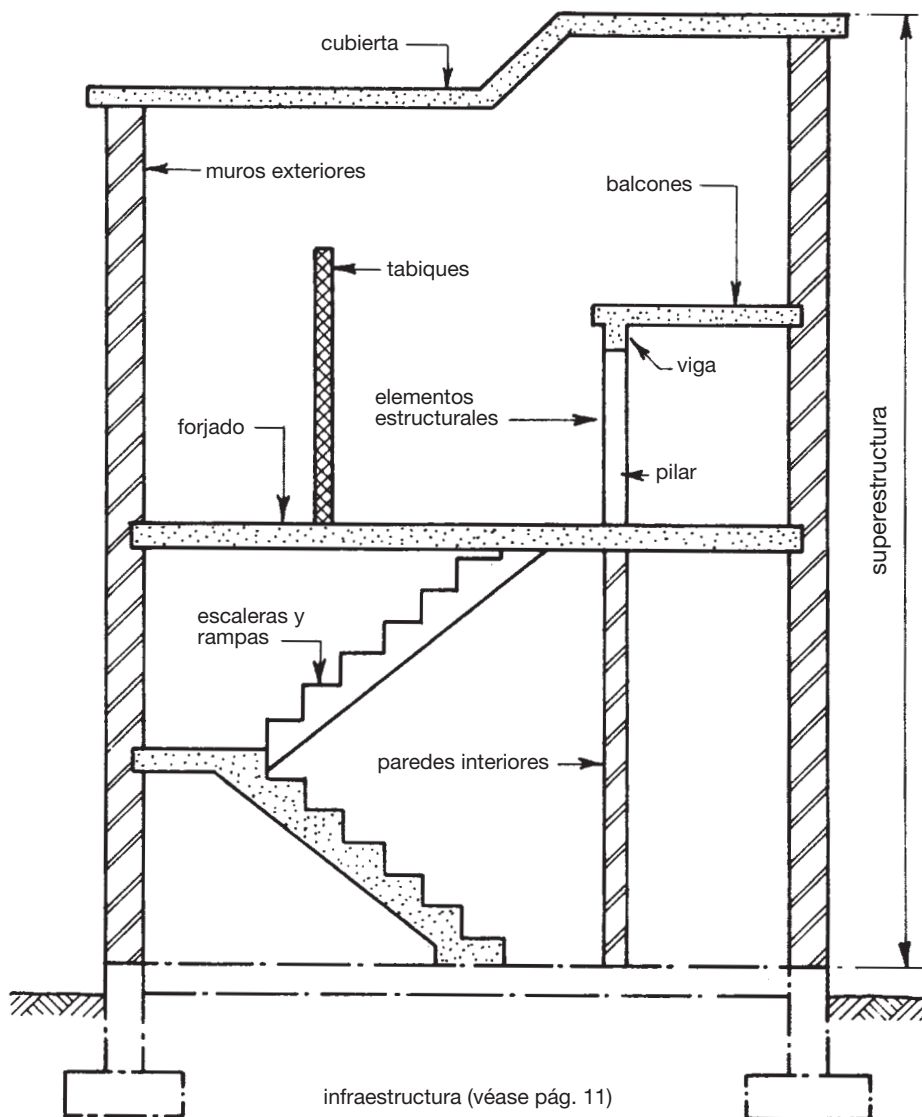


## Superestructura y elementos primarios

**Superestructura:** estructura situada sobre la infraestructura, tanto interna como externamente.

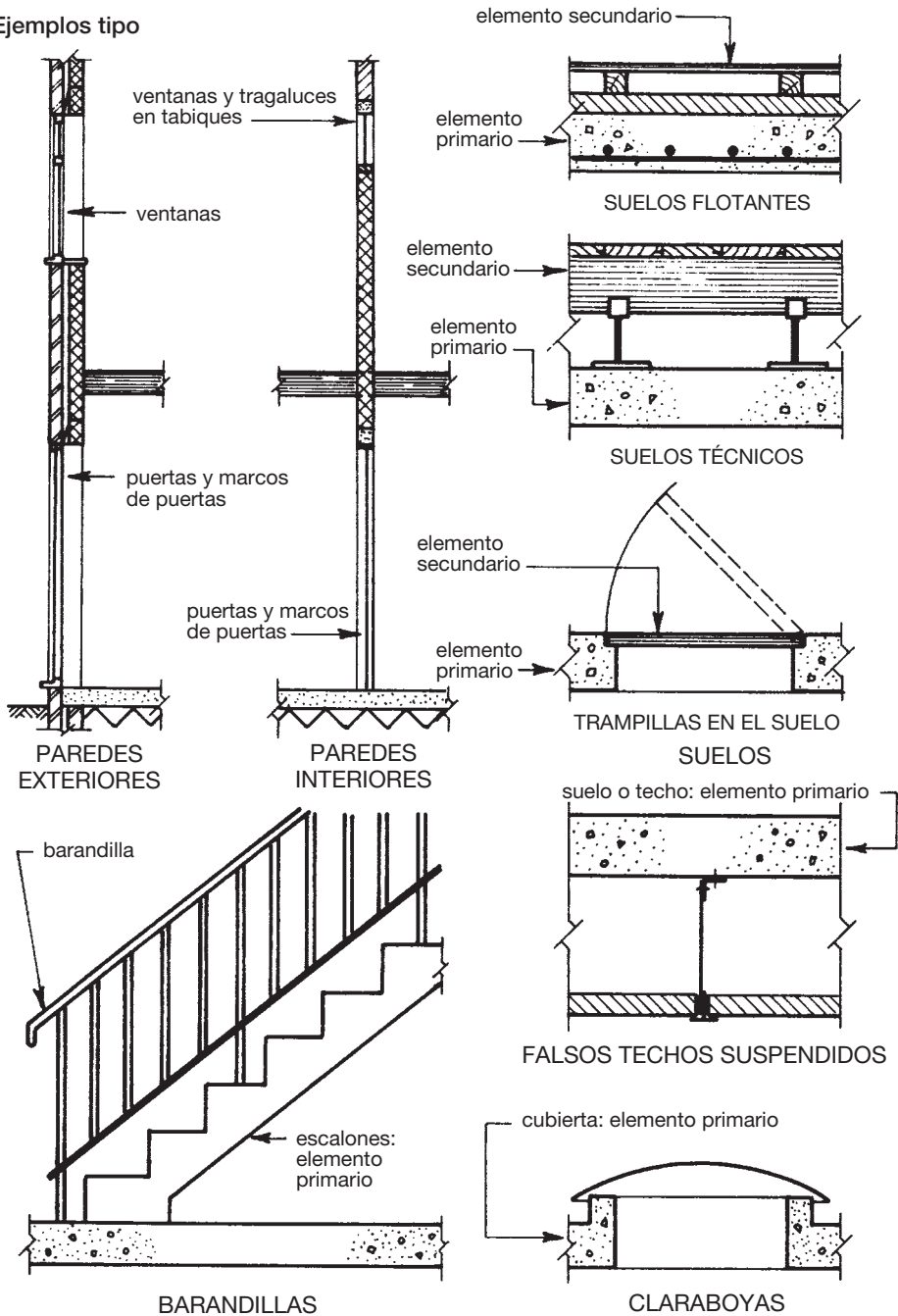
**Elementos primarios:** básicamente, son los componentes del armazón del edificio situados sobre la infraestructura, excluyendo los elementos secundarios, acabados, servicios y accesorios.

### Ejemplos tipo



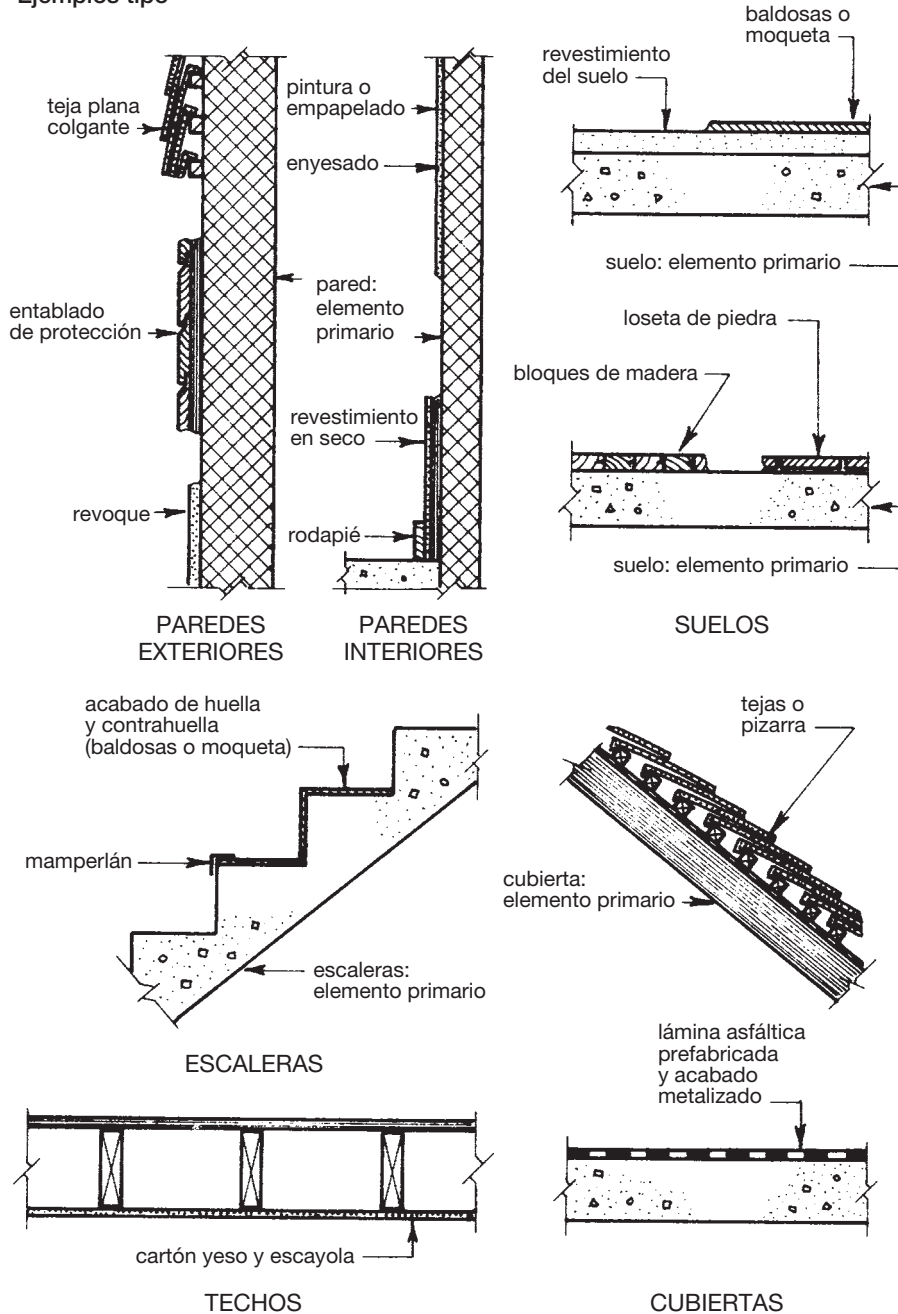
**Elementos secundarios:** elementos complementarios de la estructura, incluidos los de acabados exteriores e interiores de los huecos practicados en elementos primarios.

**Ejemplos tipo**

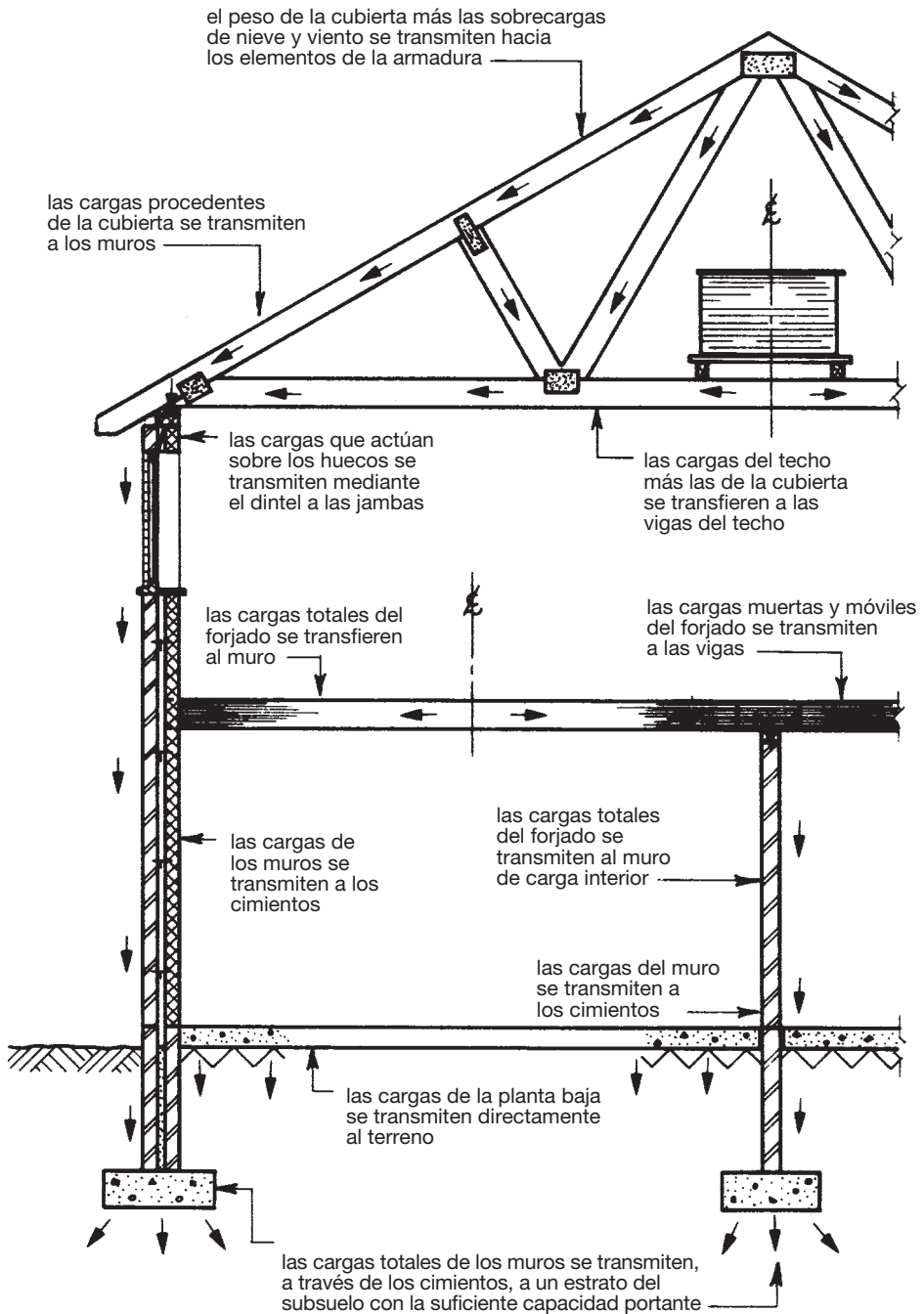


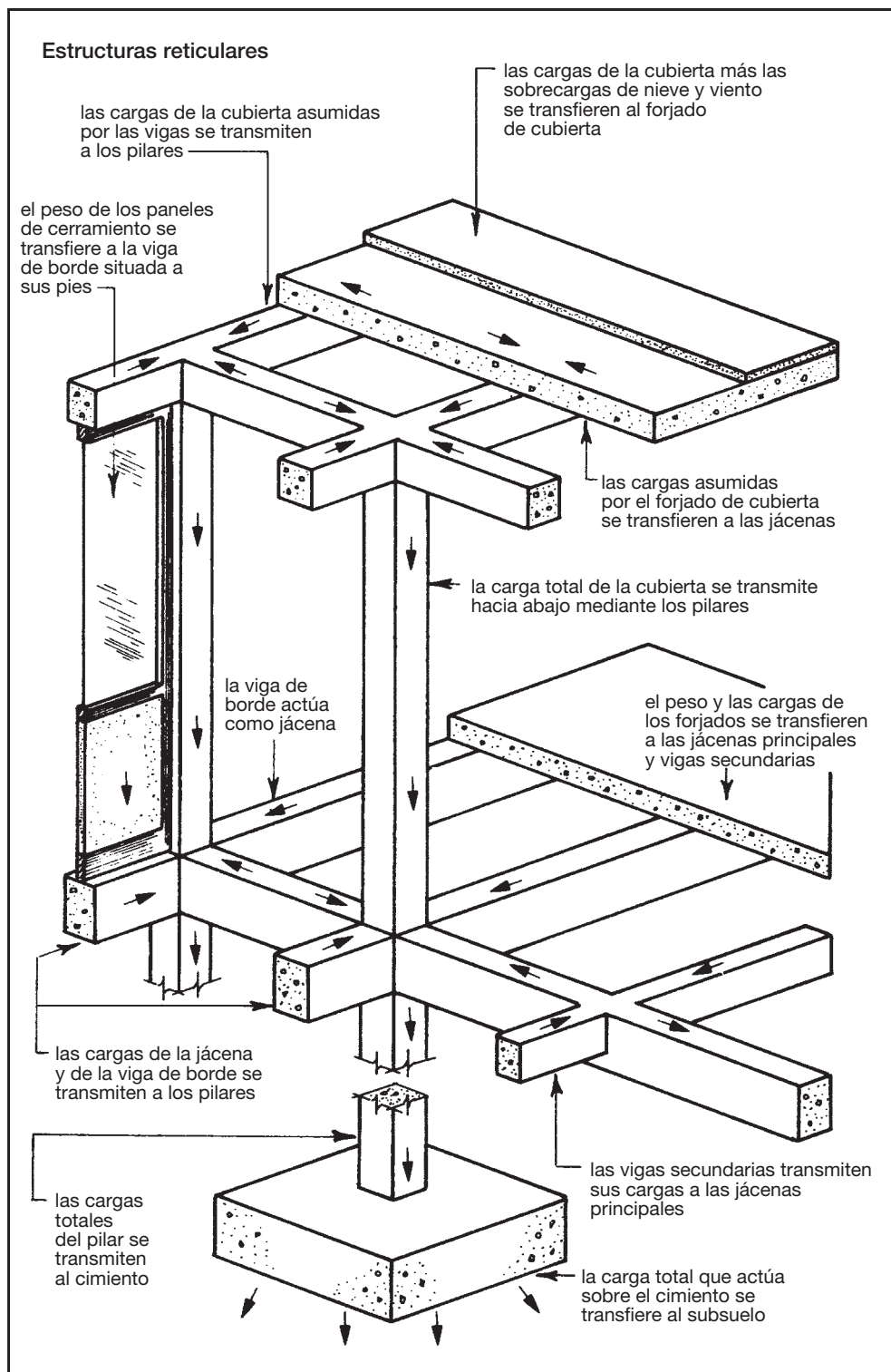
**Acabado:** superficie final (que puede ser la propia del elemento, como ocurre con la superficie lisa de un hormigón) o aplicada posteriormente, como las baldosas de un pavimento.

### Ejemplos tipo



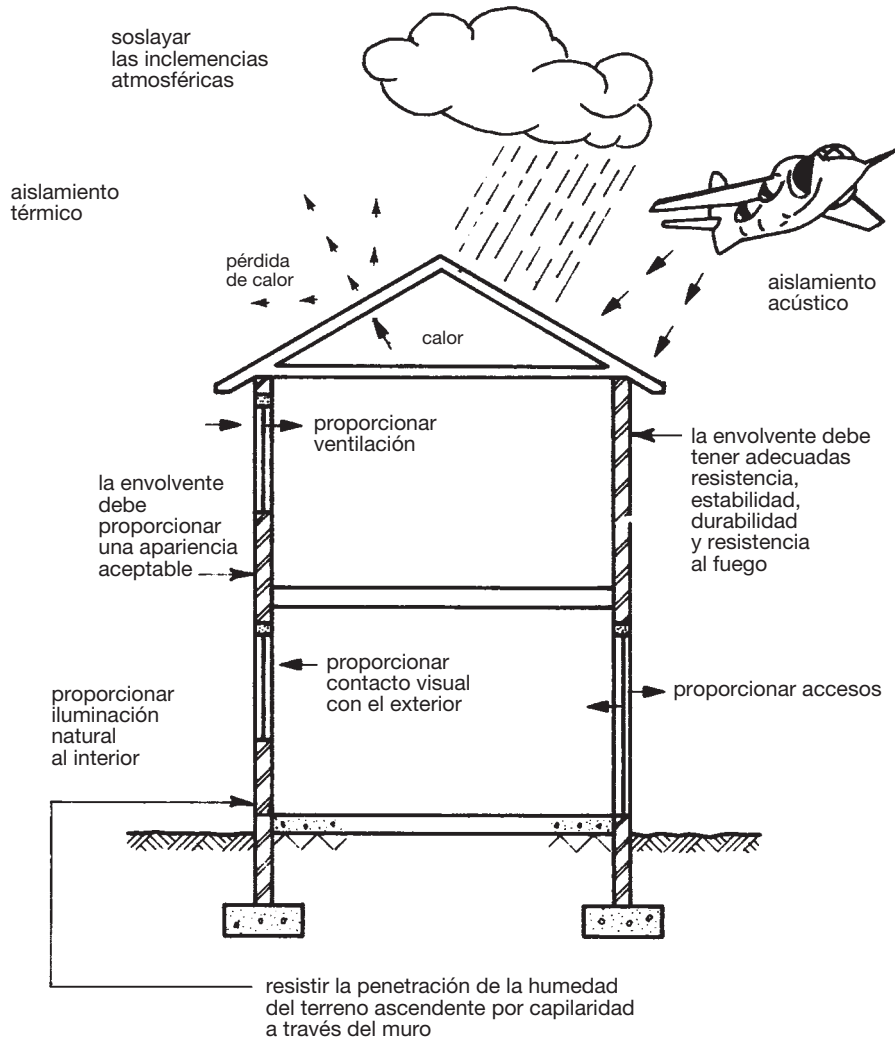
Estructuras para viviendas





**Envolvente exterior:** consiste en los materiales y componentes que forman la membrana externa de un edificio; pueden ser o no de carga, según sea la forma estructural del edificio.

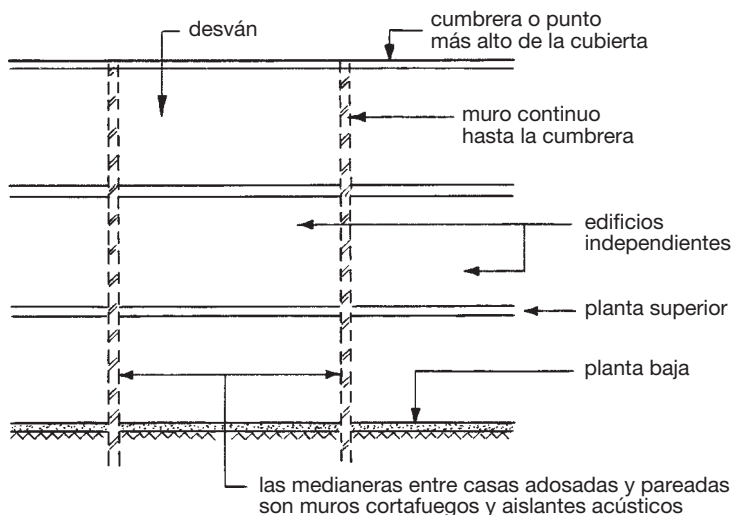
### Funciones primarias



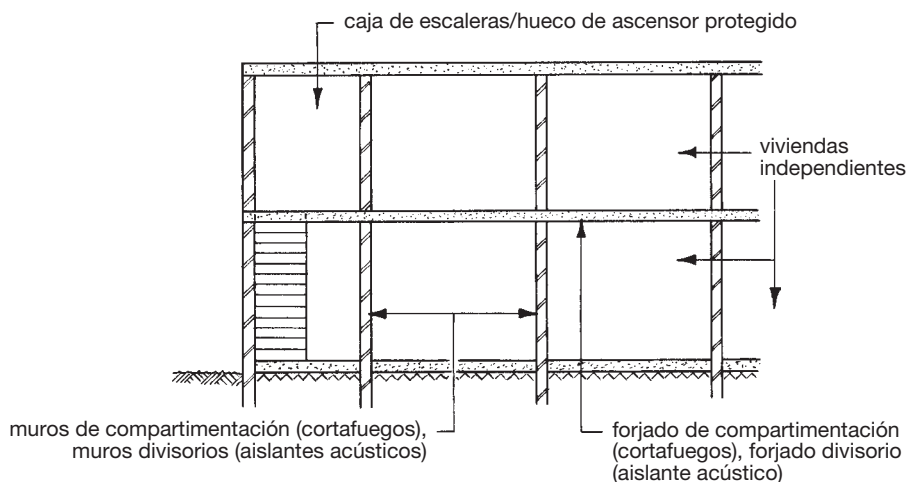


## Separación y compartimentación interna

### Casas particulares



### Edificios de viviendas



NOTA: no es obligatorio que los forjados que separen dependencias en un dúplex sean cortafuegos.

Para edificios no residenciales, las dimensiones de los sectores compartimentados dependen de la superficie, la función y la altura.

**Compartimentación:** un edificio o una parte de él con muros y forjados construidos para contener el fuego y evitar su propagación a otra parte del mismo edificio o al edificio contiguo.

**Forjado/muro divisorio:** elemento con buen aislamiento acústico y que sirve para separar viviendas.

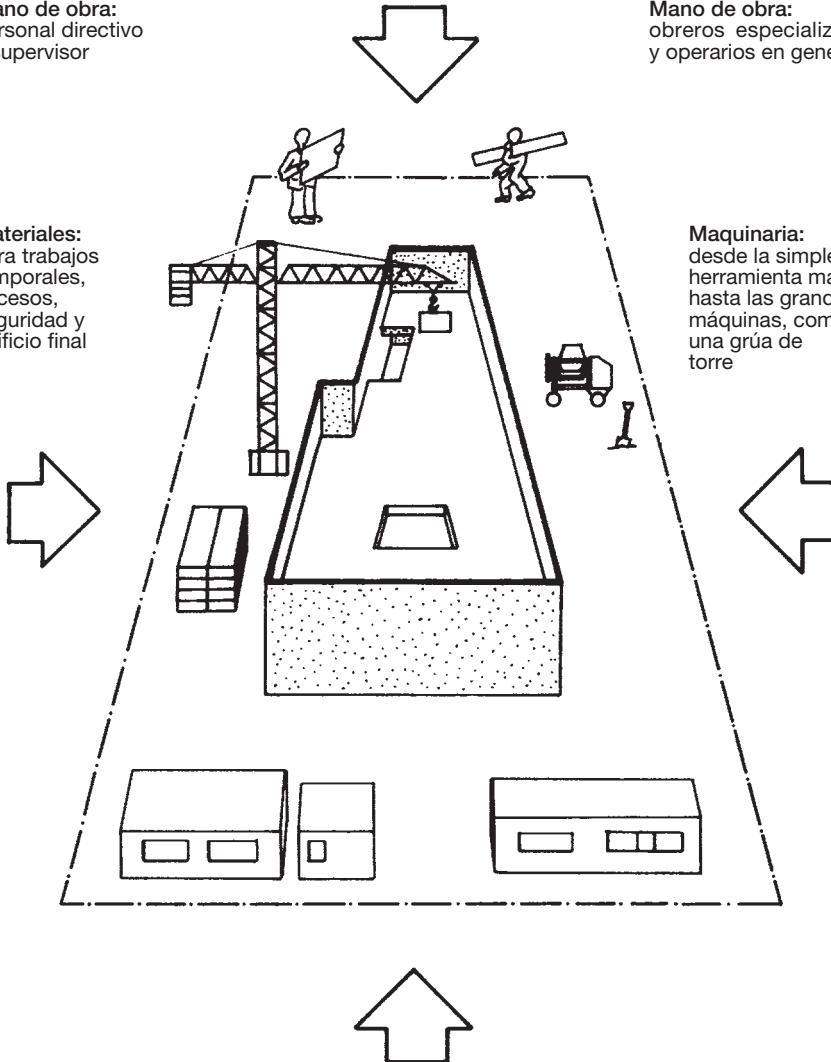
El solar destinado a la edificación puede considerarse como una fábrica temporal en la cual se emplean los recursos necesarios para cumplir con éxito un contrato.

**Mano de obra:**  
personal directivo  
y supervisor

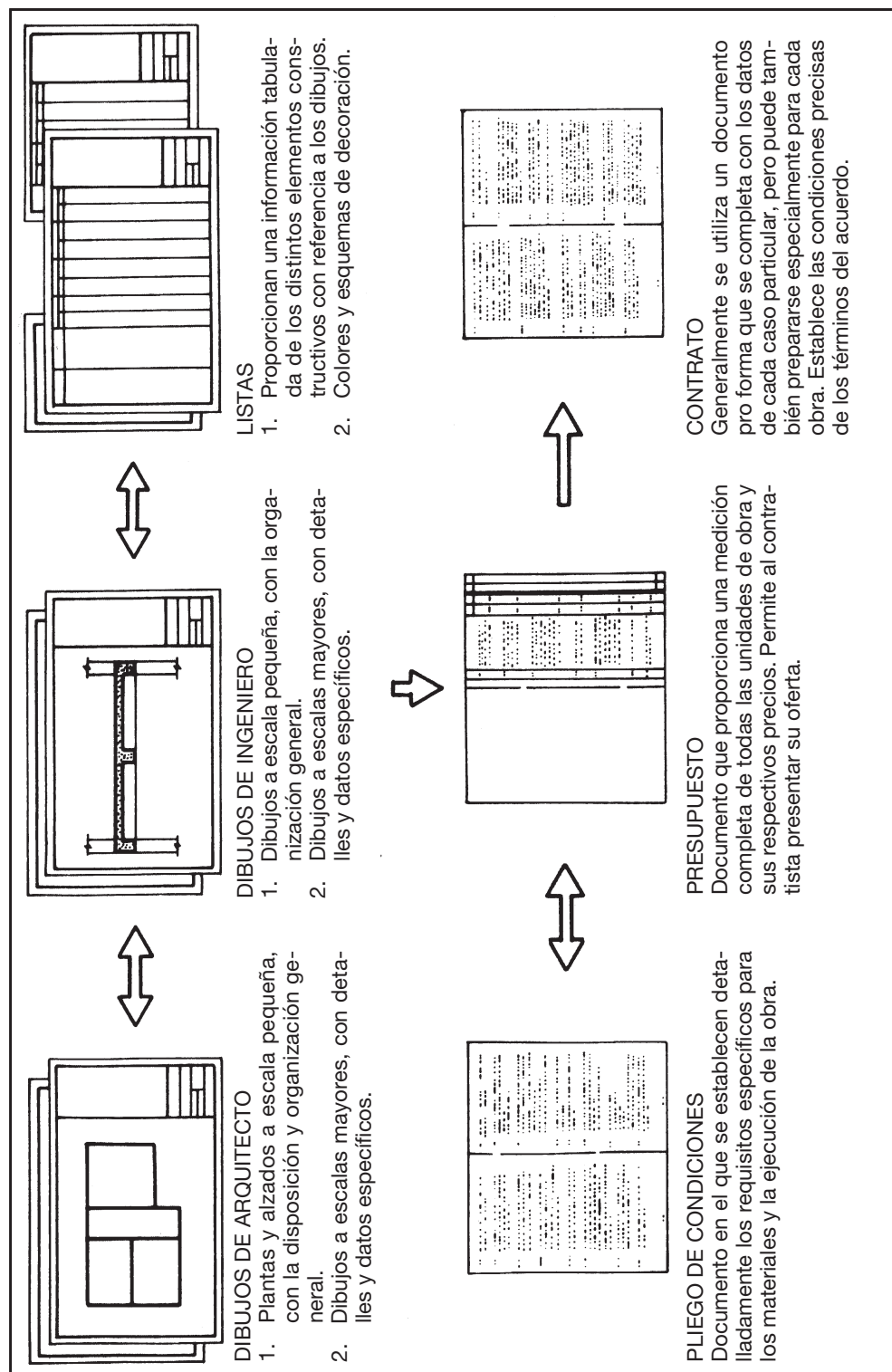
**Mano de obra:**  
obreros especializados  
y operarios en general

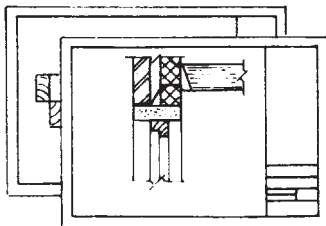
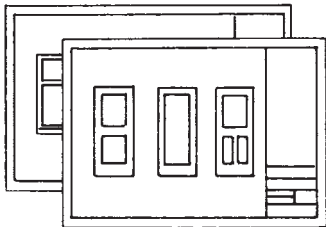
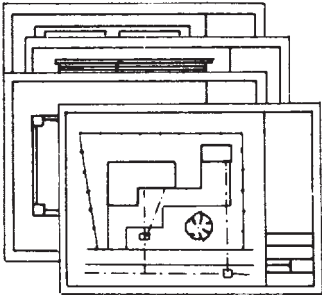
**Materiales:**  
para trabajos  
temporales,  
accesos,  
seguridad y  
edificio final

**Maquinaria:**  
desde la simple  
herramienta manual  
hasta las grandes  
máquinas, como  
una grúa de  
torre



**Dinero:**  
inversión de capital por parte del propietario para adquirir el terreno, pagar los honorarios del equipo de proyecto y a un constructor que emplee su dinero en comprar materiales, comprar o alquilar maquinaria, y contratar el personal preciso para poder llevar a cabo el proyecto.





### Dibujos de localización

**Planos de situación:** se usan para localizar el solar, los edificios, definir los niveles del terreno, indicar los servicios del solar, identificar elementos del emplazamiento tales como calles, caminos y linderos, y proporcionar las dimensiones generales del terreno y los edificios. Escala adecuada: no inferior a 1:2.500.

**Plantas:** se usan para identificar y fijar partes del edificio tales como habitaciones, pasillos, puertas, ventanas, etc. Escala adecuada: no inferior a 1:100.

**Alzados:** se usan para mostrar el aspecto exterior de todas las fachadas del edificio y para identificar elementos tales como puertas y ventanas. Escala adecuada: no inferior a 1:100.

**Secciones:** se usan para proporcionar vistas verticales a través del edificio y mostrar el sistema de construcción. Escala adecuada: no inferior a 1:50.

**Planos de elementos:** se usan para identificar y aportar datos de los componentes a suministrar por el fabricante o de componentes que no estén completamente fijados en los dibujos de montaje. Gama de escalas adecuada: de 1:100 a 1:1.

**Detalles constructivos:** se usan para mostrar cómo encajan los diversos elementos y los sistemas de unión, sujeción, tolerancias, etc. Gama de escalas adecuada: de 1:20 a 1:5.

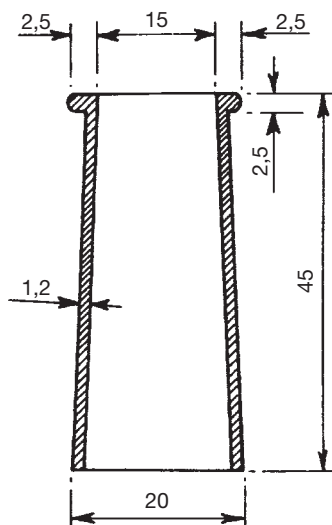
Todos los dibujos deben estar suficientemente explicados, completamente acotados y dotados de referencias cruzadas.

**Boceto:** puede definirse como un bosquejo o un dibujo rápido de un concepto, aunque también puede ser un medio para representar una forma tridimensional en dos dimensiones. Los bocetos pueden producirse totalmente a mano alzada, o utilizando pautas o un juego de escuadras para graficar las líneas básicas de guía.

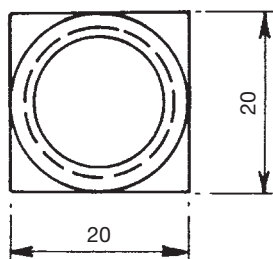
Los bocetos deben ser claros, mostrar todos los detalles necesarios y, sobre todo, estar adecuadamente proporcionados.

Los bocetos pueden consistir en la simple representación de un objeto tal como se presenta al observador, o bien pueden producirse a partir del grafiado de las vistas ortogonales convencionales (sección, planta y alzados), pero en todos los casos conviene empezar por encajar el objeto en el interior de un prisma adecuadamente proporcionado en longitud, anchura y altura, para construir posteriormente el boceto dentro de los límites del prisma.

**Ejemplo:** remate de chimenea de base cuadrada

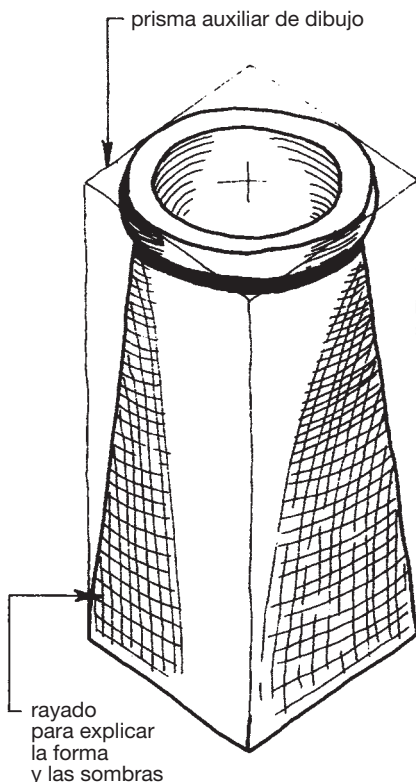


SECCIÓN VERTICAL



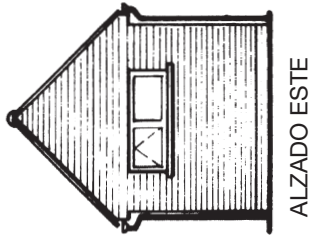
PLANTA

DATOS

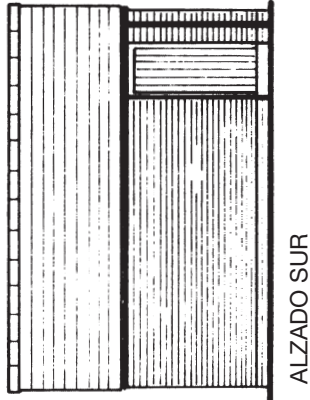


BOCETO A MANO ALZADA

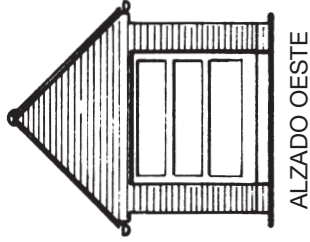
Proyección ortogonal: medio para dibujar vistas independientes de un sólido sobre una superficie plana



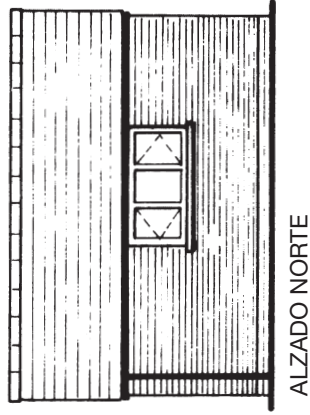
ALZADO ESTE



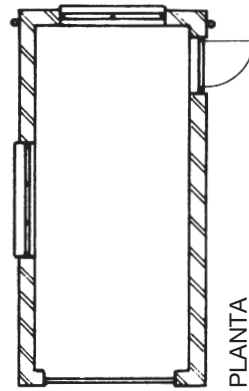
ALZADO SUR



ALZADO OESTE



ALZADO NORTE



PLANTA

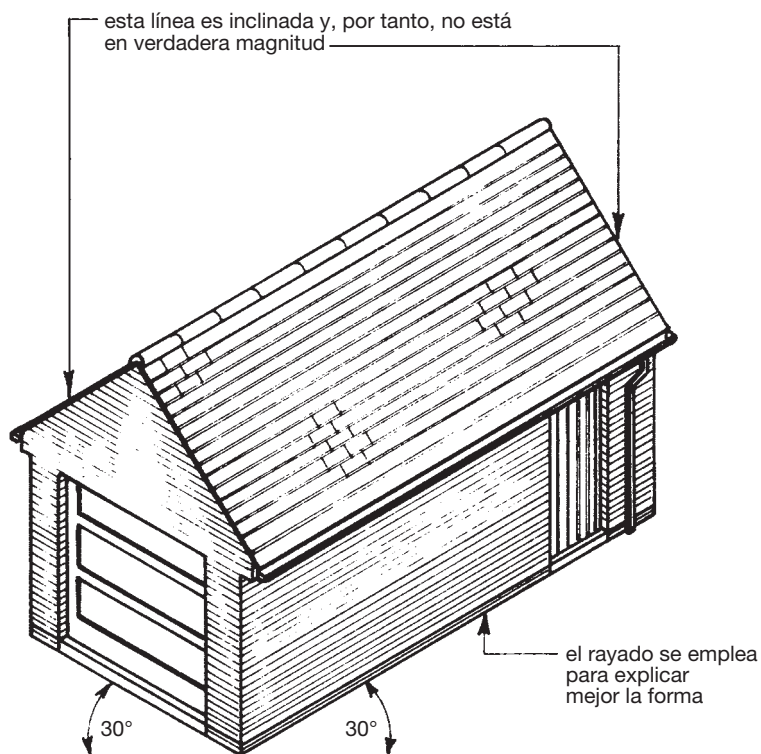
**Ejemplo:** pequeño garaje y taller

La organización de la planta y los alzados se llama «proyección en planta y alzado» y es el sistema recomendable en la presentación de dibujos de edificación.

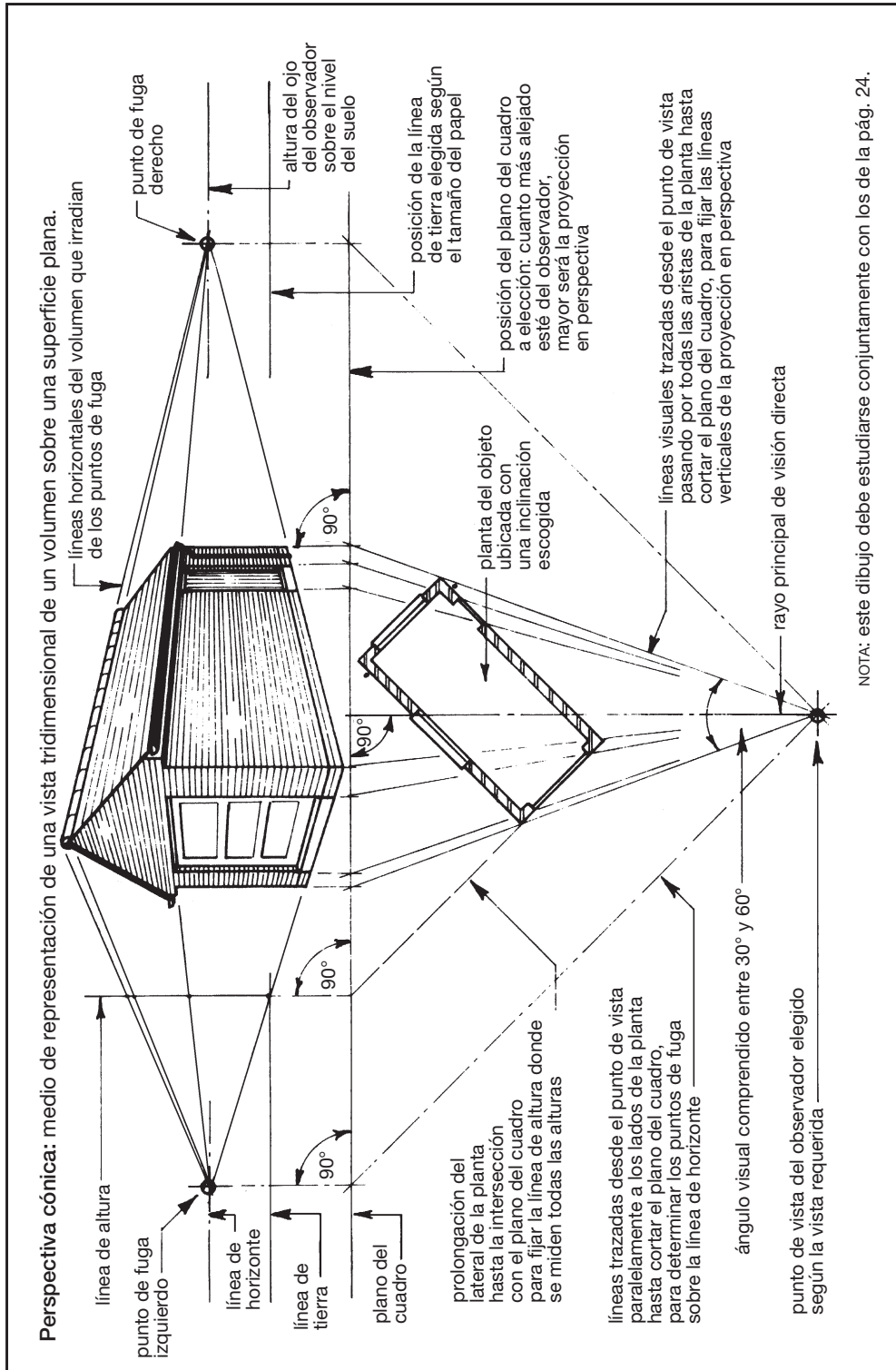
NOTA: se han omitido las cotas y anotaciones usuales en los dibujos de tipo general en aras a la claridad.

**Proyección isométrica:** proyección de un sólido sobre una superficie plana, dibujada de modo que todos los segmentos verticales del objeto permanecen verticales y en su verdadera magnitud, todas las líneas horizontales se dibujan con una inclinación de  $30^\circ$  y mantienen también su verdadera magnitud. Por consiguiente, podrán tomarse medidas a escala sobre las líneas verticales y las líneas a  $30^\circ$ , pero no sobre las líneas con distinta inclinación.

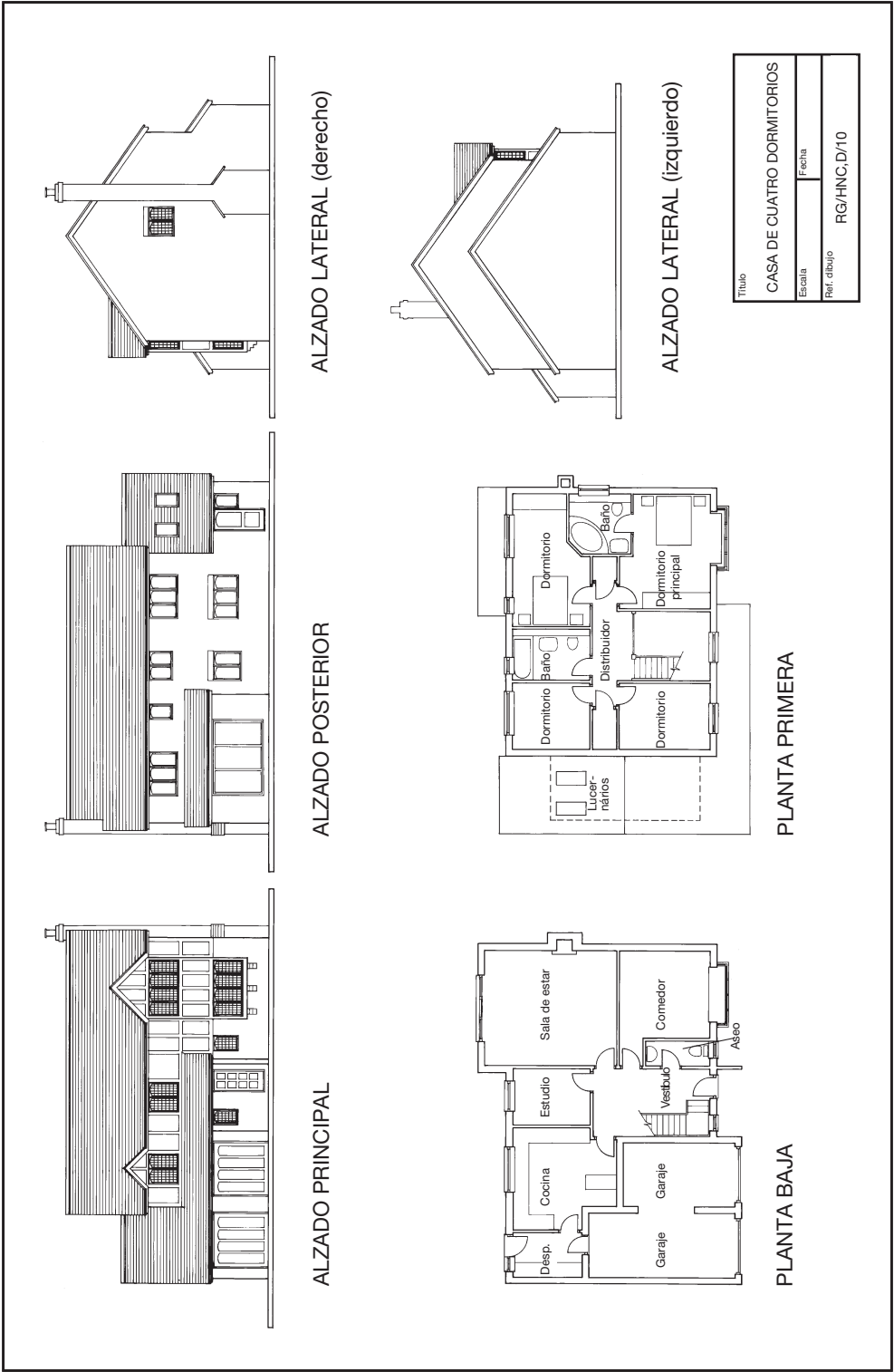
**Proyección axonométrica:** es un dibujo similar al anterior, pero en el que se emplea un ángulo de  $45^\circ$  para todas las líneas horizontales.

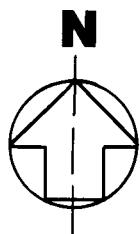
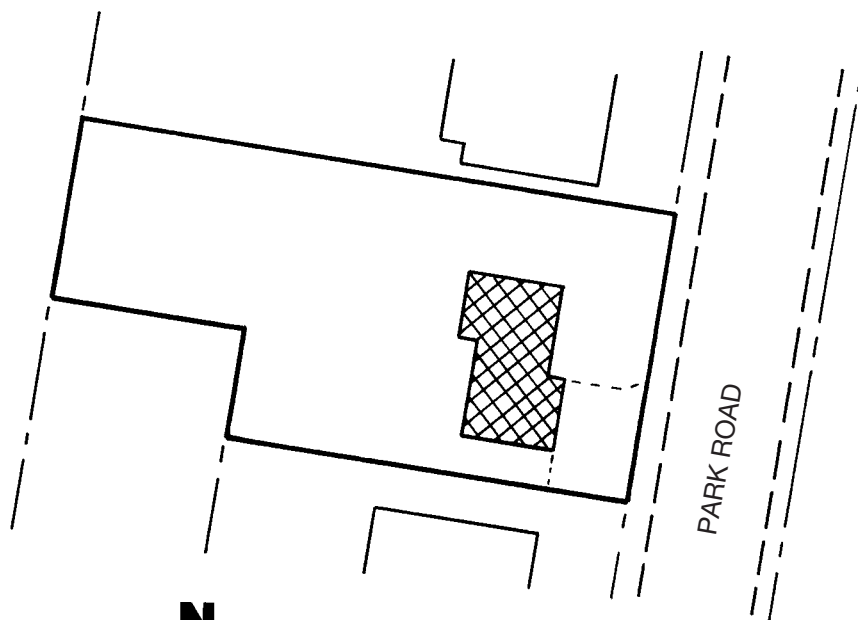


PROYECCIÓN ISOMÉTRICA EN LA CUAL SE MUESTRAN LAS FACHADAS SUR Y ESTE DEL PEQUEÑO GARAJE Y TALLER ILUSTRADO EN LA PÁGINA 23



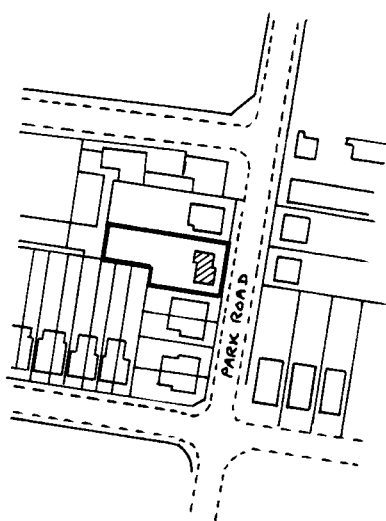






PLANO DE EMPLAZAMIENTO  
Mín. E: 1/500

PLANO DE SITUACIÓN  
Mín. E: 1/2.500



**Defectos de construcción:** la correcta aplicación de unos materiales fabricados según las recomendaciones de las normas españolas, europeas e internacionales, y de acuerdo con las ordenanzas municipales de la edificación, los reglamentos y normas de las compañías aseguradoras de edificios, etc., debe garantizar, en principio, una construcción segura y funcional. Sin embargo, la eficacia de estas medidas de control se reduce seriamente cuando falla el factor humano de la mano de obra. A continuación se facilitan algunas orientaciones para llevar a cabo un buen control de calidad.

Por buenos que sean los materiales, la mano de obra y la supervisión de un edificio, este puede estar sujeto a imprevistos que pueden manifestarse incluso años después de la construcción. Entre esos defectos latentes se incluyen: la carcoma surgida de una madera sin tratar, la descomposición electrolítica debida al contacto entre metales incompatibles o la descomposición química del hormigón. Por lo general, cuanto más antiguo sea un edificio, más posibilidades habrá de que sus componentes y sistemas se hayan deteriorado y funcionen mal. De ahí la necesidad de proceder a una inspección y un mantenimiento regulares. Actualmente, existen numerosas empresas especializadas en este tipo de revisiones.

El valor de los inmuebles y/o de las eventuales reparaciones y sustituciones suele tener la suficiente magnitud hoy en día como para justificar que los compradores potenciales busquen los servicios de un experto en inspección de edificios. El alcance de este reconocimiento es muy variable, y depende de las necesidades del cliente. Oscila desde la simple valoración de mercado, con vistas a asegurar la rentabilidad de la inversión, hasta el reconocimiento completo de la edificación, incluyendo informes específicos sobre las instalaciones eléctricas, la evacuación de aguas, los sistemas de calefacción, etc.

Lo habitual es que el comprador contrate un experto en inspección de edificios.

Pero también, en muchos países, las autoridades obligan al promotor a proporcionar al comprador un documento con información sobre las condiciones del edificio, incluyendo los requisitos sobre mantenimiento, reparaciones urgentes o significativas, etc.

**Documentos preliminares de la inspección:**

- Título y dirección de la propiedad.
- Nombre, dirección y contacto del cliente.
- Fecha y hora de la inspección.
- Tenencia de la propiedad: propiedad, arrendamiento o multipropiedad.
- Ocupación: habitada o deshabitada; si está deshabitada, dónde obtener llaves.
- Alcance de la inspección: p. ej., informe completo de la estructura y de los servicios.
- Especialistas asistentes: p. ej., electricista, técnico en calefacción, etc.
- Antigüedad de la propiedad (aproximada, cuando sea muy antigua o no exista registro).
- Disposición de los espacios; es decir, número de dormitorios, etc.
- Plantas y alzados, si existen.
- Altitud (posibilidad de inundación) y orientación (efecto solar).
- Terrenos/jardín de la finca y disposición, si procede.
- Accesos: calles, pasos peatonales, derechos de paso.

**Instrumentos y equipo para la inspección:**

- Dibujos + datos proporcionados por el agente inmobiliario, si es posible.
- Cuaderno de notas y lápiz/pluma.
- Prismáticos y cámara de fotos.
- Cinta métrica, nivel y plomada.
- Entre otros instrumentos de utilidad, pueden incluirse un martillo pequeño, una linterna, un destornillador y un gancho para levantar tapas de registro.
- Higrómetro.
- Escalera de mano: para acceder a la cubierta y a la buhardilla.
- Bolsas precintables para tomar muestras; p. ej., de madera podrida, fibrocemento, etc.

**Finca y jardín:**

- Situación y establecimiento de los linderos.
- Vallados, cancelas y setos: materiales, estado e idoneidad.
- Árboles: especie y altura, proximidad a la edificación.
- Senderos y calzadas rodadas: materiales y estado.
- Construcciones anejas: garajes, cobertizos, invernaderos, almacenes, graneros, etc.
- Proximidad de cursos de agua.

**Cubierta:**

- Tipo de teja, soluciones constructivas de la cumbrera, líneas de quebranto, limatesas y limahoyas.
- Antigüedad de la cubierta, reparaciones, sustituciones, rehabilitaciones, estado general, defectos y recrecidos.
- Acabado de los aleros, tipo y estado.
- Canales: material, dimensiones, estado, indicios de fugas.
- Bajantes: ídem anterior.
- Chimeneas: aislamiento, bajeros, juntas, signos de desplazamiento.
- Cubiertas planas: materiales, reparaciones, machones, juntas y evacuación de aguas.

**Muros:**

- Materiales: tipo de ladrillo, revoque, revestimiento, etc., estado e indicios de reparaciones.
- Construcción maciza o con cámara de aire; en el segundo caso, alcance y tipo de aislamiento.
- Rejuntado de la albañilería, pintura del revoque y revestimiento.
- Ladrillo hueco: ubicación, función e idoneidad.
- Lámina impermeabilizante, material y estado, posición respecto al nivel del suelo.
- Ventanas y puertas, materiales, indicios de putrefacción o lesiones, si son las originales o han sido cambiadas, estanquidad del marco.
- Ajuste: indicios de agrietamiento, distorsión de los marcos de puertas y ventanas; informe de un especialista.

**Evacuación de aguas:**

El técnico en inspección de edificios puede proporcionar un informe general sobre el estado de las instalaciones de saneamiento y evacuación de aguas pluviales. Sin embargo, el análisis completo de las fugas y de las condiciones de autolimpieza y de circulación, incluyendo exploración mediante fibra óptica, requiere un estudio especializado.

#### **Desván (espacio bajo cubierta):**

- Acceso a todos los elementos, tipo de construcción: tradicional o de entramado.
- Indicios de humedades de condensación: ventilación en aleros, cumbrera, etc.
- Indicios de penetración de agua: juntas de las chimeneas, machones, limahoyas, etc.
- Aislamiento: tipo y cantidad.
- Muros medianeros en casas adosadas y pareadas: idoneidad como muro corta-fuegos.
- Instalación de fontanería: idoneidad de la cisterna de almacenamiento, aislamiento, funcionamiento de los desagües.

#### **Forjados:**

- Construcción: ¿de madera, de hormigón prefabricado, de hormigón in situ...? Comprobar el estado del acabado.
- Forjado de madera en planta baja: indicios de humedad, pudrición, carcoma; ventilación, lámina impermeabilizante.
- Estabilidad del forjado de madera en plantas superiores; es decir, comprobar los apoyos en los extremos, el arriostramiento, las escuadrías de las vigas, la presencia de carcoma, la luz y la carga.

#### **Escaleras:**

- Tipo de construcción y método de anclaje: ¿in situ o prefabricada?
- Plafones, revestimientos ignífugos (¿cartón yeso?).
- Barandilla: idoneidad y estabilidad.
- Seguridad: protección adecuada, balaustres, pasamanos, pendientes, huellas caladas, peldaños sin contrahuella, desgaste de la huella.

#### **Acabados:**

- Decoración general: estado de la pintura y/o del empapelado; deteriorados, descoloridos.
- Carpintería/ebanistería: estado, defectos, desperfectos, pintura.
- Falsos techos (¿cartón yeso, enlistonado, escayola?): estado y estabilidad.
- Enyesado en paredes: enlucido o cartón yeso, desperfectos y calidad del acabado.
- Manchas: fugas de agua de las tuberías (techos), penetración de humedad (aberturas en las paredes), humedad ascendente por capilaridad.
- Herrajes: adecuación y funcionalidad, hermetismo de cierre y seguridad.

La relación precedente no agota las posibilidades de revisión de los oficios que intervienen en un edificio. Para mayor seguridad, se aconseja conseguir todos los certificados posibles: de instalación, de calidad, de idoneidad, de fin de obra, etc.

Instalaciones: aparte de la inspección superficial para establecer la localización e idoneidad de los controles de la instalación, y debido a que estos campos son altamente especializados, es muy conveniente que la inspección sea efectuada por personal cualificado.

**Libro del edificio:** conjunto de documentación que detalla y describe una obra nueva o un edificio recién construido y que se entrega a los compradores para su conocimiento y mantenimiento posterior. Según la legislación española vigente, el promotor debe entregarlo a la comunidad de propietarios.

Puede definirse como el conjunto de documentos escritos y gráficos que registran la historia del edificio. Es, por tanto, un documento útil a la hora de exigir responsabilidades en el caso de que el edificio ocasionara problemas derivados de la ejecución de la obra. Tiene la funcionalidad práctica de ser un manual de conservación de la edificación para sus propietarios, donde se recogen las obligaciones de estos en materia de conservación del inmueble respecto a la comunidad de propietarios.

Recopila:

- La relación de los intervinientes en el proceso de edificación.
- Las instrucciones para uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones.
- La certificación energética.
- Las revisiones obligatorias y convenientes de las instalaciones —calefacción, fontanería, electricidad— y los plazos máximos recomendados.
- El mantenimiento de los materiales utilizados en la construcción, etc., para que sea observado por el usuario final de la vivienda.
- El proyecto de obra, juntamente con las modificaciones y reformas que se hayan producido, debidamente aprobados.
- El acta de recepción de la obra.

**Certificación de eficiencia energética:** según la legislación española, los edificios de nueva planta o rehabilitados deberán incorporar una etiqueta energética, mediante la cual el comprador (o inquilino en el caso de alquiler) podrá comparar y evaluar la eficiencia energética del edificio.

Los edificios ya construidos no llevarán, por el momento, esta etiqueta ecológica. Asimismo, la del CO<sub>2</sub> producido durante el ciclo de vida de los materiales queda fuera de esta certificación.

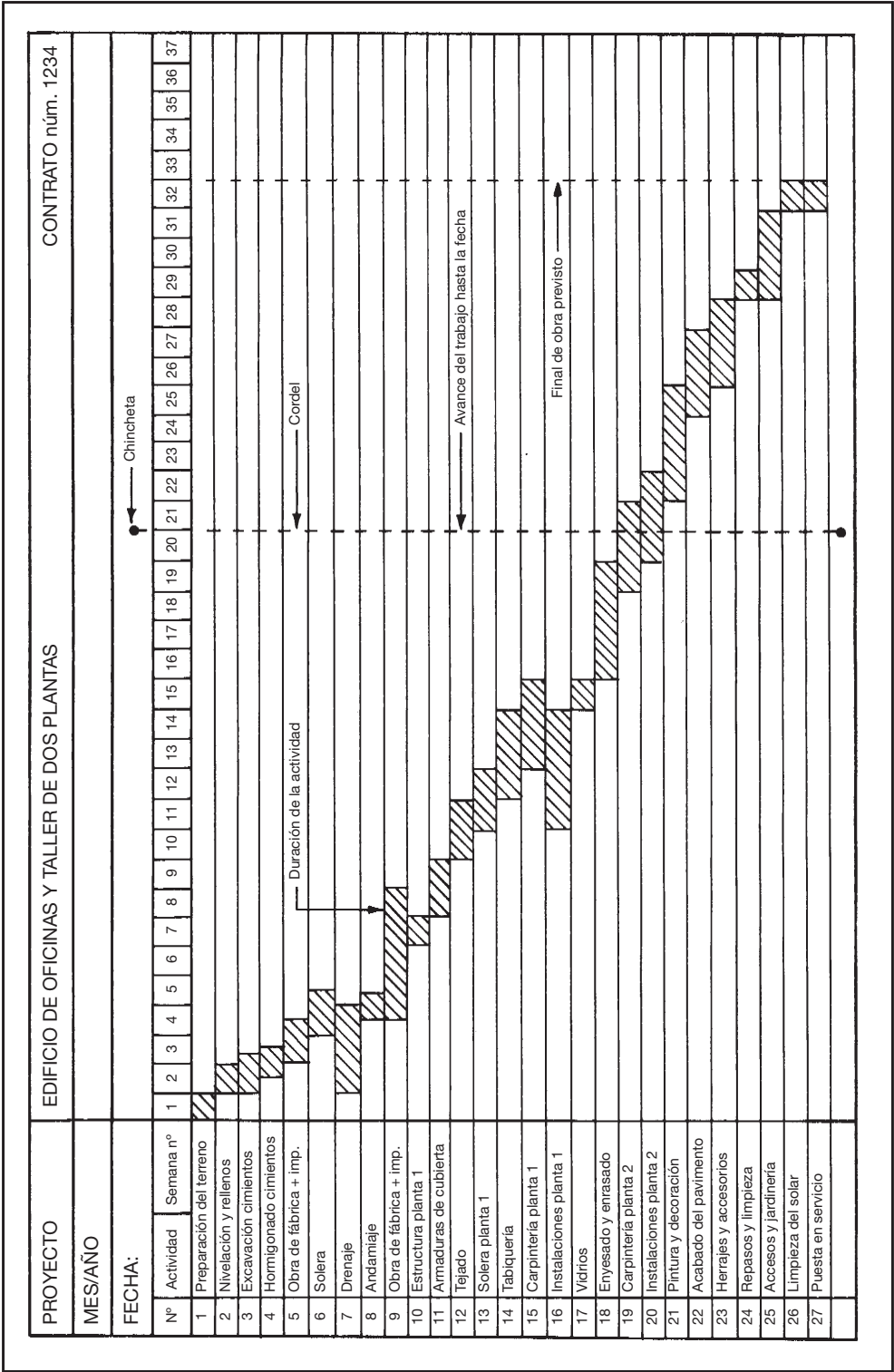
Esta etiqueta deberá constar en la publicidad para la venta o alquiler del edificio. A cada edificio le será asignada una clase energética, de la A (más eficiente) a la G (menos eficiente). La valoración se hace en función del CO<sub>2</sub> emitido por el consumo de energía de las instalaciones de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación.

La preparación del plan de obra viene precedida de un estudio de las unidades de obra con el grado de detalle necesario para la construcción de cada uno de los elementos del edificio por personas distintas a quienes lo ha proyectado. Este estudio se prepara a partir de la información contenida en los documentos del contrato (véase pág. 20). También sirve como memoria para el personal de obra con el fin de ayudarle a organizar las actividades, indicarle las necesidades de recursos y determinar la duración de la ejecución de cada elemento de la construcción. También complementa el plan de obra al proporcionar análisis detallados de cada una de las actividades.

Un ejemplo característico para la excavación de una cimentación podría adoptar el formato siguiente:

| Actividad                     | Cantidad           | Unidad de obra                                                                                                                                             | Rendimiento          | Mano de obra                                                | Equipo                | Días |
|-------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|------|
| Desbroce del terreno          | 300 m <sup>2</sup> | Excavación en la zona de la construcción hasta la cota de implantación. Maquinaria: JCB4 + pala mecánica. La capa de tierra vegetal se apila en el terreno | 50 m <sup>3</sup> /h | Conductor de la excavadora + 2 peones                       | JCB4                  | 0,75 |
| Excavación para los cimientos | 60 m <sup>3</sup>  | Excavación de zanjas de cimentación hasta la profundidad de proyecto. Maquinaria: JCB4 + retroexcavadora. Transporte de tierras sobrantes a vertedero      | 15 m <sup>3</sup> /h | Conductor de la excavadora + 2 peones, Conductor del camión | JCB4. Camión volquete | 0,5  |





| Material                                                | Peso (kg/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------------------------------|---------------------------|
| LADRILLOS, BLOQUES Y BALDOSAS                           |                           |
| Fábrica de ladrillo de arcilla (grosor = 102,5 mm)      |                           |
| baja densidad                                           | 205                       |
| densidad media                                          | 221                       |
| alta densidad                                           | 238                       |
| Fábrica de ladrillo silicocalcáreo (grosor = 102,5 mm)  | 205                       |
| Bloque de hormigón celular                              | 78                        |
| ..... de áridos ligeros                                 | 129                       |
| Baldosas de hormigón (grosor = 50 mm)                   | 115                       |
| Pavés (grosor = 100 mm) 150 × 150 mm                    | 98                        |
| 200 × 200 mm                                            | 83                        |
| CUBIERTAS                                               |                           |
| Pizarra, véase pág. 415                                 |                           |
| Paja (espesor = 300 mm)                                 | 40                        |
| Tejas de arcilla                                        | 63,5                      |
| Tejas de hormigón                                       | 93                        |
| Tejas de solape sencillo, de hormigón                   | 49                        |
| Listones (50 × 25 mm) y fieltro bituminoso inferior     | 7,7                       |
| Fieltro bituminoso inferior                             | 1                         |
| Fieltro bituminoso con acabado enarenado                | 2,7                       |
| Tres capas de fieltro bituminoso                        | 4,8                       |
| Barrera de vapor                                        | 0,2                       |
| CHAPAS, HOJAS                                           |                           |
| Aluminio (0,9 mm)                                       | 2,5                       |
| Cobre (0,9 mm)                                          | 4,88                      |
| Corcho aglomerado (normal) por cada 25 mm de grosor     | 4,33                      |
| ..... (prensado).....                                   | 9,65                      |
| Tablero de madera prensada (3,2 mm)                     | 3,4                       |
| Vidrio (3 mm)                                           | 7,3                       |
| Plomo (1,25 mm)                                         | 14,17                     |
| ..... (3 mm)                                            | 34,02                     |
| Tablero de aglomerado o de partículas de madera (12 mm) | 9,26                      |
| ..... (22 mm)                                           | 16,82                     |
| Entarimado, parqué de madera blanda (grosor = 25 mm)    | 11,2                      |
| ..... dura .....                                        | 16,1                      |
| Cartón yeso (9,5 mm)                                    | 8,3                       |
| ..... (12,5 mm)                                         | 11                        |
| ..... (19 mm)                                           | 17                        |
| Madera contrachapada por cada 25 mm de grosor           | 15                        |
| Baldosas de PVC (grosor = 2,5 mm)                       | 3,9                       |
| Cartón paja (25 mm)                                     | 9,8                       |

## Pesos y densidades de los materiales

| Material                                   | Peso (kg/m <sup>2</sup> )                |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| Tablas de chilla (20 mm)                   | 7,68                                     |
| Lana de madera (25 mm)                     | 14,5                                     |
| <b> AISLAMIENTO</b>                        |                                          |
| Fibra de vidrio (térmica) (100 mm)         | 2                                        |
| ..... (acústica) .....                     | 4                                        |
| <b> CONGLOMERANTES Y SIMILARES</b>         |                                          |
| Asfalto (18 mm)                            | 42                                       |
| Enlucido, 2 capas                          | 22                                       |
| <b> MADERA ESTRUCTURAL</b>                 |                                          |
| Cabios y correas (100 × 50 mm c/400 mm)    | 5,87                                     |
| Viguetas de forjado (225 × 50 mm c/400 mm) | 14,93                                    |
| <hr/>                                      |                                          |
| <b>Densidades</b>                          |                                          |
| Material                                   | Densidad aproximada (kg/m <sup>3</sup> ) |
| Cemento                                    | 1.440                                    |
| Hormigón (celular)                         | 640                                      |
| ..... (con ripios de ladrillo)             | 2.000                                    |
| ..... (con áridos naturales)               | 2.300                                    |
| ..... (sin finos)                          | 1.760                                    |
| ..... (armado)                             | 2.400                                    |
| <b>Metales</b>                             |                                          |
| Aluminio                                   | 2.770                                    |
| Cobre                                      | 8.730                                    |
| Plomo                                      | 11.325.                                  |
| Acero                                      | 7.849                                    |
| Madera (blanda/pino)                       | 480 (promedio)                           |
| ..... (dura; p. ej., arce, teca, roble)    | 720 .....                                |
| Agua                                       | 1.000                                    |

El cálculo estructural de los forjados se realiza, en la mayor parte de los casos, calculando la carga permanente, que incluye tanto la carga estática como la dinámica. Las cargas puntuales se aplican en los puntos donde se producirán esfuerzos adicionales.

| Categoría de uso                    | Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> ) | Carga puntual (kN)        |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| <b>Residencial</b>                  |                                     |                           |
| Zonas comunes                       | 1,5                                 | 1,4                       |
| Dormitorios                         | 1,5                                 | 1,8                       |
| Baños/aseos                         | 2                                   | 1,8                       |
| Balcones (de uso unifamiliar)       | 1,5                                 | 1,4                       |
| <b>Comercial/industrial</b>         |                                     |                           |
| Dormitorios de hoteles/moteles      | 2                                   | 1,8                       |
| Cocinas comunitarias                | 3                                   | 4,5                       |
| Oficinas y zonas de trabajo general | 2                                   | 2,7                       |
| Cocinas/lavanderías/laboratorios    | 3                                   | 4,5                       |
| Fábricas y talleres                 | 5                                   | 4,5                       |
| Balcones en casas de huéspedes      | 3                                   | 1,5/m en su borde frontal |
| Balcones en zonas comunes           | 3                                   | 1,5/m en su borde frontal |
| Balcones en hoteles/moteles         | 4                                   | 1,5/m en su borde frontal |
| <b>Almacenaje</b>                   |                                     |                           |
| Uso general para objetos estáticos  | 2                                   | 1,8                       |
| Zonas de lectura/bibliotecas        | 4                                   | 4,5                       |
| Uso general, objetos apilados       | 2,4/m altura                        | 7                         |
| Archivo                             | 5                                   | 4,5                       |
| Almacenaje de papel                 | 4/m altura                          | 9                         |
| Salas técnicas                      | 7,5                                 | 4,5                       |
| Almacenaje de libros                | 2,4 m altura (mín. 6,5)             | 7                         |

**Dibujo:** medio de comunicación entre el proyectista y el constructor. Sirve para definir qué, dónde y cómo debe construirse el proyecto.

En consecuencia, los dibujos deben ser claros, precisos, contener toda la información necesaria y de fácil interpretación.

Para conseguir esos objetivos, la mayoría de los proyectistas usa símbolos y anotaciones normalizados.

### Ejemplos tipo

————— líneas de contorno

————— líneas de cotas  
y de rayado

- - - - - elementos ocultos

- · - · - · líneas de albañales  
y tuberías

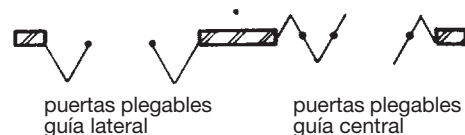
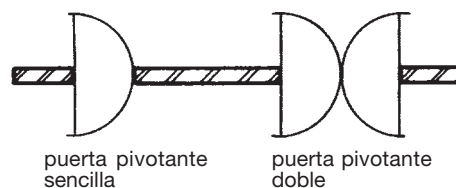
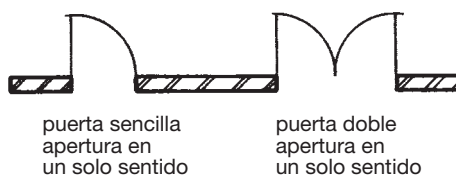
- · - · - · líneas de ejes  
o centros

↔ cota  
básica/modular

↔ cotas de fabricación  
de un componente

⑫ —····· líneas de  
la retícula  
y de control

### LÍNEAS



### PUERTAS

**Rayados:** su principal objetivo es establecer diferencias entre los materiales que permitan un rápido reconocimiento y localización. Cualesquiera que sean los tipos de rayado empleados, deberán mantenerse con coherencia a lo largo de todo el proyecto. En caso de superficies de cierta importancia, no siempre es necesario rayar el área completa.

**Símbolos:** son representaciones gráficas y siempre que sea posible deben dibujarse a escala, pero, por encima de todo, deben usarse con coherencia y claridad a lo largo de todo el proyecto.

### Ejemplos tipo



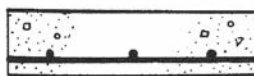
terreno



lecho de grava



hormigón en masa



hormigón  
armado



fábrica  
de ladrillo



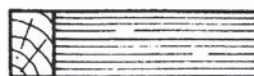
fábrica  
de bloque



fábrica  
de piedra

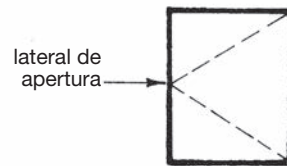


madera  
en bruto



madera  
trabajada

### MATERIALES



lateral de  
apertura

eje vertical  
apertura al interior

lateral de  
apertura

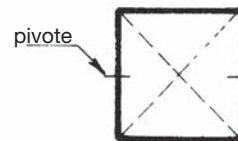


ventana de aireación  
de eje horizontal inferior  
apertura al interior

lateral de  
apertura

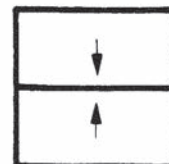


ventana de aireación de eje  
horizontal superior



pivote

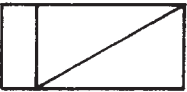
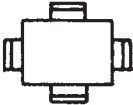
ventana pivotante  
de eje horizontal



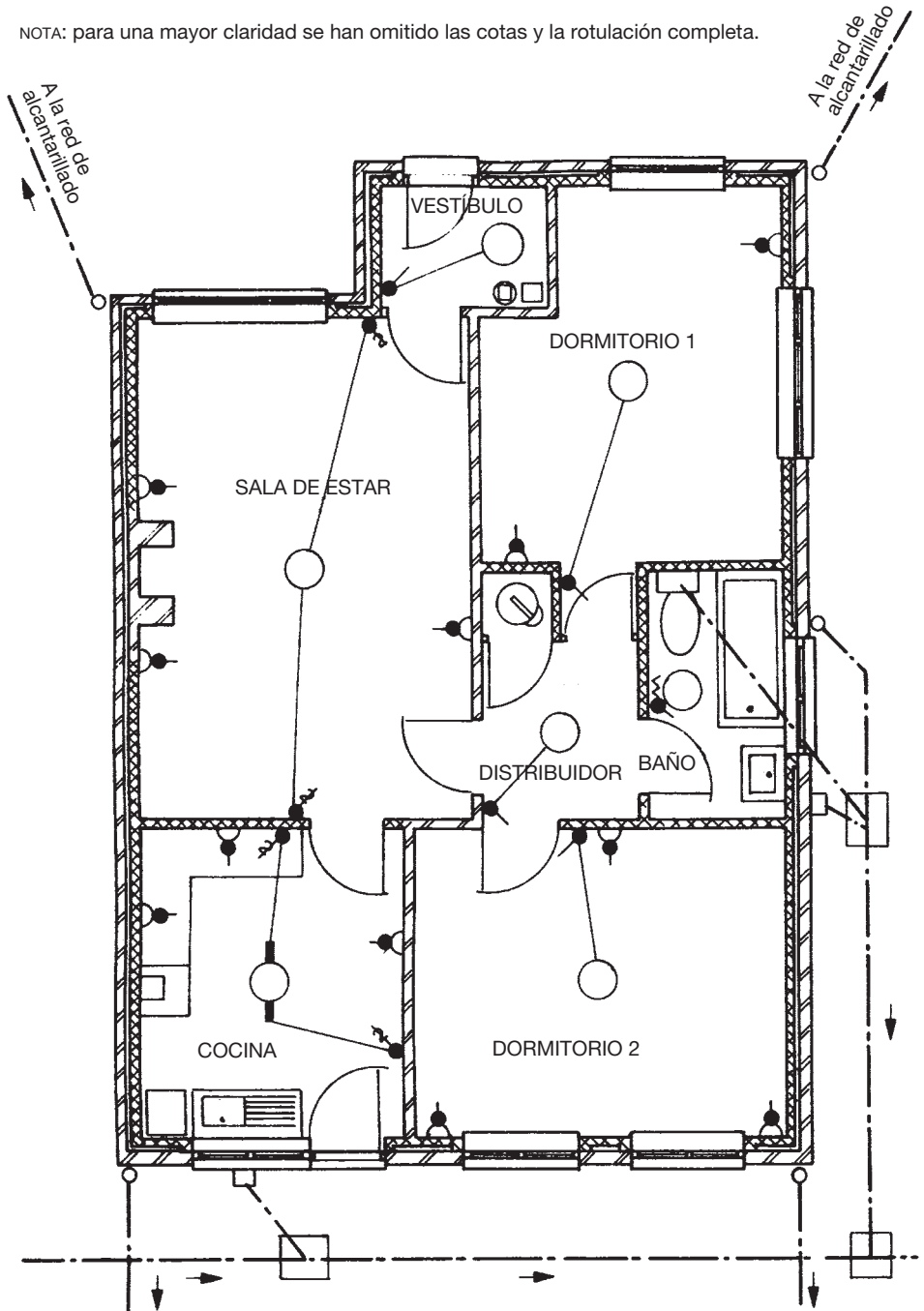
ventana de guillotina con  
dos hojas móviles

### VENTANAS

## Dibujos. Rayados, símbolos y anotaciones

| NOMBRE                                                                           | SÍMBOLO                                                                                                                                                                                             | NOMBRE                         | SÍMBOLO                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Bajante pluvial                                                                  |                                                                                                                    | Cuadro general de distribución |    |
| Sumidero                                                                         |                                                                                                                    | Contador de electricidad       |    |
| Arquetas de registro                                                             |  aguas negras<br> aguas pluviales | Toma de corriente              |    |
| Caldera                                                                          |                                                                                                                    | Interruptor                    |    |
| Fregadero                                                                        |                                                                                                                    | Conmutador                     |    |
| Bañera                                                                           |                                                                                                                    | Interruptor colgante           |    |
| Lavabo                                                                           |                                                                                                                  | Lámpara de incandescencia      |  |
| Ducha                                                                            |                                                                                                                  | Fluorescente                   |  |
| Urinario                                                                         |  de pie<br> de pared          | Cama                           |  |
| Inodoro                                                                          |                                                                                                                  | Mesa y sillas                  |  |
| SÍMBOLOGÍA TÍPICA DE SANEAMIENTO, APARATOS SANITARIOS, ELECTRICIDAD Y MOBILIARIO |                                                                                                                                                                                                     |                                |                                                                                      |

NOTA: para una mayor claridad se han omitido las cotas y la rotulación completa.



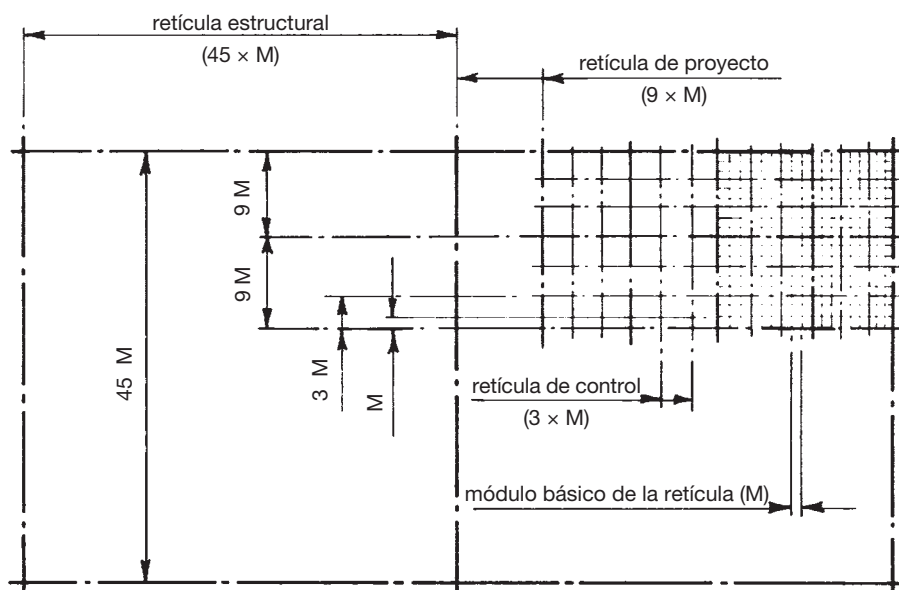
PLANTA TIPO DE UNA VIVIENDA DE DOS DORMITORIOS



**Coordinación modular:** el módulo es una dimensión básica que puede constituir la base de una retícula útil para el proyecto; se hará referencia a los múltiplos y submúltiplos del módulo estándar.

Típica retícula de proyecto coordinada modularmente:

Sea  $M$  = módulo estándar



**Retícula estructural:** se emplea para ubicar elementos estructurales tales como vigas y pilares

**Retícula de proyecto:** se basa en un múltiplo del módulo adecuado para regular requisitos de espacio, como las habitaciones, por ejemplo. Se utiliza para la planta del edificio.

**Retícula de control:** se basa en un múltiplo del módulo adecuado para ubicar elementos como paredes interiores, tabiques, etc.

**Módulo básico de la retícula:** se usa para la ubicación detallada de componentes y aparatos.

Por estar basadas en un único módulo básico, todas las retículas anteriores están contenidas una dentro de otra y, por tanto, interrelacionadas. Esas retículas pueden emplearse tanto en los planos horizontales como en los verticales, formándose así un sistema reticulado tridimensional. Desde el momento en que se atribuye a  $M$  un valor numérico preferente, queda establecida la coordinación dimensional (véase página siguiente).

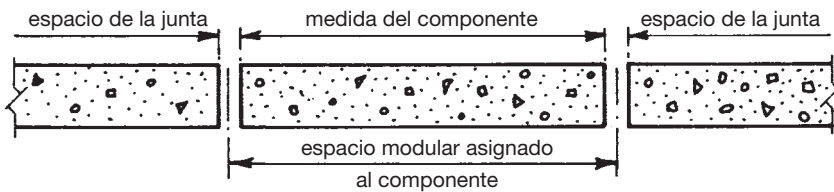
Los objetivos prácticos de la **coordinación dimensional** son:

1. Dimensionar componentes de modo que se eviten los antieconómicos procesos de corte y ajuste en obra.
2. Obtener la máxima economía en la producción de componentes.
3. Reducir la necesidad de fabricar medidas especiales.
4. Aumentar la gama efectiva de componentes mediante la promoción de la intercambiabilidad.

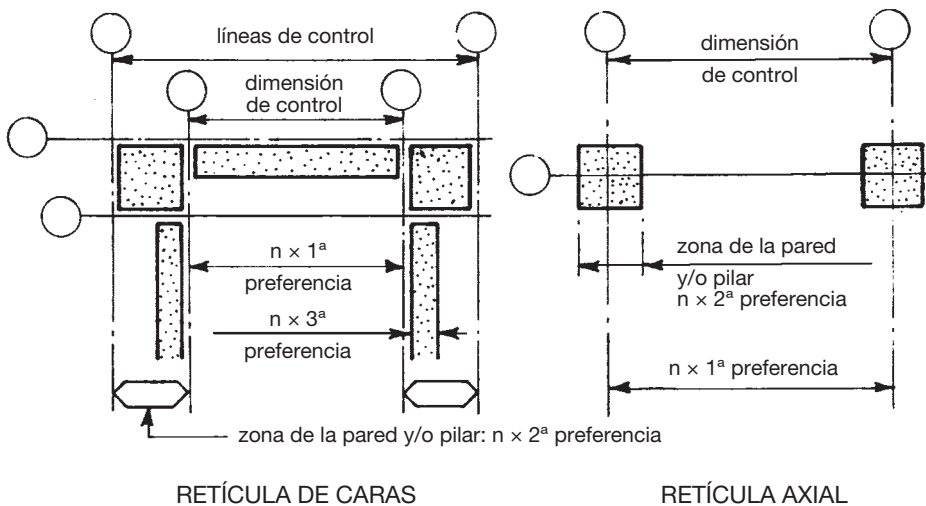
En la norma británica BS 6570 se especifican los incrementos de tamaño preferenciales para la coordinación de dimensiones de los componentes constructivos de la siguiente forma:

| Preferencia | 1ª  | 2ª  | 3ª | 4ª | Las preferencias 3ª y 4ª hasta un máximo de 300 mm |
|-------------|-----|-----|----|----|----------------------------------------------------|
| Tamaño (mm) | 300 | 100 | 50 | 25 |                                                    |

**Retículas dimensionales:** un sistema de retículas modulares como el que se muestra en la página anterior define el espacio en el cual deben encajar los componentes dimensionalmente coordinados. Un factor importante es que el componente siempre debe estar dimensionado por debajo de su espacio modular, en previsión de las tolerancias y el ajuste en obra.

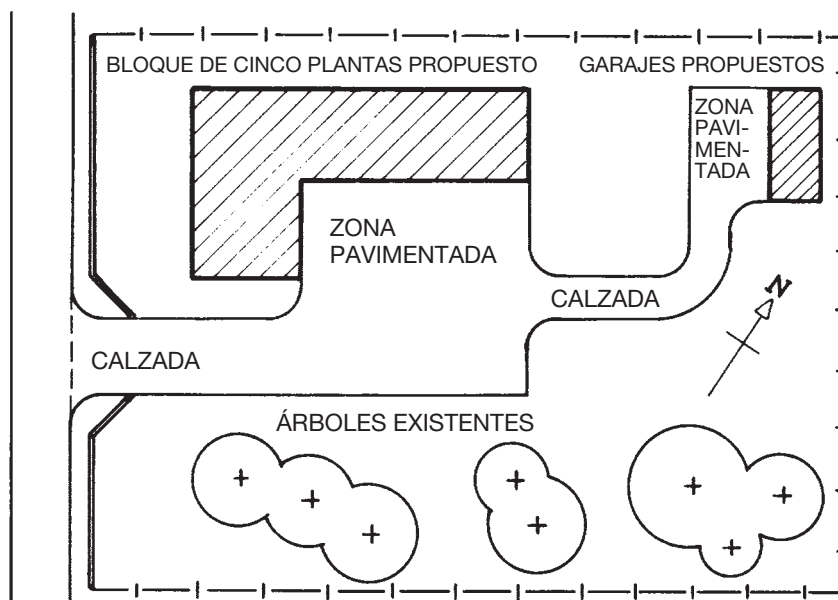


**Líneas de control, zonas y dimensiones de control:** estos términos se definen con mayor facilidad mediante un ejemplo:





## 2. TRABAJOS EN EL TERRENO



## ESTUDIO DEL SOLAR

## INSPECCIÓN DEL TERRENO

## ESTUDIO DEL SUELO

## NATURALEZA DEL SUELO Y ENSAYOS

## CONSIDERACIONES SOBRE EL SOLAR

## SEGURIDAD DE LA OBRA

## ILUMINACIÓN DE LA OBRA Y SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD

OFICINA DE OBRA

## ALMACENAMIENTO DE MATERIALES

## CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

## PUDRICIÓN SECA Y PUDRICIÓN HUMEDA DE LA MADERA

## ÓRDENES DE CONSERVACIÓN DE ÁRBOLES Y EDIFICIOS

## LOCALIZACIÓN DE REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS

## REPLANTEO

## NIVELES Y ÁNGULOS

## CONSTRUCCIÓN DE CALLES

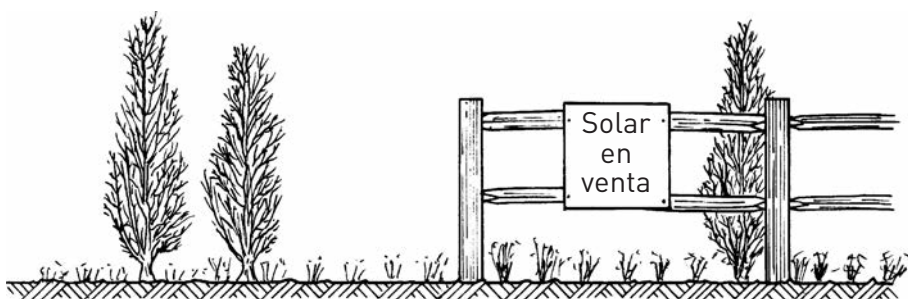
## ANDAMIOS TUBULARES Y SISTEMAS DE ANDAMIAJE

## APUNTALAMIENTOS Y APEOS

## DEMOLICIONES

**Análisis del solar:** antes de comprar un solar, es esencial realizar un estudio completo para comprobar si sus características se adecúan al proyecto. A continuación se plantean diversas cuestiones a modo de guía básica para el análisis:

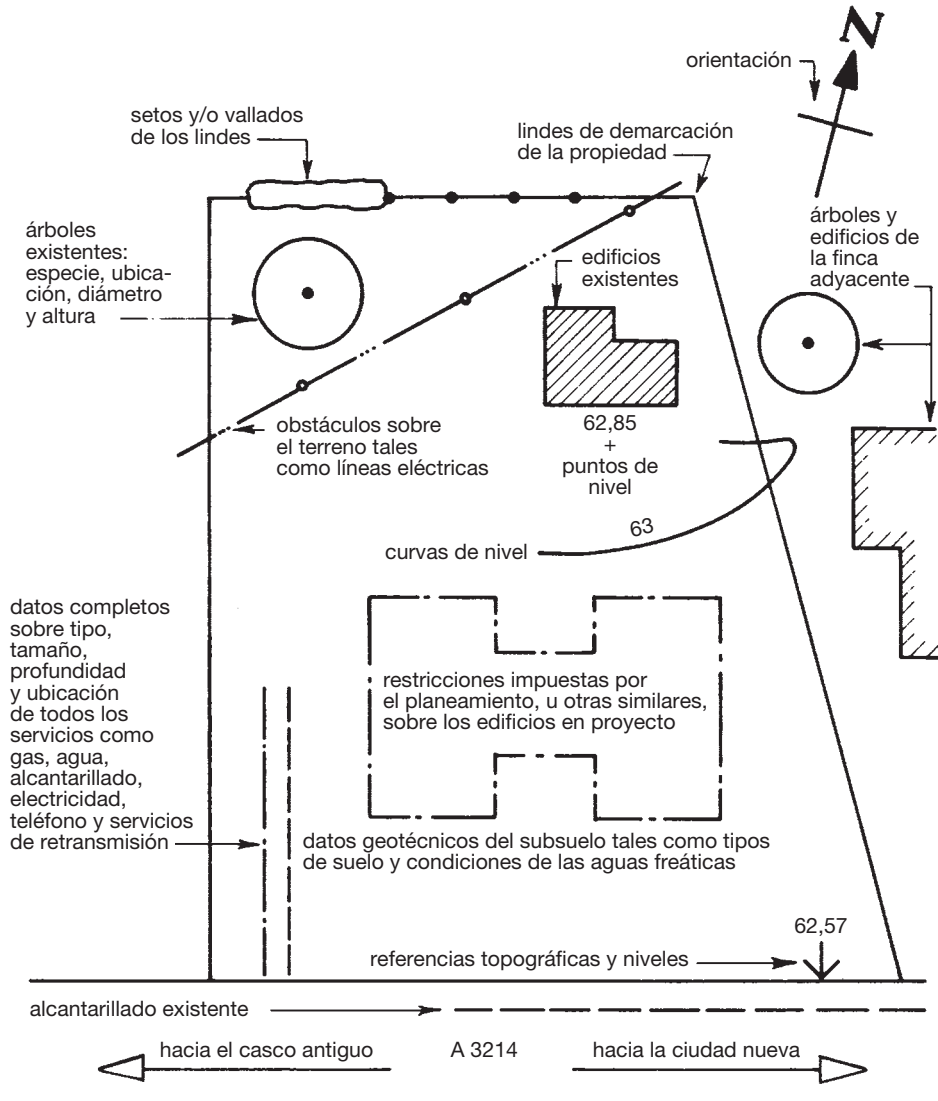
- Consultar los planos del servicio cartográfico local para determinar los elementos adyacentes que puedan influir en el proyecto: situación, calles, instalaciones, aceras y derechos de paso.
- Medir el terreno para establecer las dimensiones y los niveles del solar.
- Observar sus características: árboles, pendientes pronunciadas, edificios existentes, afloramientos rocosos, pozos, etc.
- Informarse en el ayuntamiento correspondiente acerca de la existencia de alguna orden de protección que pudiera afectar al solar y de si este forma parte de una zona protegida.
- Realizar un estudio geotécnico con calicatas y sondeos para determinar la calidad del suelo y el nivel freático.
- Considerar el potencial de inundación, las posibilidades de drenaje de la capa freática, el recubrimiento de manantiales, el relleno de charcas, el desvío de arroyos y ríos.
- Consultar a las compañías suministradoras sobre la existencia de servicios subterráneos y aéreos, su proximidad al solar o si alguno de ellos lo atraviesa.
- Investigar elementos sintomáticos, como suelos de relleno, agrietamientos en el terreno, hundimientos debidos a excavaciones subterráneas y grietas en los edificios cercanos.
- Tener en cuenta la escala y carácter de los edificios vecinos en relación con la urbanización proyectada.
- Decidir el emplazamiento más idóneo para la edificación proyectada (si el espacio lo permite) en lo referente a desmontes y terraplenes, pendiente del terreno, asoleo y vientos dominantes, uso y acceso.



\* véase también: Trabajo de despacho y trabajo de campo, pág. 48

**Inspección del terreno previa a la obra:** el objetivo básico de esta fase es la recogida sistemática de todos los datos que se pueden precisar o pueden ayudar, en los procesos de proyecto y construcción del encargo. Es conveniente reunir los datos recogidos en forma de plantas y secciones profusamente comentadas y dimensionadas. También debe recogerse cualquier aspecto de los solares o edificios adyacentes que pueda afectar a la obra en proyecto y viceversa, es decir cualquier aspecto de la obra en proyecto que pueda afectar a los solares o edificios vecinos.

### Datos necesarios tipo



### Tareas

1. Trabajo de despacho.
2. Trabajo de campo sobre el terreno.
3. Análisis de laboratorio (véanse págs. 57-58 y 61-63).

### El trabajo de despacho y la recogida de datos consisten:

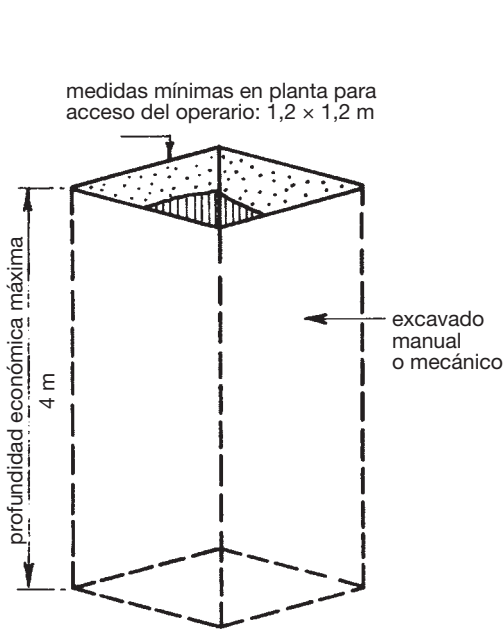
- Mapas cartográficos, históricos y modernos, con anotación de la retícula de referencia.
- Mapas geológicos, tipos de subsuelo, niveles de radón.
- Historia del terreno, terrenos vírgenes o contaminados.
- Planeamiento anterior, aprobaciones.
- Planeamiento actual en la zona.
- Restricciones a la urbanización, obligatoriedad de conservación.
- Planeamiento actual en la zona.
- Servicios, ubicación en o cerca del terreno.
- Fotografías aéreas.
- Factores ecológicos, fauna y flora protegidas.
- Datos locales, información anecdótica, derechos de paso.
- Proximidad a vertederos locales, riesgo de liberación de gas metano.

### Trabajo de campo:

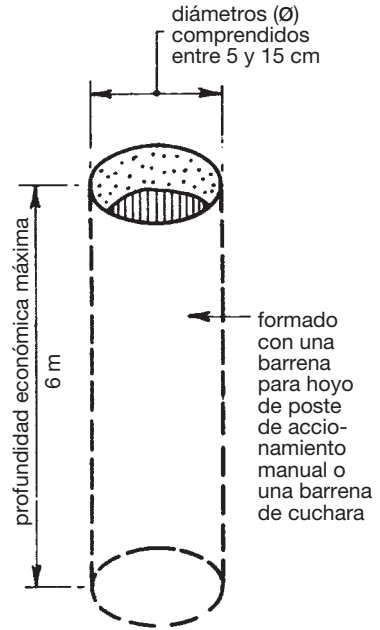
- Establecer las características del terreno a partir del trabajo de despacho.
- Evaluación de los riesgos potenciales estimados para la seguridad y la salud.
- Valoración del estado de la superficie:
  - \* Árboles, prioridades de conservación.
  - \* Cartografía topográfica y geomorfológica.
- Valoración de las condiciones del terreno:
  - \* Nivel freático.
  - \* Riesgo de inundaciones, cursos de agua y manantiales locales.
  - \* Tipos de suelo.
  - \* Contaminación, agostamiento de la vegetación
  - \* Riesgos relacionados con la técnica, hundimiento del terreno, minería, viejos depósitos de combustible.
  - \* Riesgos financieros, imprevistos potenciales.
- Toma de muestras del subsuelo y hacer pruebas in situ.
- Considerar la necesidad de explorar el subsuelo, realizar calicatas de prospección y pozos de sondeo.
- Evaluación de los edificios existentes:
  - \* Posibilidad de reutilización, reforma.
  - \* Valores arqueológicos, prioridades de conservación.
  - \* Demolición: costes, problemas sanitarios, como, p. ej., retirada de amianto.

**Objetivo:** obtener muestras del subsuelo para la identificación, clasificación e indagación de sus características y propiedades. Las calicatas y las sondas manuales pueden emplearse también para averiguar la presencia de cualquier falla geológica y los niveles freáticos superior e inferior.

### Detalles tipo



CALICATAS DE PROSPECCIÓN



SONDAS MANUALES

**Uso general:** terrenos secos que requieren poca o ninguna entibación de las tierras de los laterales de la excavación.

**Uso subsidiario:** descubrir y/o localizar los servicios subterráneos.

**Ventajas:** permite examinar el subsuelo in situ y obtener muestras de suelo alteradas o inalteradas.

**Uso general:** terrenos secos; pueden utilizarse tubos roscados para extraer muestras a profundidades que superen la del límite económico de los agujeros normales de prospección.

**Ventajas:** por lo general, es un procedimiento más barato y sencillo de obtención de muestras que el de la calicata.

Tanto las calicatas como las sondas de mano deben practicarse en lugares representativos del subsuelo, pero sin por ello interferir en la obra.



**Inspección del terreno:** es un término de muy amplio alcance que abarca todos los aspectos del solar en cuestión.

**Estudio geotécnico:** está específicamente relacionado con el subsuelo y puede o no formar parte de la inspección del terreno.

**Objetivos del estudio geotécnico:**

1. Determinar la adecuación del terreno al proyecto.
2. Determinar un sistema de cimentación adecuado y económico.
3. Determinar las dificultades que pueden surgir durante el proceso de la construcción.
4. Determinar la posible aparición y/o causa de todos los cambios en las condiciones del subsuelo.

Por lo general, los objetivos anteriores podrán evaluarse al establecer las características generales, físicas y químicas del subsuelo mediante la extracción de muestras. Estas siempre deberán tomarse en lugares representativos del terreno, aunque no coincida con la posición de los futuros cimientos del edificio. En la mayor parte de los casos será suficiente con tomar las muestras en los puntos de intersección de una retícula cuadrada de 20 m de lado.

**Muestras del suelo:** pueden obtenerse como muestras alteradas o inalteradas.

**Muestras del suelo alteradas:** aquellas obtenidas con sondas manuales. El método de extracción altera la estructura natural del subsuelo; a pesar de ello, estas muestras son útiles para la evaluación visual de los estratos, la estimación del contenido de humedad y ciertos ensayos de laboratorio. Las muestras alteradas deberán almacenarse en frascos al vacío y convenientemente etiquetados.

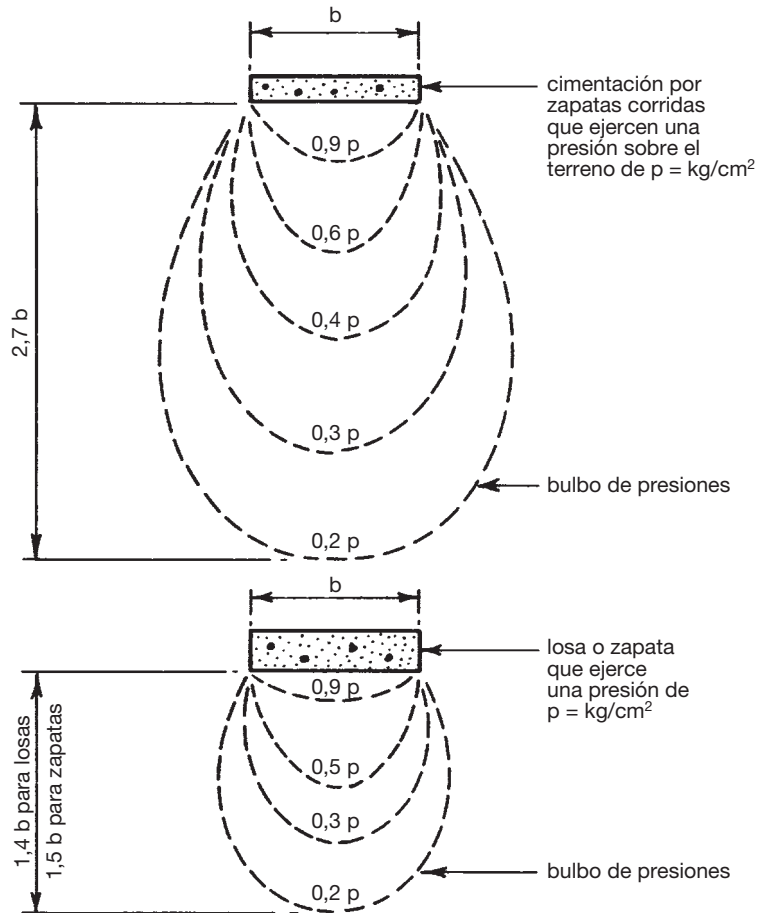
**Muestras de suelo inalteradas:** aquellas extraídas mediante trépanos huecos. Permiten conservar la estructura y las propiedades naturales del subsuelo. Las muestras inalteradas son etiquetadas y enviadas en cajas de madera al laboratorio para su análisis. Este método es idóneo para subsuelos rocosos o arcillosos, pero para otros tipos de subsuelo las dificultades en su obtención aumentan notablemente.

Generalmente, el estudio geotécnico de las muestras se presenta en un dibujo que indica la ubicación sobre el terreno del lugar de extracción de cada muestra y los resultados de la prueba en forma de leyenda o columna rayada según los distintos estratos de suelo, todo ello acompañado de una memoria explicativa.

**Profundidad del estudio geotécnico:** antes de determinar el método de obtención de las necesarias muestras del subsuelo, debe fijarse la profundidad hasta la que debe llevarse el estudio, que se basa generalmente en los siguientes factores:

1. Tipo de cimentación elegido.
2. Bulbo de presiones de la cimentación escogida.
3. Relación de la cimentación elegida con otras cimentaciones.

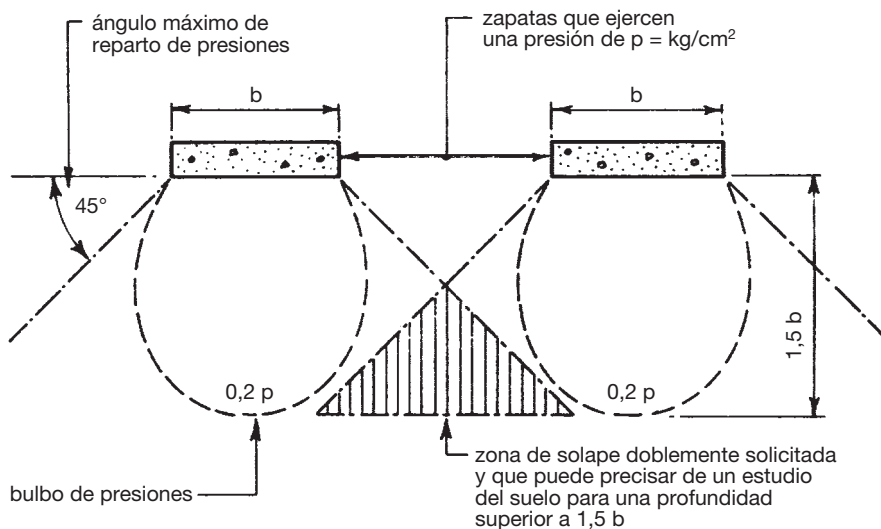
### Ejemplos tipo



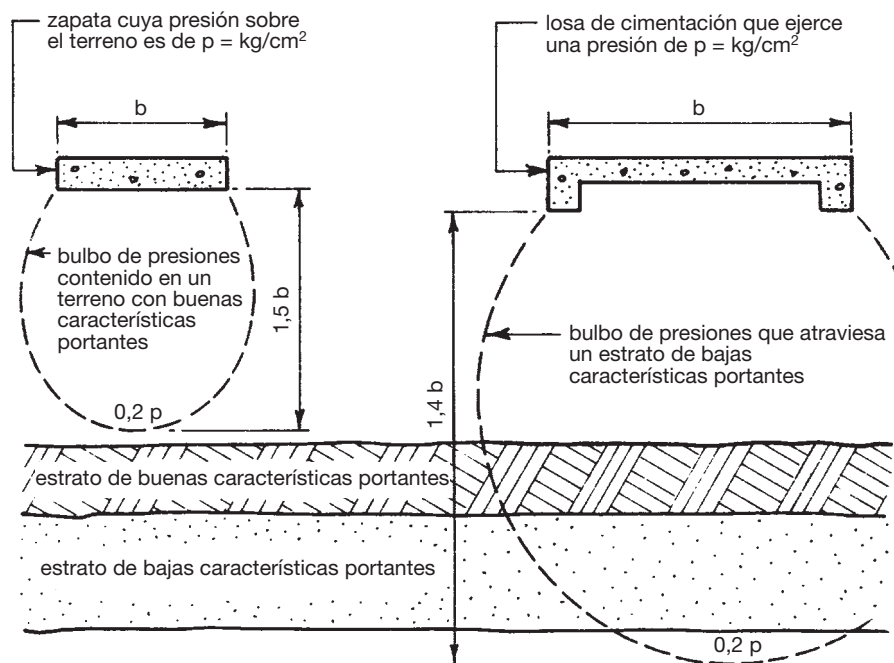
Pueden ignorarse los bulbos de presión con valores inferiores al 20 % de la carga original al nivel del terreno de cimentación. Esto es aplicable a todo tipo de cimientos.

Véanse más ejemplos en la página siguiente.

### Ejemplos tipo de consideraciones sobre el estudio de la profundidad del suelo



### CIMENTOS PRÓXIMAS ENTRE SÍ



### TIPOS DIFERENTES DE CIMENTACIÓN DENTRO DE LA MISMA OBRA

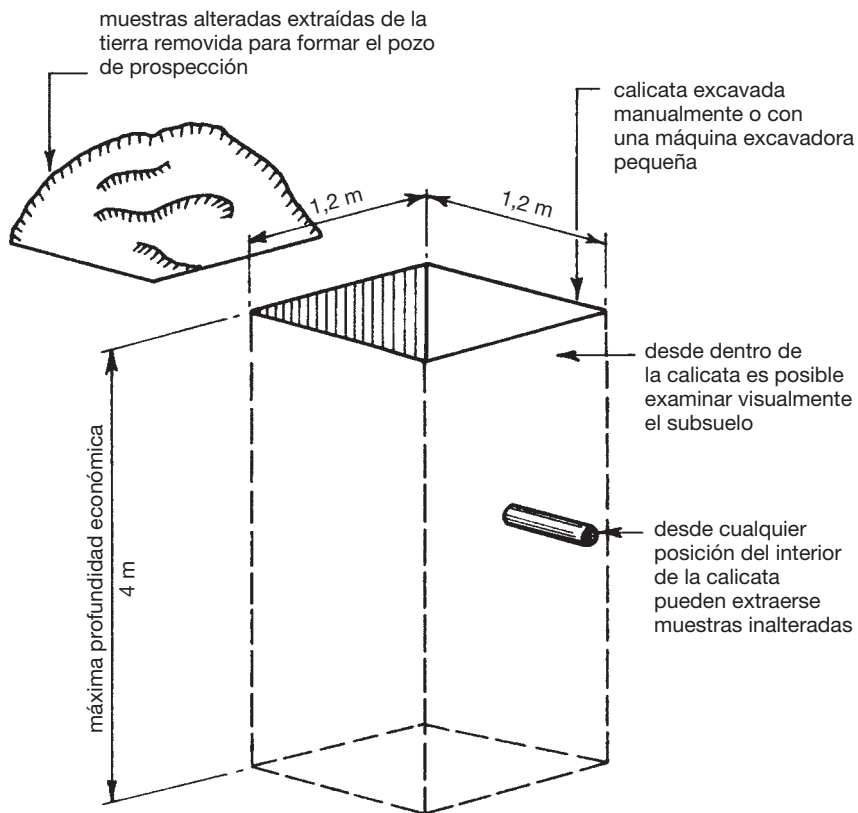
La elección del **método de estudio del suelo** depende de varios factores:

1. Importancia de la obra.
2. Tipo de cimentación del proyecto.
3. Tipo de muestra requerido.
4. Tipo de subsuelo que se prevé encontrar.

Como norma general, los métodos más adecuados según la profundidad hasta la que se lleva el estudio son:

1. Cimientos hasta 3 m de profundidad: calicatas.
2. Cimientos hasta 30 m de profundidad: barrenas.
3. Cimientos de más de 30 m de profundidad: barrenas profundas e inspecciones in situ desde túneles o pozos.

#### Detalles de una calicata de prospección típica



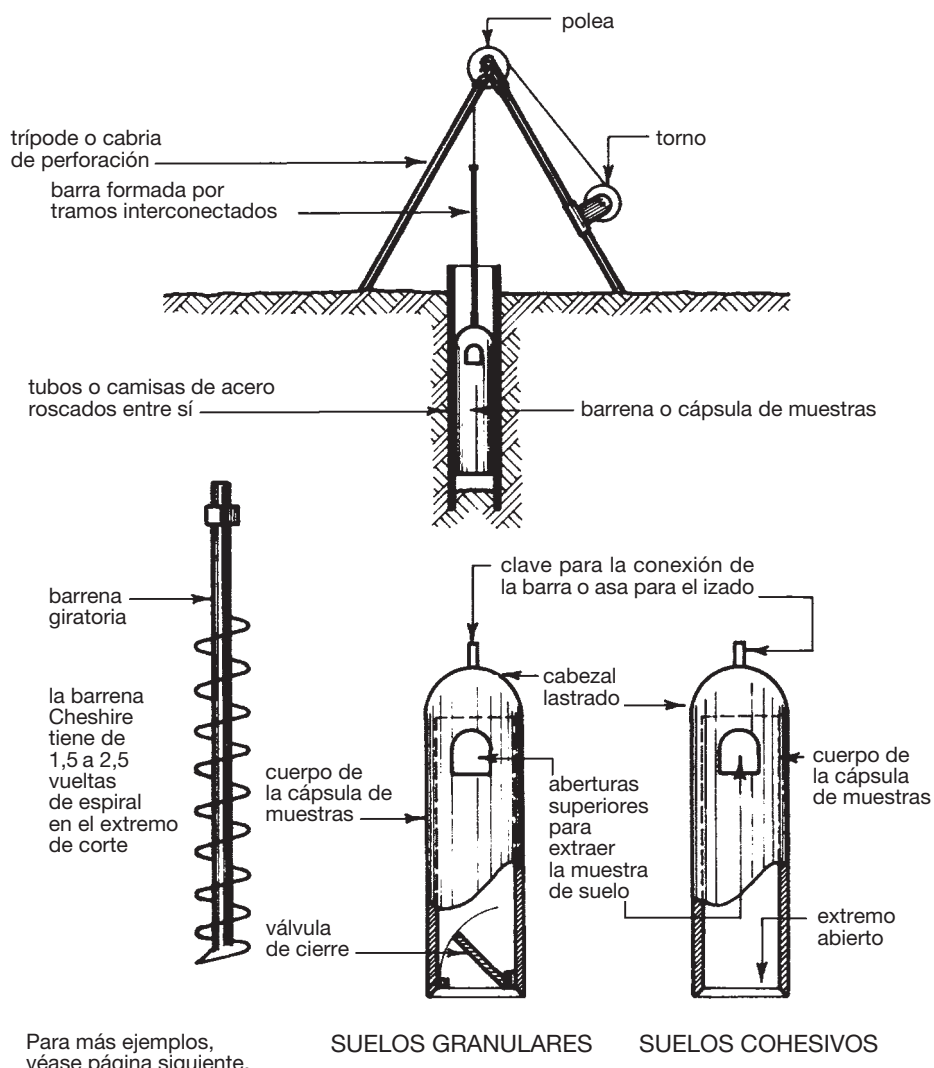
NOTA: en subsuelos húmedos, la necesidad de entibar los costados de la calicata puede anular todas las demás ventajas.

Sobre detalles de otros métodos de estudio del subsuelo, véanse las dos páginas siguientes.

### Métodos de sondeo para obtener muestras inalteradas:

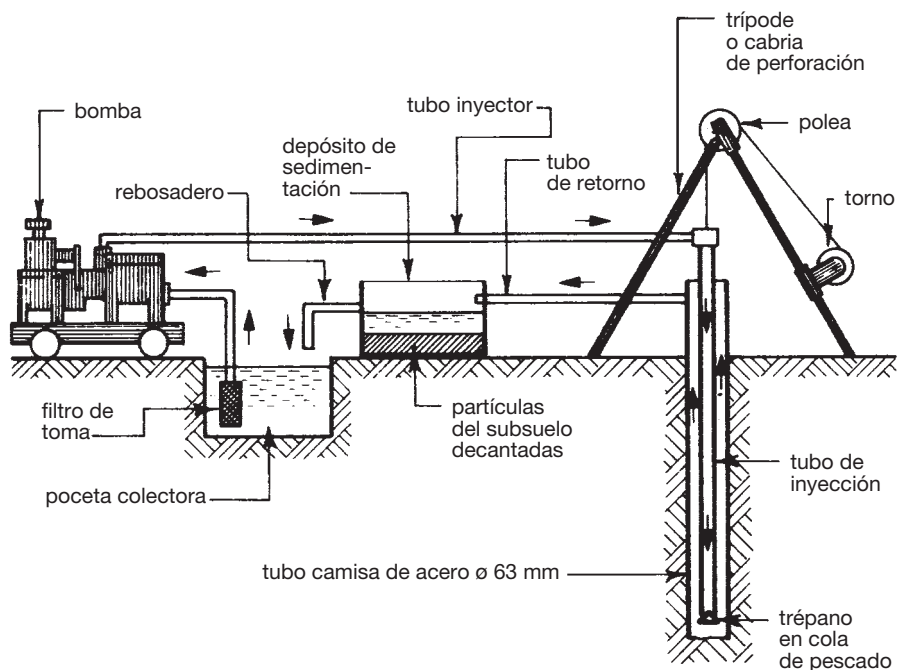
1. **Sondas manuales o mecánicas:** adecuadas para profundidades de máx. 3 m usando barrenas de entre 15 y 20 cm de diámetro.
2. **Sonda mecánica:** para profundidades de más de 3 m usando una barrena cilíndrica o Cheshire. Para la mayor parte de los terrenos granulares y para otros tipos de subsuelo se precisa un entubado o camisa.
3. **Cápsulas de muestras:** adecuadas para los sondeos en terrenos de poca o mediana profundidad y todos los tipos de subsuelo excepto los rocosos.

### Detalles tipo



**Sondeo con inyección:** es un método de extracción de suelos disgregados de un pozo de sondeo mediante la inyección de un fuerte chorro de agua o de bentonita, una suspensión coloidal de arcillas tixotrópicas. El tubo inyector se desplaza alternativamente de arriba abajo y de abajo arriba en el interior del pozo de sondeo; el chorro inyector desintegra el subsuelo, que irá ascendiendo en suspensión a través del espacio anular hasta ser recogido en un depósito de sedimentación. Las partículas decantadas del subsuelo se desecarán para su análisis y clasificación. Este método tiene la ventaja de permitir la obtención de muestras inalteradas por el impacto de las cápsulas de muestras, aunque no es adecuado para subsuelos de grava gruesa o subsuelos que contengan piedras.

#### Disposición típica de un sondeo de inyección

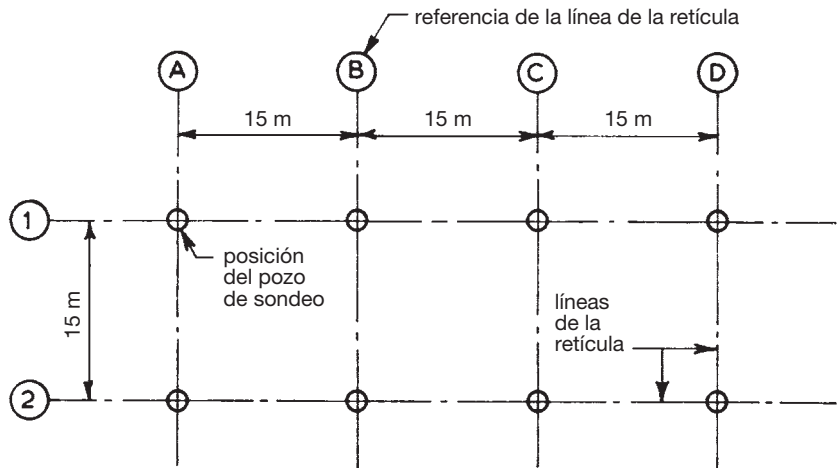


**Perforación rotativa con inyección de fangos:** este método se usa para el estudio de terrenos rocosos. Se inyecta un chorro continuo de bentonita a presión a través de un vástago hueco que se empalma con una corona rotativa de perforación. El trépano cortante se mantiene en contacto con las paredes del agujero de sonda y los detritos ascienden hacia la superficie gracias a la circulación del fluido. Pueden obtenerse testigos del subsuelo utilizando un equipo de extracción de muestras.

**Barrena sacamuestras:** se inyecta agua o aire comprimido hacia el fondo del pozo de sonda por medio de un tubo hueco, mientras que el retorno se produce a través del espacio anular. Mediante el equipo para sacar testigos se consiguen muestras de roca que se envían en cajas de madera al laboratorio.

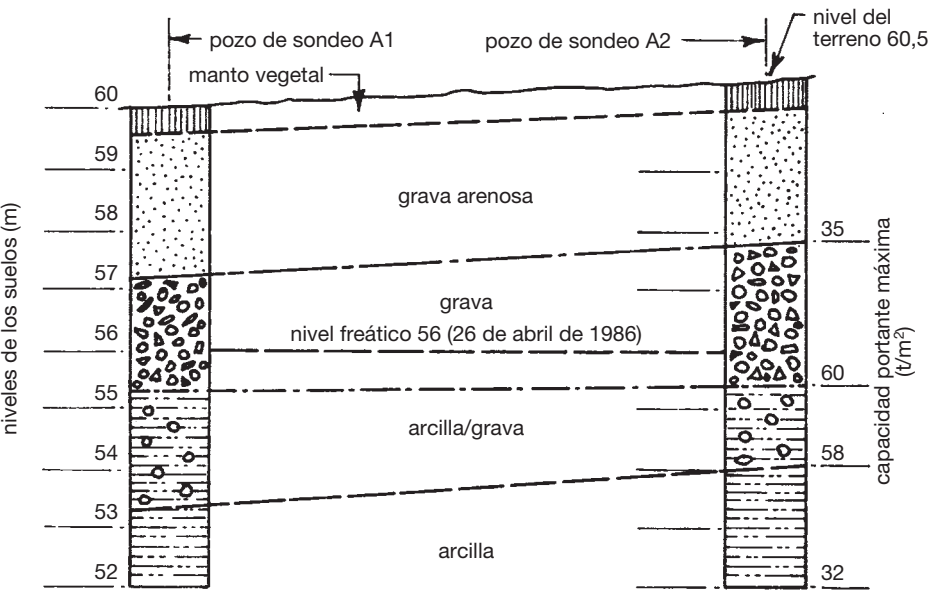
Datos del sondeo

**Datos del sondeo:** la información obtenida de las calicatas o de los pozos de sondeo se traslada a un dibujo donde se muestran la posición y los datos de cada calicata o pozo.



PLANO DE LOCALIZACIÓN DE LOS POZOS DE SONDEO

Los pozos de sondeo pueden ubicarse en una retícula comprendida entre 15 y 20 m que ocupe toda la superficie del solar, o bien en posiciones aisladas que sean relevantes para la cimentación en proyecto.



DATOS DEL SONDEO

Como orientación general, el coste de la inspección del terreno y del estudio del sub-suelo no debe sobrepasar el 1 % del coste estimado del proyecto.

**Naturaleza del suelo:** antes de proyectar los cimientos de un edificio debe estimarse la naturaleza del subsuelo. Este proceso también puede llevarse a cabo para confirmar la idoneidad de la cimentación proyectada. El estudio de la naturaleza del suelo puede incluir su clasificación, su composición por estratos, ensayos para establecer su resistencia al esfuerzo cortante y ensayos presiométricos.

**Clasificación:** los suelos pueden clasificarse de muy diversas maneras: por su origen geológico por sus propiedades físicas, por su composición química o por su granulometría. Se ha demostrado que la granulometría de un suelo y sus propiedades físicas están estrechamente vinculadas, por lo que resultan de particular importancia e interés para el proyectista.

**Distribución granulométrica:** porcentajes de los diversos tamaños de las partículas presentes en una muestra de suelo, determinados a través del cernido o la sedimentación. La norma británica clasifica los tamaños de las partículas de la siguiente manera:

Grava: más de 2 mm

Arena: entre 2 mm y 0,06 mm

Limo: entre 0,06 mm y 0,002 mm

Arcilla: menos de 0,002 mm

Además, las arenas y los limos pueden subdividirse por el tamaño de su grano de la siguiente forma:

| ARCILLA | LIMO  |       |        | ARENA |       |        | GRAVA |
|---------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
|         | fino  | medio | grueso | fino  | medio | grueso |       |
| 0,002   | 0,006 | 0,02  | 0,06   | 0,2   | 0,6   | 2      |       |

Los resultados de un análisis granulométrico pueden ser representados gráficamente mediante una curva granulométrica:

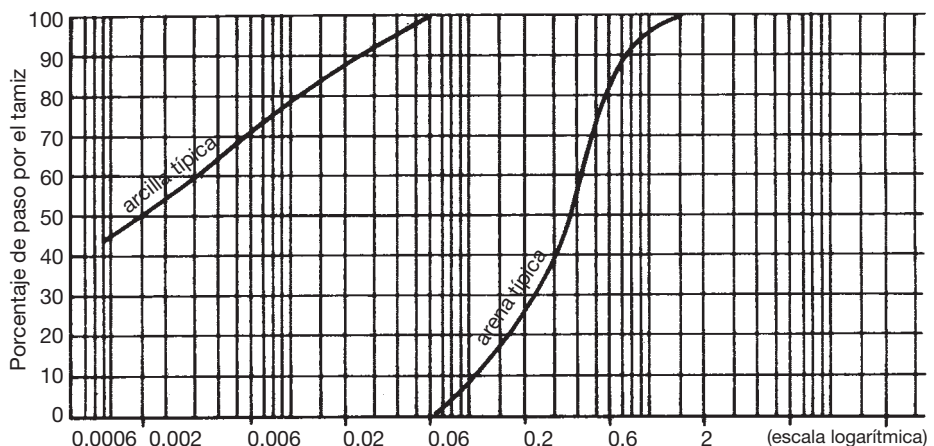




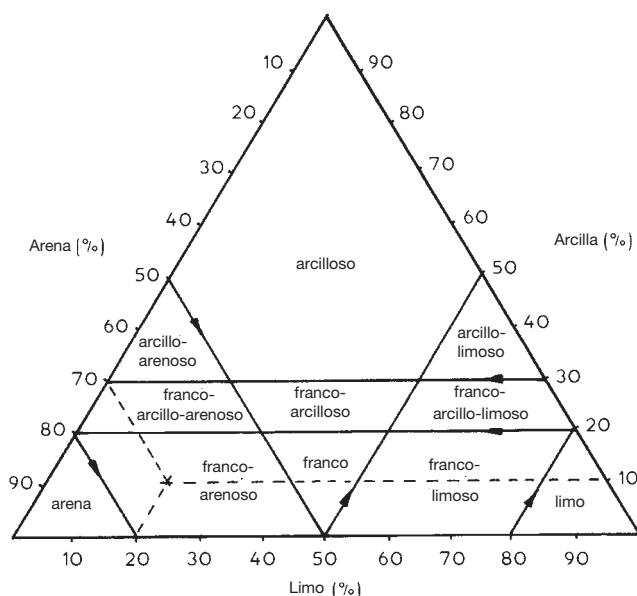
**Diagrama triangular:** clasificación general de los suelos compuestos predominantemente por arcilla, arena y limo. Cada uno de los lados del triángulo representa un porcentaje del material componente. Realizado el análisis de una muestra de suelo en el laboratorio, sus propiedades pueden representarse gráficamente en el diagrama, lo que permite clasificar la muestra de acuerdo con ellas.

Por ejemplo: Arena – 70 %; arcilla – 10 %; y limo – 20 % = textura francoarenosa.

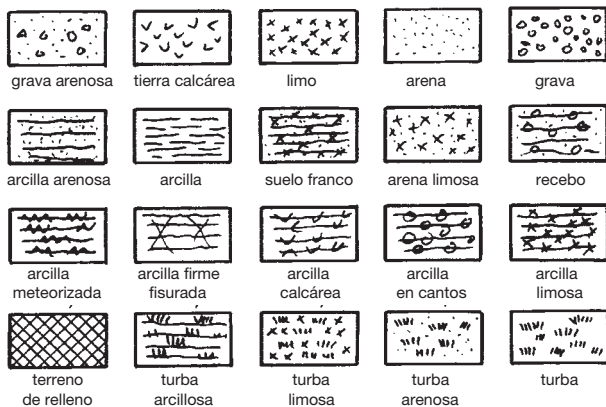
NOTA:

El limo es un depósito fino, de granulometría comprendida entre las arenas finas y las arcillas, fácilmente transportable por el agua.

El suelo franco está compuesto, en la misma proporción, por arcilla, limo y arena, y es fácilmente soluble en agua.

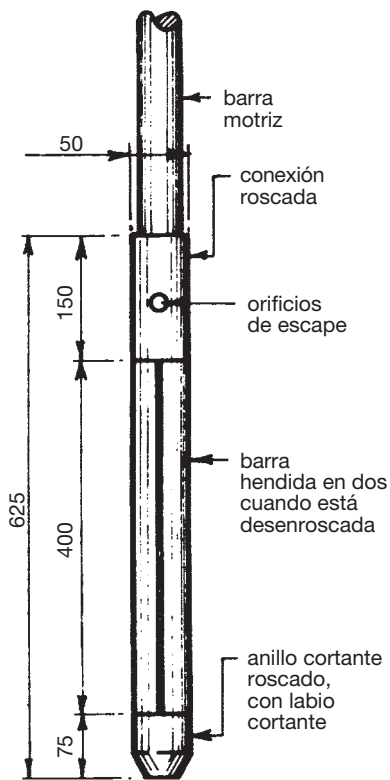


Simbolos gráficos de suelos:



**Ensayos del suelo in situ:** evalúan la densidad o la resistencia al corte de los suelos. Son muy valiosos puesto que no alteran el suelo objeto del ensayo. Entre estos ensayos destacan el ensayo de penetración, el test Vane y el ensayo de compresión no confinada.

**Ensayo SPT (penetrómetro dinámico estándar):** mide la resistencia de un suelo a la penetración de una cuchara o barra de muestras hendida que se introduce hasta la base de un tubo hueco. El sacamuestras es hincado en el suelo hasta una profundidad de 15 cm mediante un martinete normalizado de 65 kg que cae libremente desde una altura de 76 cm. A partir de este punto, se cuenta el número de golpes necesario para introducir el penetrómetro otros 30 cm, hasta un máximo de 50 golpes. Este ensayo permite averiguar la densidad relativa del suelo.



TÍPICA BARRA  
SACAMUESTRAS HENDIDA

### RESULTADOS CARACTERÍSTICOS

#### Suelos no cohesivos

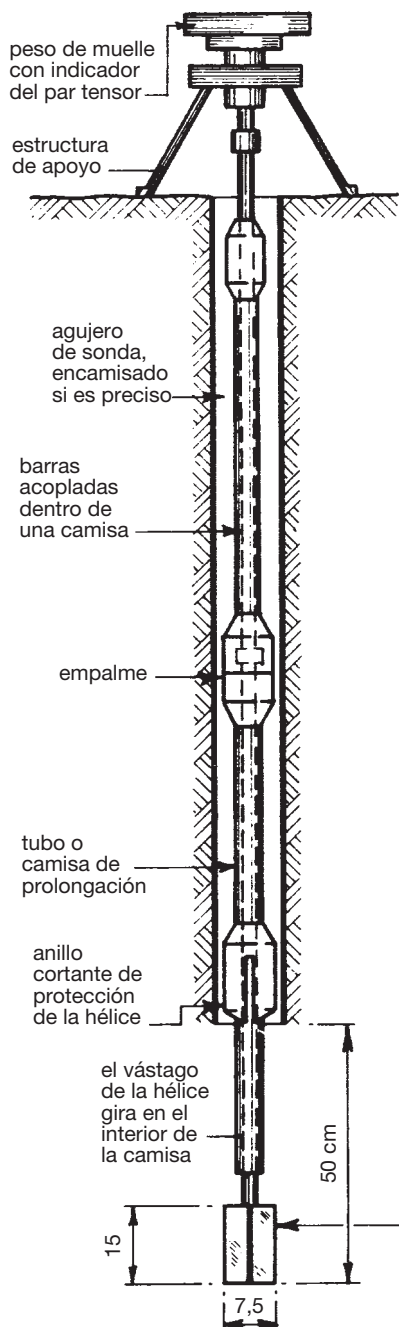
| Nº de golpes | Densidad relativa |
|--------------|-------------------|
| 0 a 4        | muy disgregado    |
| 4 a 10       | disgregado        |
| 10 a 30      | medio             |
| 30 a 50      | denso             |
| > 50         | muy denso         |

#### Suelos cohesivos

| Nº de golpes | Densidad relativa |
|--------------|-------------------|
| 0 a 2        | muy blando        |
| 2 a 4        | blando            |
| 4 a 8        | medio             |
| 8 a 15       | compacto          |
| 15 a 30      | muy compacto      |
| > 30         | duro              |

Los resultados de este ensayo en cuanto a número de golpes y avance de la penetración precisan de la interpretación de un experto.

### Test Vane [ensayo de la hélice]:



APARATO PARA REALIZAR  
EL TEST VANE

mide la resistencia al cizallamiento de terrenos cohesivos blandos. La hélice de acero hincada en el suelo arcilloso blando es sometida a una rotación manual a velocidad constante. Se mide el par preciso para producir la rotación y, a partir del valor obtenido, se calcula la resistencia al corte mediante la fórmula que se facilita más adelante.

Este ensayo puede llevarse a cabo presionando la hélice en el interior de una camisa. Antes de iniciar la rotación, la hélice se introduce en el suelo situado bajo la base de la camisa una distancia igual a tres veces su propio diámetro. Al estar protegida por un anillo cortante especial, la hélice puede ser impulsada o izada alternativamente por el gato, introduciéndose en el terreno otros 50 cm más cada vez antes de reanudar la rotación.

### Cálculo de la resistencia al corte

$$\text{Fórmula: } C = \frac{T}{K}$$

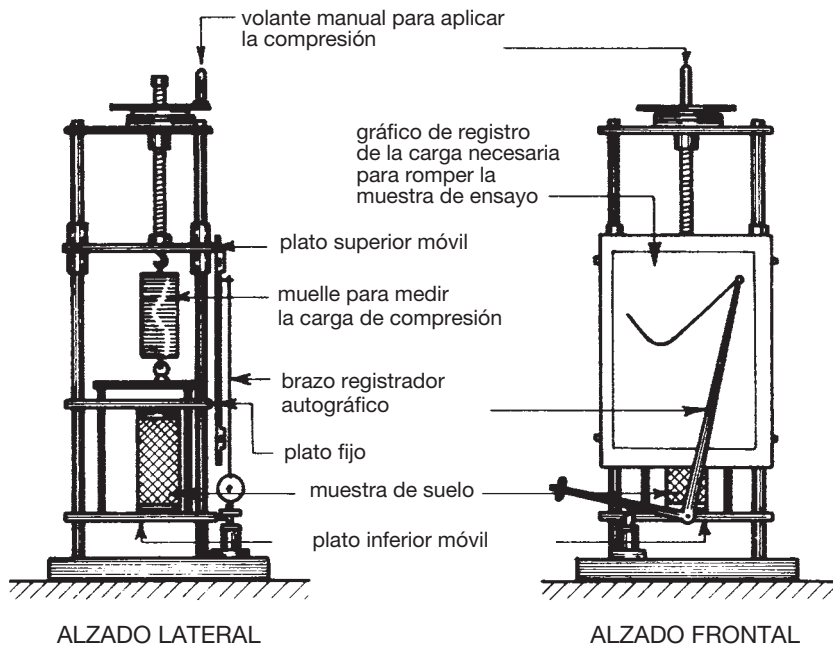
donde  $C$  = esfuerzo cortante en  $\text{kN/m}^2$   
 $T$  = par torsor necesario para cizallar el suelo  
 $K$  = constante de la hélice  
 $= 3,66 D^3 \times 10^{-6}$   
 $D$  = diámetro de la hélice

las paletas de acero inoxidable de la hélice tienen una planta cruciforme; la altura de la hélice es igual al doble de su diámetro

$$1 \text{ kN/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

**Ensayo de compresión no confinada:** puede emplearse para averiguar la resistencia al corte de una muestra no fisurada de suelo cohesivo, utilizando para ello un aparato portátil en obra o en laboratorio. Una vez colocada la muestra de suelo en el aparato (un cilindro de 75 mm de altura  $\times$  38 mm de diámetro), esta se somete a compresión hasta que se produzca su rotura por cizallamiento o pandeo lateral. Para facilitar una lectura más precisa de la curva sobre el gráfico, puede colocarse una mirilla transparente sobre el cursor.

#### Detalles de un aparato tipo



#### Resultados característicos de resistencia a compresión de arcillas:

|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| arcilla muy blanda:   | menos de 25 kN/m <sup>2</sup> |
| arcilla blanda:       | 25 a 50 kN/m <sup>2</sup>     |
| arcilla media:        | 50 a 100 kN/m <sup>2</sup>    |
| arcilla compacta:     | 100 a 200 kN/m <sup>2</sup>   |
| arcilla muy compacta: | 200 a 400 kN/m <sup>2</sup>   |
| arcilla dura:         | más de 400 kN/m <sup>2</sup>  |

#### NOTAS:

1. La resistencia al corte de los suelos arcillosos equivale a la mitad de los valores de resistencia a compresión facilitados arriba.

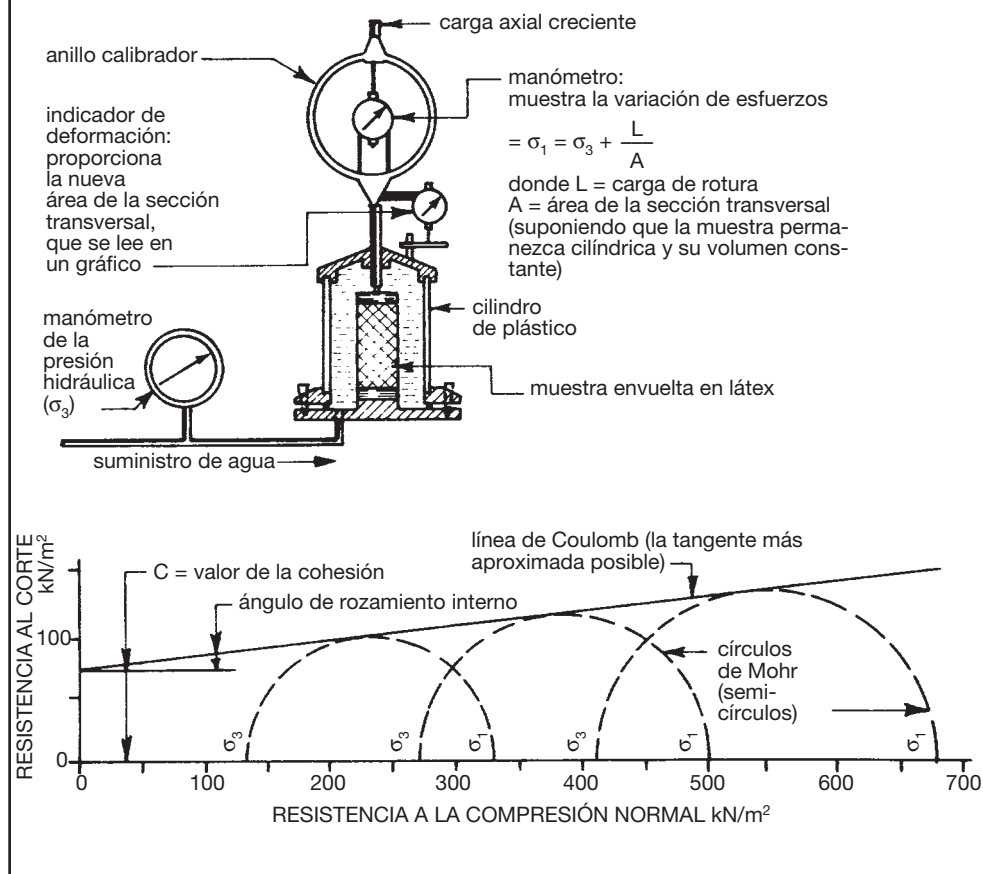
2. 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

**Ensayos de laboratorio:** son ensayos destinados a identificar y clasificar suelos según su grado de humedad, contenido de humedad correspondiente a una consistencia determinada, límite de plasticidad, distribución granulométrica y densidad aparente.

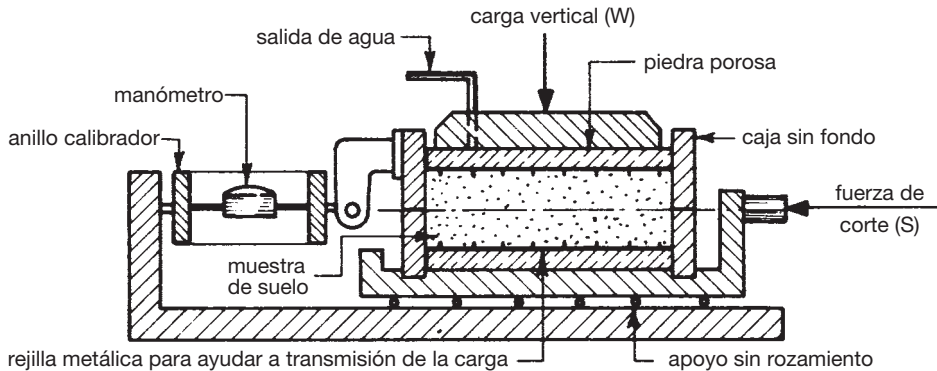
**Densidad aparente:** es la masa por unidad de volumen, incluida la cantidad de aire o agua intersticiales. Supone una información esencial en el proyecto de muros de contención, para los que el peso de las tierras es un factor fundamental.

**Resistencia al corte:** esta característica puede utilizarse para establecer su capacidad portante y la presión ejercida por las tierras sobre el entibado en una excavación. El sistema más usual para calcular la resistencia al cizallamiento de los suelos cohesivos es el denominado ensayo de compresión triaxial. En principio, este ensayo consiste en someter a una muestra cilíndrica no alterada (75 mm de altura  $\times$  38 mm de diámetro) a una presión hidráulica lateral y a una carga vertical.

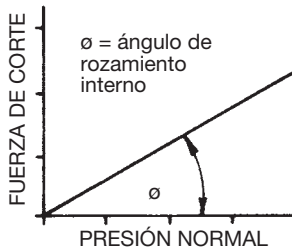
A continuación se reproducen los resultados de tres ensayos llevados a cabo sobre tres muestras (extraídas de una misma muestra de suelo de mayor tamaño), habiendo sido sometida previamente cada una de ellas a una presión hidráulica más elevada antes de aplicar la carga axial. Los resultados se han representado gráficamente por medio de círculos de Mohr.



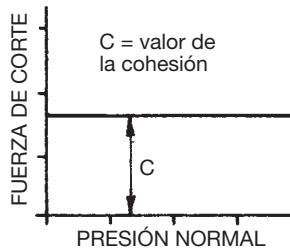
**Resistencia al corte:** es aquella que opone un suelo al deslizamiento de una partícula sobre otra. Un método sencillo para averiguar esta resistencia es el ensayo al corte llamado de la caja: a dos cajas sin fondo llenas con la muestra de suelo que debe ensayarse se aplica una fuerza de cizallamiento horizontal ( $S$ ) y una carga vertical ( $W$ ) que provoca la ruptura de la muestra a lo largo de una línea entre ambas cajas.



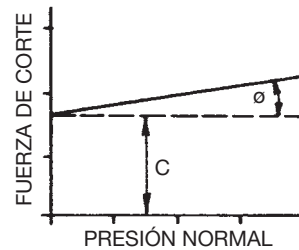
### Resultados característicos



**Suelos granulares:** a mayor carga, mayor será el rozamiento entre las partículas, por lo que aumenta la resistencia al corte.



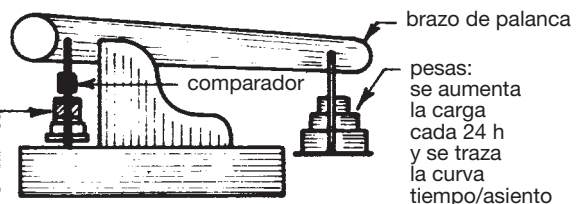
**Suelos cohesivos:** sus minúsculas partículas no desarrollan rozamiento y, por lo tanto, la resistencia al corte permanece constante.



**Suelos mixtos:** al aumentar la carga se desarrolla un pequeño ángulo de rozamiento interno.

**Asiento del suelo:** muy importante para determinar el movimiento de un terreno bajo el peso de un cimiento. El ensayo se realiza en un aparato llamado edómetro.

se coloca la muestra de 75 mm de diámetro  $\times$  18 mm de grosor en un cilindro metálico vertical, cuyas bases están constituidas por sendos discos de piedra porosa, a fin de poder eliminar el agua bajo la acción de la carga aplicada, y se comprime la muestra en el interior del cilindro

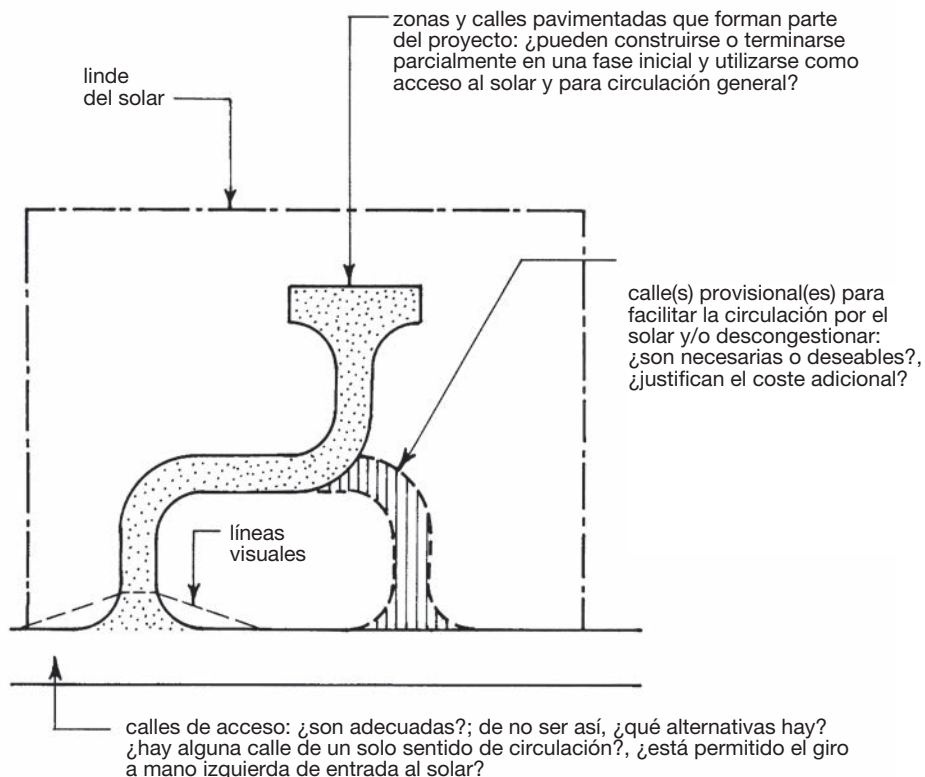


## Consideraciones sobre la disposición de conjunto del solar

**Consideraciones generales:** antes de tomar cualquier decisión respecto a la disposición de conjunto del solar, cabe hacer una estimación general del mismo realizando una investigación concienzuda previa a la fase de licitación y examinando con todo detalle los planos, las especificaciones y el estado de mediciones, con el fin de formular propuestas sobre cómo va a llevarse a la práctica el contrato si la oferta llega a buen término. Ello implicará una estimación preliminar sobre las necesidades de maquinaria, materiales y mano de obra para cumplir el plan de obra, lo cual puede materializarse gráficamente en un diagrama de barras (véase pág. 34).

**Consideraciones sobre el acceso al solar:** debe tenerse en cuenta tanto la entrada como la salida al solar. Es preciso comprobar las rutas hacia y desde el solar para asegurar su idoneidad en relación con los requisitos de transporte imprescindibles para llevar a cabo las obras. También deben estudiarse con mucho cuidado el acceso de materiales al solar y la circulación general.

### Consideraciones sobre el acceso al solar



**Consideraciones de almacenamiento:** cantidad y tipo de materiales que es necesario almacenar, requisitos de seguridad y protección contra los agentes atmosféricos, asignación de zonas de almacenaje de materiales idóneas y de espacio de trabajo adecuado en torno a las zonas de acopio, ubicación de áreas de almacenamiento para reducir al máximo las duplicidades en la manipulación sin molestar la circulación general por el solar y/o los trabajos en curso.

**Consideraciones sobre los servicios:** cantidad y tipo de personal de obra previsto, estimación de tamaño y características de los locales que cumplan con la normativa vigente en materia de seguridad e higiene, selección del emplazamiento de una oficina de obra que permita un acceso fácil y seguro a los visitantes y, a su vez, una visión razonable del solar, elección de la ubicación de los aseos de modo que se reduzcan al mínimo los recorridos por la obra y no se interfiera la circulación general ni la marcha de los trabajos.

**Consideraciones sobre los servicios provisionales:** ¿cuáles, cuándo y dónde son necesarios? Estudiar la posibilidad de instalar servicios permanentes en una fase temprana y de realizar conexiones provisionales para uso de la obra durante el período de construcción. Es esencial la coordinación entre los diversos industriales de la obra.

**Consideraciones sobre la maquinaria:** ¿qué maquinaria, cuándo y dónde se precisa? ¿estática o móvil? Si es estática, elegir la ubicación más idónea y proporcionarle una plataforma de base resistente. Si es móvil, comprobar los recorridos de circulación para unas eficiencia e idoneidad óptimas, proporcionar espacio y base resistente para asentar el equipo de mantenimiento en obra, si fuera necesario.

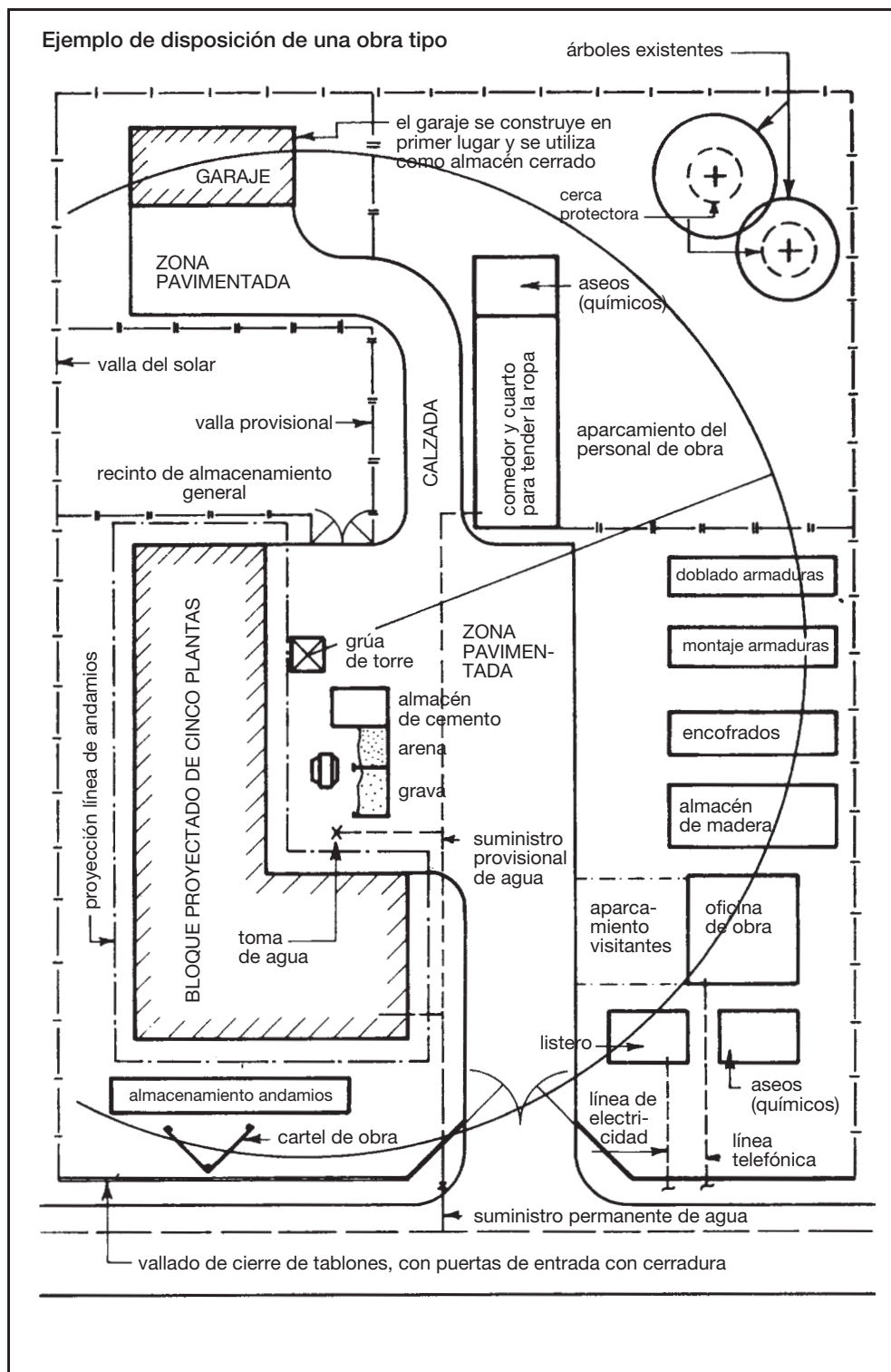
**Consideraciones sobre el vallado:** ¿qué tipo de vallado exigen las ordenanzas y cuál es el deseable? Antecedentes sobre vandalismo de la zona, tipo o tipos de vallado requerido, posibilidad de utilizar el vallado que forma parte del contrato de proyecto como valla de obra, construyéndolo en una fase temprana del plan de obra.

**Consideraciones sobre seguridad e higiene:** comprobar que todas las conclusiones anteriores cumplan con los requisitos mínimos establecidos por las diversas ordenanzas de edificación y por los reglamentos de seguridad e higiene en el trabajo.

Veáse un ejemplo de disposición de conjunto de un solar en la página siguiente.



## Consideraciones sobre la disposición de conjunto del solar

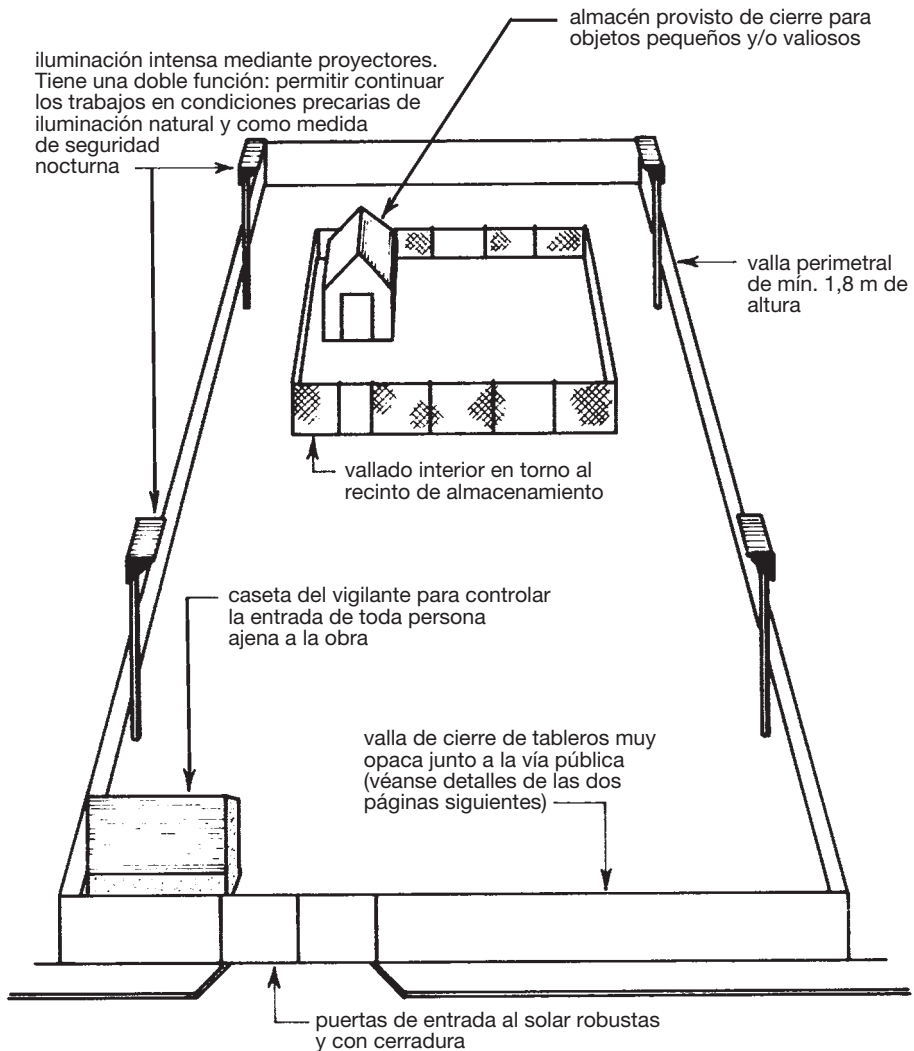


Los objetivos principales de la **seguridad de la obra** son:

1. Seguridad contra el robo.
2. Seguridad contra el vandalismo.
3. Protección contra entrada de intrusos.

La necesidad de seguridad y el tipo de seguridad requeridos varían en cada solar según el vecindario, los antecedentes de vandalismo en la zona y el valor de los materiales almacenados en la obra. Pueden ser necesarios el vallado perimetral, un vallado interno de protección y elementos de seguridad nocturna.

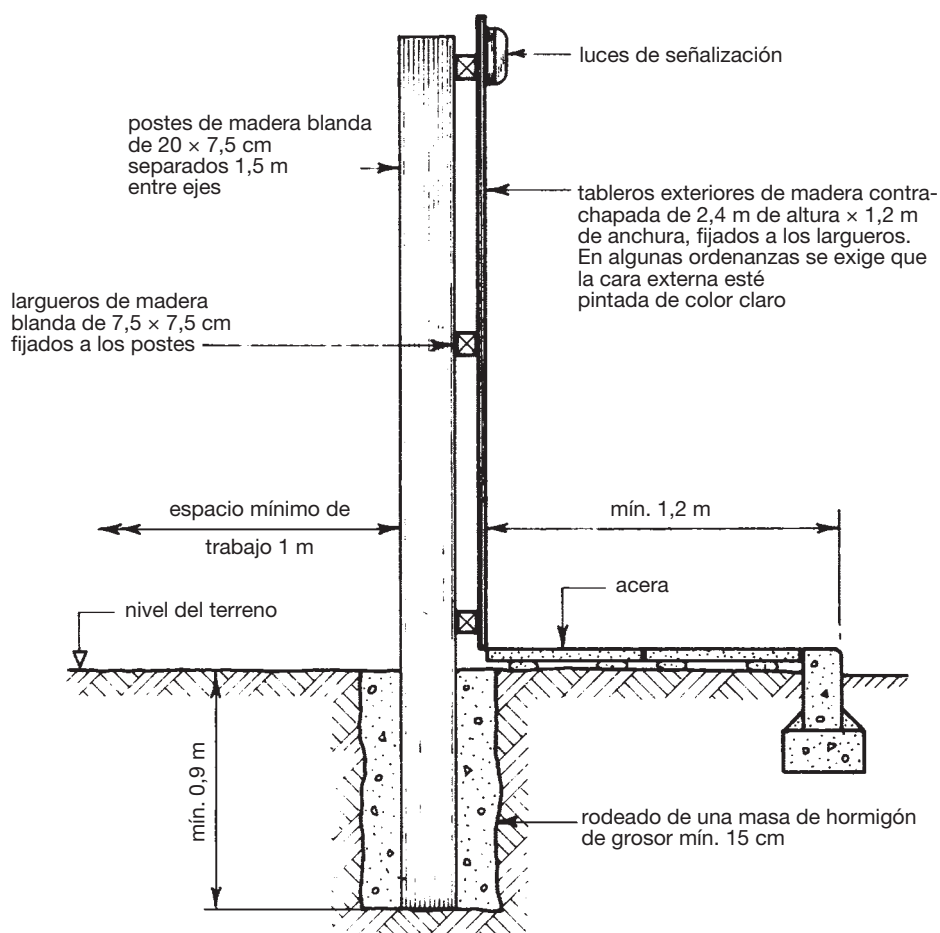
### Disposiciones tipo de seguridad

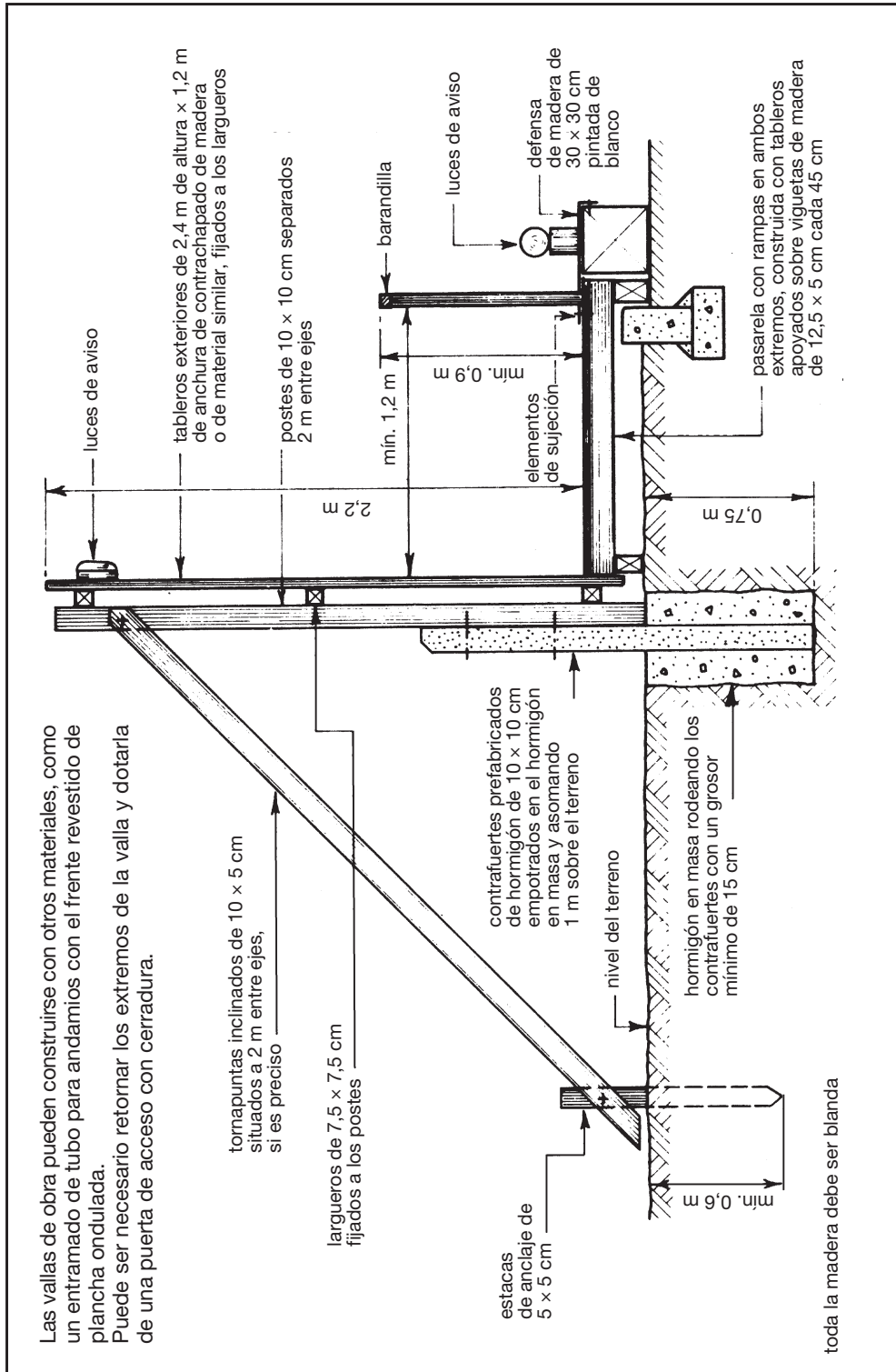


## Vallas de obra

**Vallas de obra:** normalmente las ordenanzas exigen que las vallas de obra se construyan antes de iniciar la obra, cuando esta está junto a una vía pública. La valla debe estar correctamente construida para proporcionar protección al público y resistencia al impacto y a la presión del viento prevista, y adecuadamente iluminada durante la noche. Antes de construir la valla, es preciso solicitar una licencia de vallas al Ayuntamiento correspondiente, lo que generalmente se demorará unos 10 a 20 días. En la licencia municipal suelen establecerse los requisitos mínimos y el tiempo límite de vigencia del permiso de vallas.

### Detalles tipo de una valla de obra





**Iluminación de la obra:** puede utilizarse eficazmente para permitir la continuación del trabajo durante las horas de insuficiente luz natural. También sirve como elemento disuasivo para la entrada de intrusos. En el exterior, la iluminación de la obra puede utilizarse para iluminar las zonas de almacenamiento y circulación, y en el interior, para los desplazamientos generales y determinadas tareas específicas. Los tipos de lámpara existentes en el mercado para estos fines abarcan desde la incandescente de tungsteno hasta las halógenas de tungsteno y las de descarga. La disposición de la iluminación de la obra puede ser de tipo estático, con lámparas sujetas a postes, o montadas sobre elementos fijos del equipo, como andamios o grúas de torre. Alternativamente puede ser preciso situar las lámparas allá donde se estén realizando los trabajos, montándolas sobre soportes móviles o sujetándolas manualmente con un cable flexible. Las lámparas portátiles de este tipo deben trabajar a un voltaje reducido de 110 voltios y una sola fase, a diferencia del voltaje de 220 voltios de la red.

Para proyectar un sistema adecuado de iluminación de la obra hay que definir previamente los tipos de actividad y asignar a cada uno de ellos un valor de iluminación idóneo que vendrá medido en lux (lx). Los valores mínimos recomendables para las actividades de la construcción son:

|                       |                             |   |        |
|-----------------------|-----------------------------|---|--------|
| Iluminación exterior: | circulación general         | } | 10 lx  |
|                       | manipulación de materiales  |   |        |
| Iluminación interior: | circulación general         |   | 5 lx   |
|                       | zonas de trabajos generales |   | 15 lx  |
|                       | trabajos de hormigonado     |   | 50 lx  |
|                       | carpintería y ebanistería   | } | 100 lx |
|                       | fábrica de ladrillo         |   |        |
|                       | enyesado                    |   |        |
|                       | pintura y decoración        | } | 200 lx |
|                       | oficina de obra             |   |        |
|                       | tableros de dibujo          |   | 300 lx |

Estos valores no contemplan el grado de deterioro, suciedad u otras condiciones consecuencia de las obras, de modo que a la hora de proyectar la iluminación suelen emplearse valores el doble de los recomendables. Los fabricantes suelen proporcionar asesoramiento para obtener la mejor disposición en cada situación particular, pero los requisitos de las lámparas pueden calcularse de la siguiente forma:

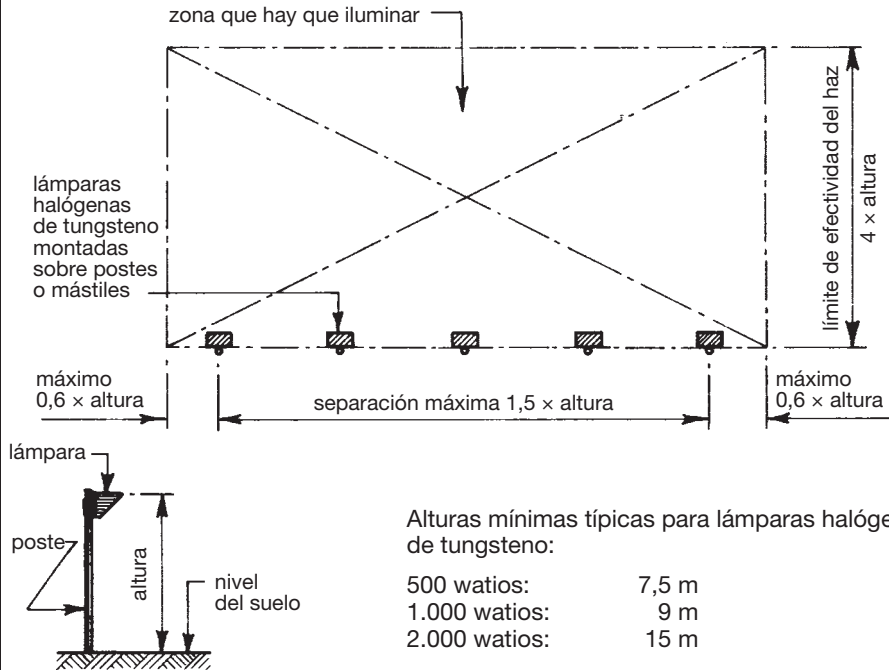
$$\text{Lúmenes totales requeridos} = \frac{\text{superficie a iluminar (m}^2\text{)} \times \text{valor recomendable (lx)}}{\text{factor de utilización 0,23 [lámparas de dispersión 0,27]}}$$

Una vez escogido el tipo de lámpara:

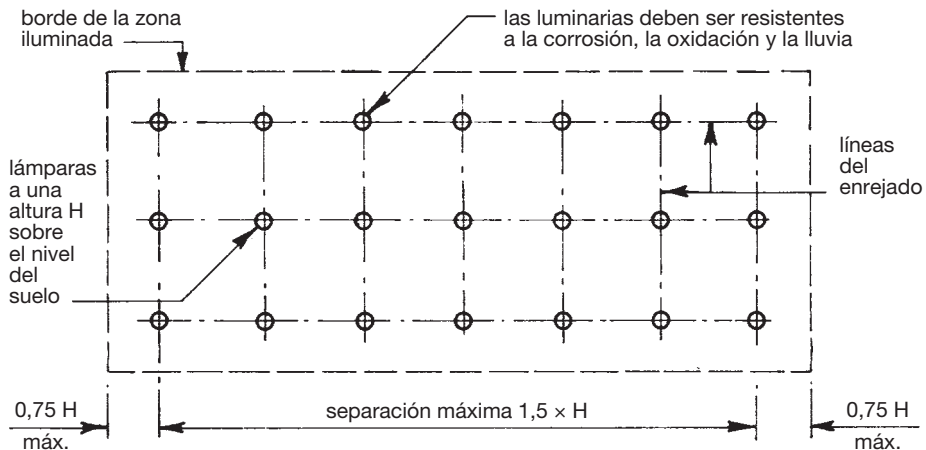
$$\text{Número de lámparas necesario} = \frac{\text{total de lúmenes requerido}}{\text{potencia de radiación de la lámpara escogida en lúmenes}}$$

### Disposición tipo de la iluminación de una obra

Iluminación del área con empleo de farolas altas:



Iluminación del área utilizando lámparas de dispersión colgadas de un enrejado o de la estructura:

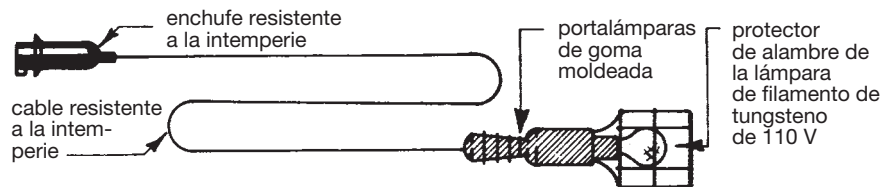
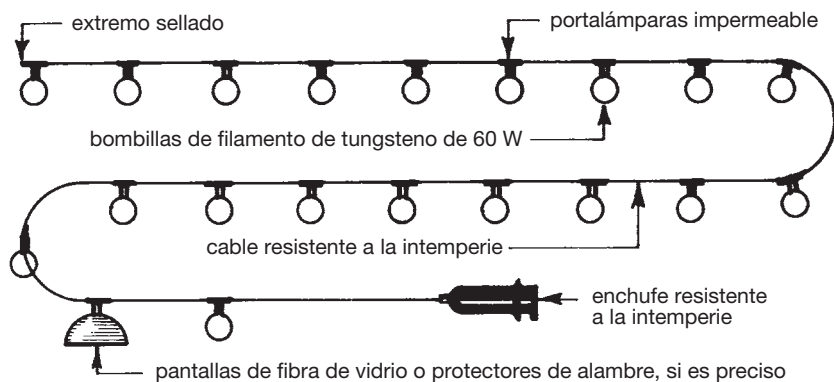
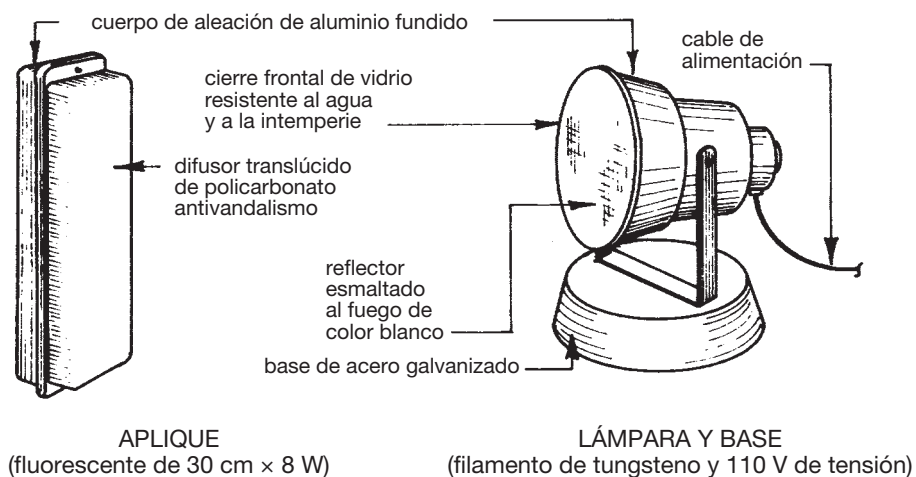


Alturas mínimas tipo para lámparas de dispersión:

Fluorescentes 40-125 W: 2,5 m; filamento de tungsteno 300 W: 3 m.

**Iluminación de pasillos e iluminación local:** para iluminar los recorridos de circulación general puede utilizarse el alumbrado de apliques y/o de festón, con un voltaje estándar de 220 V o uno reducido de 110 V. Para iluminación puntual en la zona de trabajo pueden utilizarse lámparas portátiles de cable flexible o lámparas de pie, con el fin de conseguir la máxima cantidad de luz directa sin que se arrojen sombras.

### Lámparas tipo en la iluminación de pasillos e iluminación local

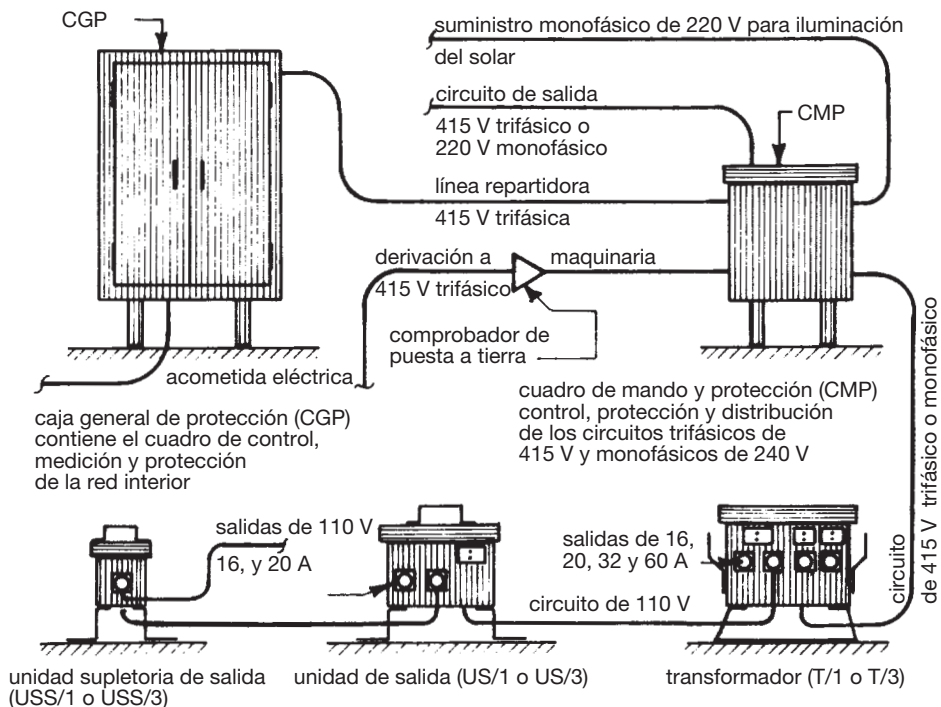


**Suministro eléctrico en las obras:** generalmente se precisa desde las primeras fases de la obra, para proporcionar luz y corriente a las unidades de servicio. Conforme avanza la obra, se necesitará la corriente para iluminar el solar, el equipo portátil y la maquinaria grande fija.

El suministro eléctrico de una obra es objeto de un contrato entre el constructor y la compañía suministradora de electricidad, que necesitará conocer la fecha exacta en que se precise el suministro, la dirección completa del emplazamiento de la obra acompañada por un plano de situación donde figure la disposición general del solar, la carga eléctrica total de los edificios en proyecto y una estimación en kilowatios de la carga máxima prevista para el período de duración de la obra. Esta puede estimarse con bastante aproximación como  $10 \text{ W/m}^2$  de la superficie total del edificio en proyecto, más una previsión para el equipo pesado, como, por ejemplo, las grúas.

La instalación deberá ser realizada por un industrial competente para garantizar que cumpla con la normativa sobre suministro de electricidad a las obras.

### Equipo de suministro y distribución característico



Los elementos deben ser robustos, duraderos e impermeables mediante sellado hermético de todas las puertas y paneles de acceso. Todos los enchufes macho y hembra deben someterse a la siguiente codificación de colores: 415 V: rojo; 220 V: azul; y 110 V: amarillo.



**Oficina de obra:** suele estar a elección del contratista. Existe una amplia gama de casetas de obra, desde las de madera a las prefabricadas, oficinas móviles e incluso caravanas. Si la importancia de la obra lo aconseja, pueden proporcionarse oficinas separadas para el encargado de la obra, el supervisor nombrado por la propiedad, el personal administrativo y los directores de la obra.

Los requisitos mínimos acostumbran a estar fijados por las reglamentaciones de los diversos países, a menos que se trate de:

1. Casetas transportables para un tiempo no superior a seis meses.
2. Casetas fijas para un tiempo no superior a seis semanas.
3. Cualquier caseta para un uso que no supere las 21 h por hombre y semana.
4. Oficina para uso exclusivo de personal autónomo.
5. Oficina para uso exclusivo de personal familiar.

### Ejemplo de dimensionado:

Oficina para el encargado y un ayudante, más una previsión para tres visitantes.

Supuesta una altura libre media interior: 2,4 m.

Considerando una superficie y un volumen mínimos por persona de 3,7 m<sup>2</sup> y 11,5 m<sup>3</sup>, respectivamente, resulta:

$$\text{Superficie mínima} = 5 \times 3,7 = 18,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen mínimo} = 5 \times 11,5 = 57,5 \text{ m}^3$$

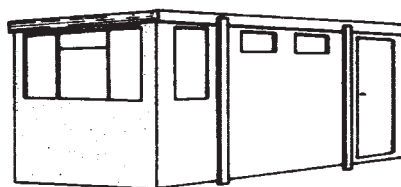
Suponiendo una anchura interior de 3 m, la longitud requerida

$$\text{será} = \frac{57,5}{3 \times 2,4} = \frac{57,5}{7,2} \approx 8 \text{ m (redondeando)}.$$

Comprobación de superficie:  $3 \times 8 = 24 \text{ m}^2 > 18,5 \text{ m}^2$ ; luego la caseta proyectada es satisfactoria.

### Ejemplo

Caseta portátil y apilable con cuatro patas de tubo de acero ajustables en altura. Paneles de chapa de acero galvanizado y núcleo de aislamiento térmico rígido. Revestimiento interior de paredes y techo en cartón yeso. Ventanas de vidrio transparente armado y antiincendios y puerta de seguridad.



## Requisitos higiénicos y sanitarios en las obras

| <p>En todos los países existe algún tipo de reglamentación sobre los mínimos requisitos higiénico sanitarios mínimos que deben cumplirse. Este cuadro resumen de la normativa británica puede servir de ejemplo, aunque siempre teniendo en cuenta las diferencias climáticas y de costumbres entre los diversos países.</p> |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Concepto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Requisitos                                                                                                 | Nº de personas empleado en la obra                                                                                                                                                                                               |
| PRIMEROS AUXILIOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Botiquín bien rotulado y a cargo de una persona responsable                                                | 5-50: botiquín<br>> 50: botiquín y una persona preparada en primeros auxilios                                                                                                                                                    |
| AMBULANCIAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Camilla(s) a cargo de una persona responsable                                                              | > 25: notificar a un hospital o empresa de ambulancias la ubicación exacta de la obra en un plazo de 24 h desde el inicio de los trabajos                                                                                        |
| ENFERMERÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Utilizada únicamente para reposo o tratamiento y a cargo de una persona preparada                          | > 250 personas: cada capataz con más de 40 obreros debe responsabilizarse de contar con una enfermería                                                                                                                           |
| LUGAR PARA GUARDAR LA ROPA A CUBIERTO                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Todo el personal de la obra debe tener un lugar protegido donde depositar su ropa                          | Hasta 5 personas: si es posible, debe haber un lugar donde calentarse y secar la ropa húmeda<br>> 5 personas: medios adecuados para calentarse y secar la ropa húmeda                                                            |
| COMEDOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Agua potable, medios para hervir agua y lugar para comer para todo el personal de la obra                  | > 10 personas: instalación para calentar alimentos, si no hay disponibilidad de comidas calientes en la obra                                                                                                                     |
| INSTALACIONES PARA LAVARSE                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Instalación para todas las personas que estén en la obra más de cuatro horas                               | 20-100 personas, si la obra dura más de seis meses: agua fría y caliente o templada, jabón y toalla<br>> 100 personas, si la obra dura más de 12 meses: cuatro lugares para lavarse + uno por cada 35 personas por encima de 100 |
| INSTALACIONES SANITARIAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Deben mantenerse en buen uso, iluminadas y limpias. Instalaciones independientes para el personal femenino | Hasta 100 personas: un inodoro cada 25 personas<br>> 100: un inodoro cada 35 personas                                                                                                                                            |
| <p>* En España están regulados por el RD 1627/1997 del 24 de octubre, modificado en el RD 606/2006 del 19 de mayo.</p>                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                  |

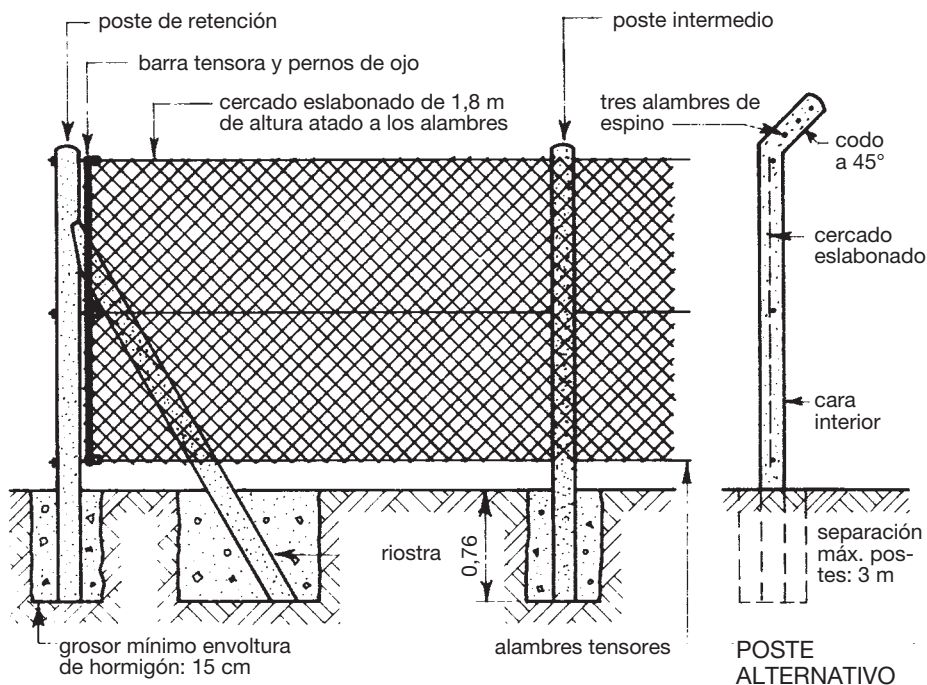
**Almacenamiento en la obra:** por lo general, los materiales almacenados en la obra requieren algún grado de protección, ya sea por razones de seguridad o para evitar su deterioro a la intemperie.

**Objetos pequeños y de valor:** deben guardarse en un almacén seguro y que pueda cerrarse. Deberían almacenarse juntos en estanterías o arcones, de modo que su entrega solo se realizara para un uso autorizado.

**Objetos grandes o materiales a granel:** como medida de seguridad, pueden almacenarse en el interior de un recinto vallado cuya forma puede proporcionar una seguridad de tipo visual en caso de tratarse de cerramientos que permitan la visión a su través. No obstante, es más fácil de saltar este tipo de cercado que los de tableros de madera, aunque este carece de la propiedad de la seguridad visual.

### Vallado tipo de un recinto de almacenamiento:

Los vallados de tableros de madera pueden construirse con los mismos métodos empleados para las vallas de obra (véanse págs. 68 y 69).



CERCADO ESLABONADO CON POSTES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

**Tipos alternativos de vallado:** vallas de tela metálica, cercados, cercas de zarzo, empalizadas de madera, vallas de postes y largueros de madera, y vallas metálicas.

**Almacenamiento de materiales:** dotación de espacio, protección y control adecuados para guardar en obra los materiales y componentes durante el proceso de construcción. La necesidad de almacenamiento y control de materiales almacenados en obra merece un análisis:

1. **Propiedades físicas:** el tamaño, la forma, el peso y el modo de entrega sirven de ayuda para determinar los métodos de manipulación y apilamiento en obra, lo que, a su vez, permitirá hacer una estimación de los costes de manipulación y almacenamiento.
2. **Organización:** es el proceso de planificación que permite asegurar que se entregarán en obra todos los materiales necesarios en el momento adecuado, en la cantidad suficiente y con la calidad deseada. Se dispondrá de los medios adecuados para su descarga y de un espacio reservado para su almacenamiento o apilamiento.
3. **Protección:** los materiales y elementos pueden clasificarse como duraderos o no duraderos; estos últimos generalmente requieren alguna forma de protección contra la intemperie para evitar su deterioro durante el período de almacenamiento.
4. **Seguridad:** muchos materiales de construcción tienen un elevado valor de reventa y/o uso para personas distintas de aquellas para las que se compraron y, a menos que la seguridad del solar sea la adecuada, las pérdidas materiales por estos motivos pueden llegar a ser inaceptables.
5. **Costes:** para conseguir un equilibrio en el presupuesto asignado para las instalaciones de almacenamiento hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:
  - a) Zonas de almacenamiento, vallado, estanterías, recipientes, etc.
  - b) Requisitos de protección.
  - c) Requisitos de manipulación, transporte y apilamiento.
  - d) Salarios y jornales del personal encargado del almacenamiento de los materiales y componentes.
  - e) Calefacción y/o iluminación, si fuera necesario.
  - f) Previsión de pérdidas debidas a mermas, roturas, deterioro, vandalismo y robo.
  - g) Facilidades para los subcontratistas.
6. **Control:** comprobar la calidad y cantidad de materiales en su recepción y durante el período de almacenamiento, anotar las entradas y salidas de los mismos y verificar las existencias en cada momento.

**Espacio de almacenamiento en obra:** la ubicación y el tamaño(s) del espacio asignado para cada material específico deben ser planificados previamente, calculando la superficie(s) requerida y teniendo en cuenta todos los factores relevantes, antes de seleccionar la posición más adecuada en la obra desde el punto de vista de la manipulación, almacenamiento y conveniencia. Si este sencillo ejercicio de planificación no se lleva a cabo, o se hace incorrectamente, el resultado puede ser el caos en la obra o la acumulación de un volumen de materiales superior al espacio disponible para almacenarlos.

**Cálculo de las necesidades de espacio de almacenamiento:** todo solar tiene su propia problemática, dado que debe reservarse una cierta porción de espacio a los efectos de acoger las unidades de acomodamiento, zonas de aparcamiento, circulación y trabajo, razón por la cual, en ocasiones, el espacio que queda libre para el almacenamiento puede ser bastante limitado. El tamaño de los materiales o componentes encargados debe ser conocido de antemano, juntamente con el sistema de almacenamiento propuesto, y ello puede presentar variaciones entre solares diferentes para actividades de construcción similares. Por consiguiente, en la asignación del espacio de almacenamiento no existen soluciones estándar y cada solar debe ser estudiado específicamente para satisfacer sus propios requisitos.

### Ejemplos tipo:

**Ladrillos:** cantidad = 15.200, entregados en palés atados con flejes de 380 ladrillos cada uno, cuyas medidas son 1.100 mm de ancho × 670 mm de largo × 850 mm de alto. La descarga y el apilamiento se realizarán con la horquilla elevadora del camión, formando 2 hileras de 2 palés de altura.

$$\text{Superficie necesaria: n° de palets por hilera} = \frac{15.200}{380 \times 2} = 20$$

$$\text{longitud de la hilera} = 10 \times 670 = 6.700 \text{ mm}$$

$$\text{anchura de la hilera} = 2 \times 1.100 = 2.200 \text{ mm}$$

Espacio frente al lugar de almacenamiento para aproximación de la horquilla elevadora: 5.000 mm.

Por consiguiente: espacio mínimo de acopio de los ladrillos = 6.700 mm de longitud × 7.200 mm de anchura.

**Madera:** almacenada en estantes de tipo industrial, contruidos con tubos normales de andamio, cubiertos y con los laterales abiertos. Longitud máxima de la madera cargada = 5.600 mm. Supongamos que cada estante deba admitir como mínimo la colocación de 4 tablonos de 300 mm de canto situados uno junto a otro. Así, el ancho mínimo del estante será = 4 × 300 = 1.200 mm.

$$\text{Superficie mínima en planta para los estantes de almacenamiento de madera} = 5.600 \times 1.200.$$

Previsión de espacio para efectuar la carga por un extremo de los estantes = longitud del estante. Por consiguiente, la superficie mínima de almacenamiento de madera será = 11.200 de largo × 1.200 de anchura.

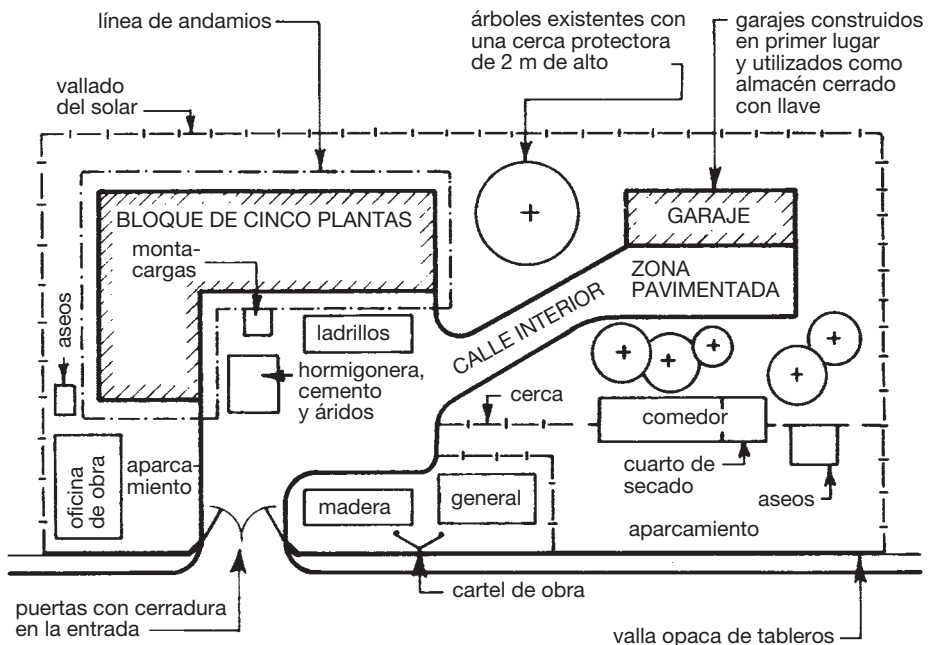
$$\text{Altura de almacenamiento} \leq 3 \times \text{anchura} = 3.600 \text{ mm} = 3,6 \text{ m.}$$

Las superficies necesarias para almacenar en obra los demás materiales pueden calcularse siguiendo los principios básicos establecidos en los ejemplos anteriores.

**Asignación de espacio para almacenamiento de materiales:** la superficie y tipo de acopio requeridos pueden determinarse tal como se muestra en las dos páginas anteriores, pero la ubicación concreta en obra dependerá de:

1. El espacio disponible una vez reservada la zona que ocupan las unidades de servicio.
2. Las facilidades de acceso a la obra para los vehículos de entrega de los materiales.
3. Relación entre las zonas de almacenamiento y las de actividad: la distancia entre ellas debe ser lo más corta posible para reducir al máximo las necesidades de transporte en cuanto a tiempo y coste se refiere. Alternativamente, las zonas de almacenamiento y de trabajo deben quedar dentro del campo de acción del equipo de transporte estático, como, por ejemplo, la grúa de torre.
4. Seguridad: debe estudiarse en el contexto de las operaciones propias de la obra, el vandalismo y el robo.
5. Práctica de almacenamiento: un almacenamiento demasiado reducido puede provocar demoras en la entrega de los materiales, pero uno excesivo puede resultar caro en cuanto a las necesidades de protección contra la intemperie, seguridad y capital empleado para adquirir los materiales almacenados en obra.

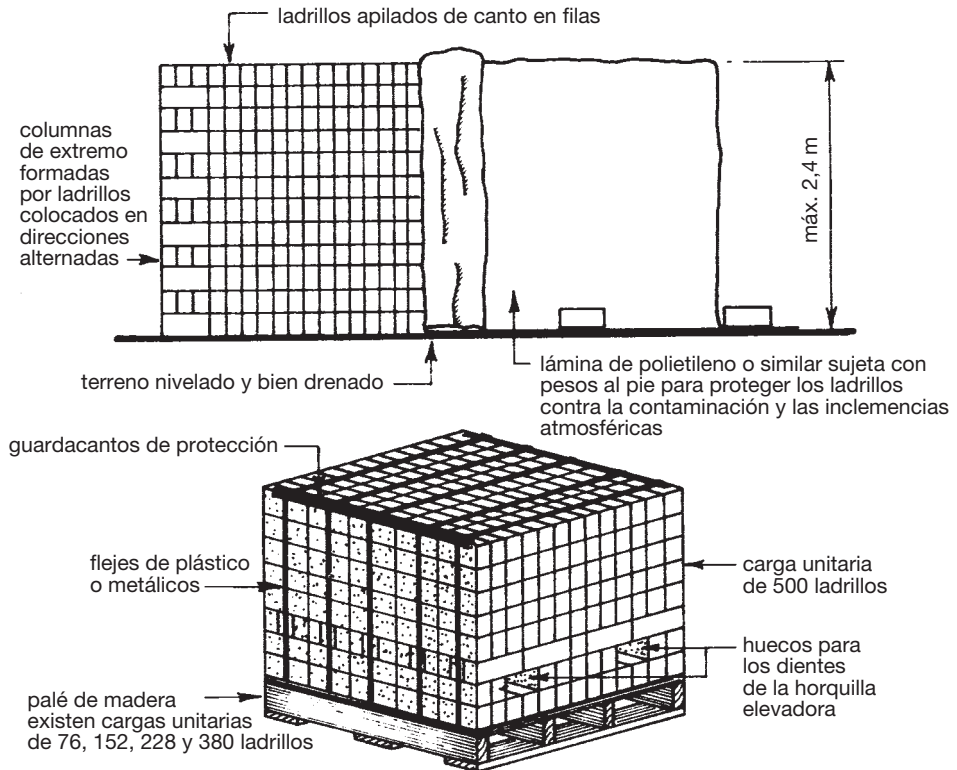
### Ejemplo tipo



NOTA: por claridad, se han omitido los servicios provisionales.

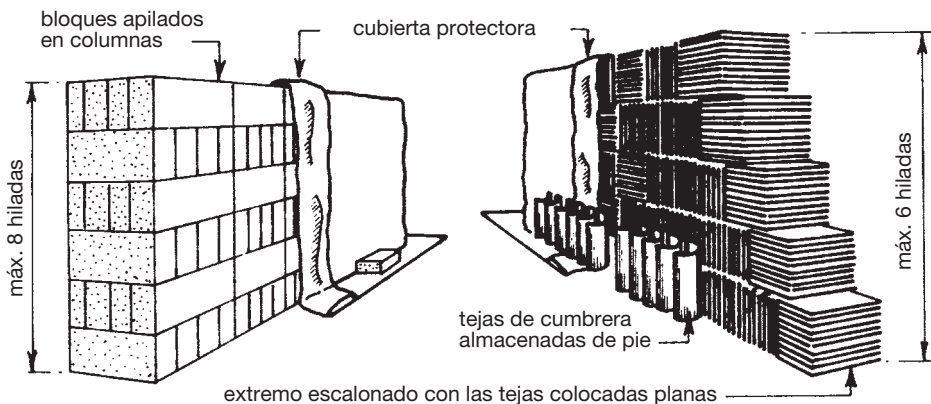
## Almacenamiento de materiales

**Ladrillos:** pueden suministrarse sueltos o en palés ligados con flejes.

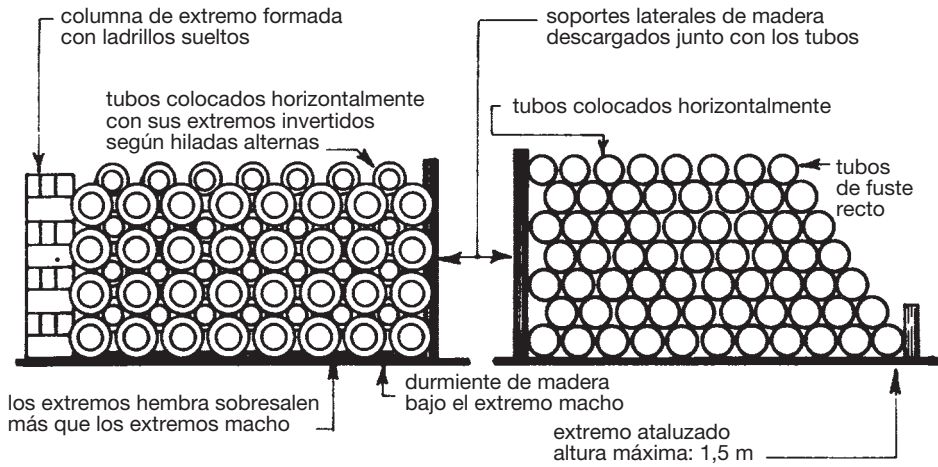


**Bloques:** pueden suministrarse sueltos o en forma de carga unitaria sobre palets de madera.

**Tejas:** pueden suministrarse sueltas, en paquetes envueltos en plástico o en forma de carga unitaria sobre palés de madera.



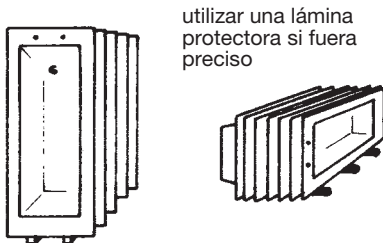
**Tubos de drenaje:** se suministran sueltos o sujetos con flejes sobre palés de madera.



Los sumideros deben almacenarse boca abajo y apoyados de manera que queden horizontales.

**Bañeras:** encajadas en horizontal o verticalmente y apoyadas sobre durmientes de madera.

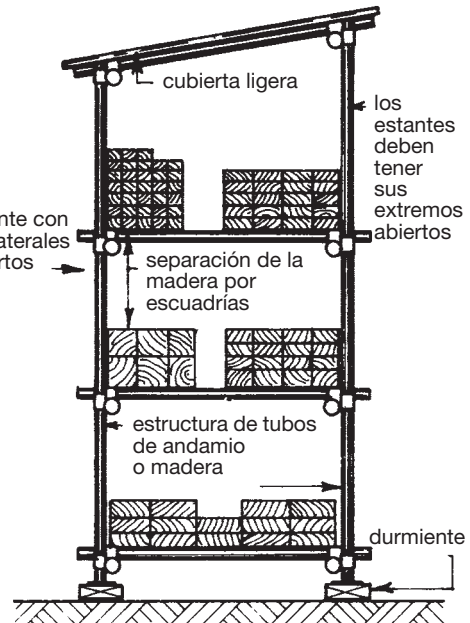
**Piezas de madera y ebanistería:** almacenamiento horizontal y a cubierto, pero de modo que circule el aire.



**Lavabos:** almacenamiento similar al de las bañeras, pero no más de cuatro hiladas si están apilados.

**Planchas onduladas y similares:** se almacenan planas, sobre una superficie horizontal y cubiertas con una lámina de polietileno o material similar.

**Cemento, arena y áridos:** para suministro y almacenamiento, véanse detalles en págs. 259 y 262.

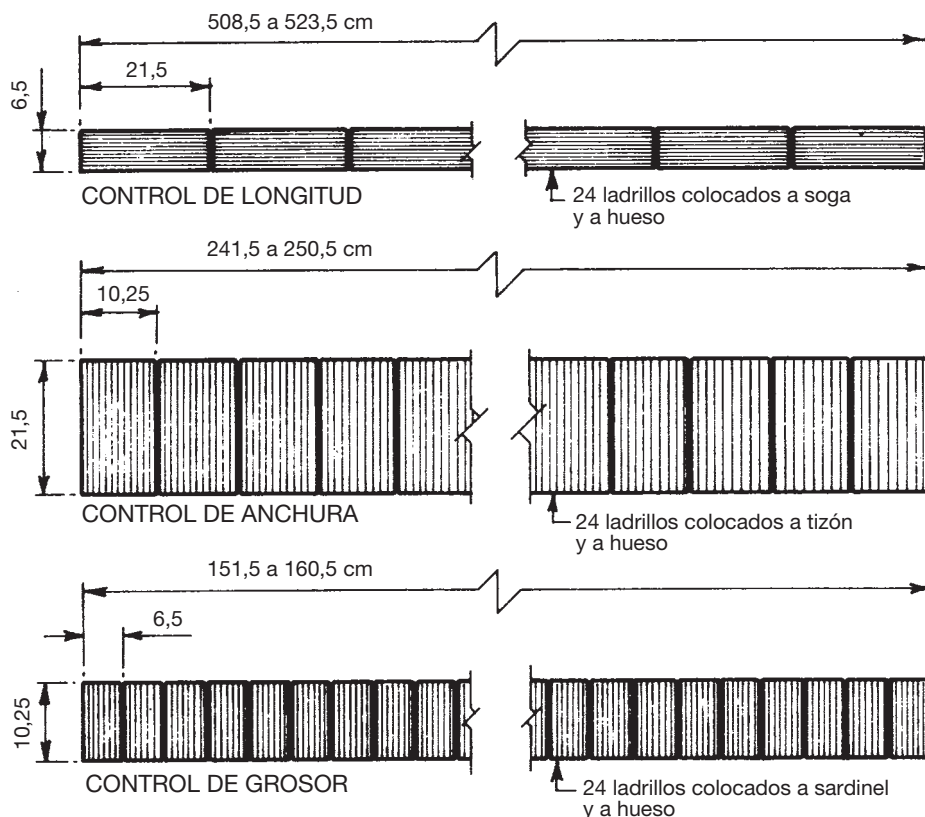




**Controles en obra:** la mayor parte de los materiales y componentes que llegan a la obra suelen cumplir los requisitos mínimos establecidos en la normativa de cada país, de modo que los únicos controles que deben hacerse son contrastar la cantidad recibida con el albarán de entrega asegurándose que sea la calidad pedida, y una inspección visual para rechazar los materiales rotos o deteriorados, que se anotarán en el albarán de entrega y el registro de obra.

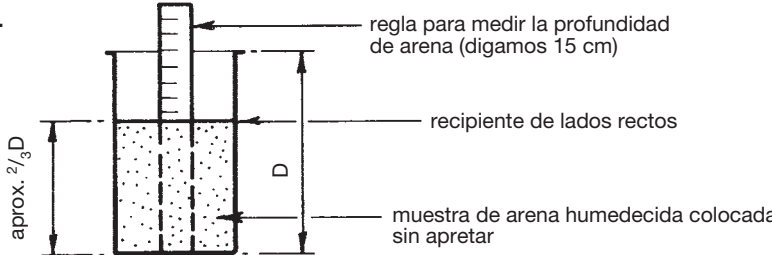
Sin embargo, para algunos materiales pueden realizarse ciertos ensayos in situ para establecer datos específicos, como el contenido de humedad de la madera, medible con un higrómetro.

Las normas de cada país suelen fijar también otros controles sencillos que pueden realizarse en la misma obra, como, por ejemplo, la prueba de tolerancia dimensional que establece la norma británica para los ladrillos cerámicos. Este control se lleva a cabo midiendo una muestra de 24 ladrillos escogidos al azar de entre los descargados del camión. Los ensayos son los siguientes:



**Controles en obra:** aparte de ensayos como el que se explica en la pág. 59, pueden realizarse en obra otros controles sobre los materiales que no van a trabajar por separado, sino combinados para formar otro material, como es el caso del hormigón. Esto tiene particular interés para establecer ciertas propiedades cuyo desconocimiento pudiera afectar a la consistencia y/o calidad del material final.

**Ejemplo tipo, ensayo de entumecimiento de la arena:** dato necesario cuando se dosifica el hormigón en volumen; se realiza antes del amasado y en caso de que haya un cambio de tiempo atmosférico.

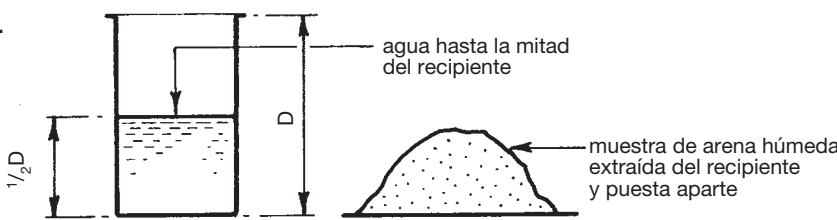
1. 

regla para medir la profundidad de arena (digamos 15 cm)

recipiente de lados rectos

muestra de arena humedecida colocada sin apretar

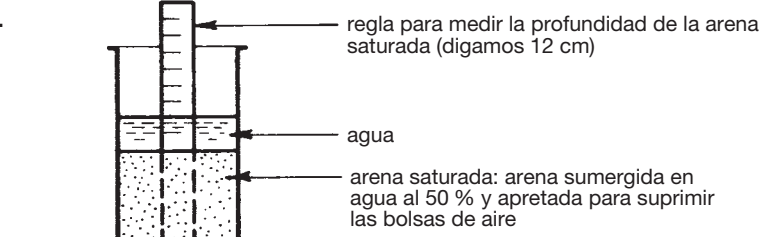
aprox.  $\frac{2}{3}D$

$D$
2. 

agua hasta la mitad del recipiente

$\frac{1}{2}D$

$D$

muestra de arena húmeda extraída del recipiente y puesta aparte
3. 

regla para medir la profundidad de la arena saturada (digamos 12 cm)

agua

arena saturada: arena sumergida en agua al 50 % y apretada para suprimir las bolsas de aire

#### 4. Cálculo:

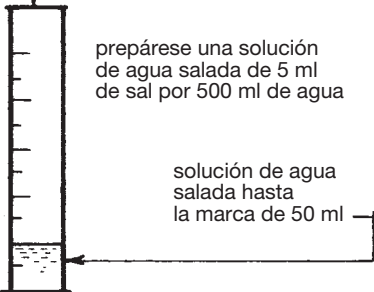
$$\text{entumecimiento} = \frac{\text{diferencia de altura entre la arena húmeda y saturada}}{\text{profundidad de la arena saturada}}$$

$$\% \text{ entumecimiento} = \frac{150 - 124}{124} \times 100 = 20,97 \%$$

por tanto, debe incrementarse el volumen de arena en el 21 % sobre el especificado

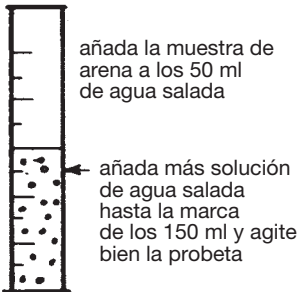
NOTA: un peso determinado de arena saturada ocupa el mismo espacio que cuando está seca, pero menos que cuando está húmeda.

**Ensayo de limpieza de la arena:** su objetivo es averiguar la pureza de la arena mediante el cálculo del porcentaje de limos existente, pues un exceso de los mismos podría debilitar el hormigón resultante.

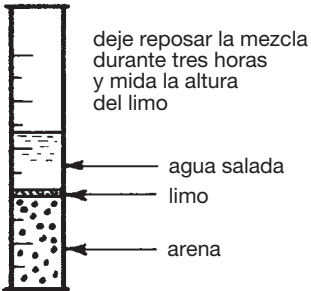
1. 

probeta graduada en mililitros

prepárese una solución de agua salada de 5 ml de sal por 500 ml de agua

solución de agua salada hasta la marca de 50 ml
2. 

añada la muestra de arena a los 50 ml de agua salada

añada más solución de agua salada hasta la marca de los 150 ml y agite bien la probeta
3. 

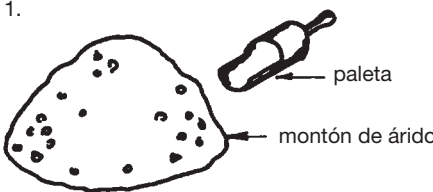
deje reposar la mezcla durante tres horas y mida la altura del limo

agua salada

limo

arena
4. La altura de la capa de limo no debe superar los 6 ml o el 6 % de la altura de la muestra de arena

**Obtención de muestras para el laboratorio de ensayos:** pueden precisarse esos ensayos para comprobar la granulometría mediante un análisis granulométrico, comprobar la calidad o la presencia de impurezas, pero en cualquier caso la muestra debe ser realmente representativa del conjunto.

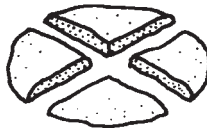
1. 

montón de árido

paleta

muestras extraídas por medio de una paleta en diez lugares distintos del montón, como mínimo

muestra requerida:  
arena: 50 kg  
grava: 200 kg

2. 

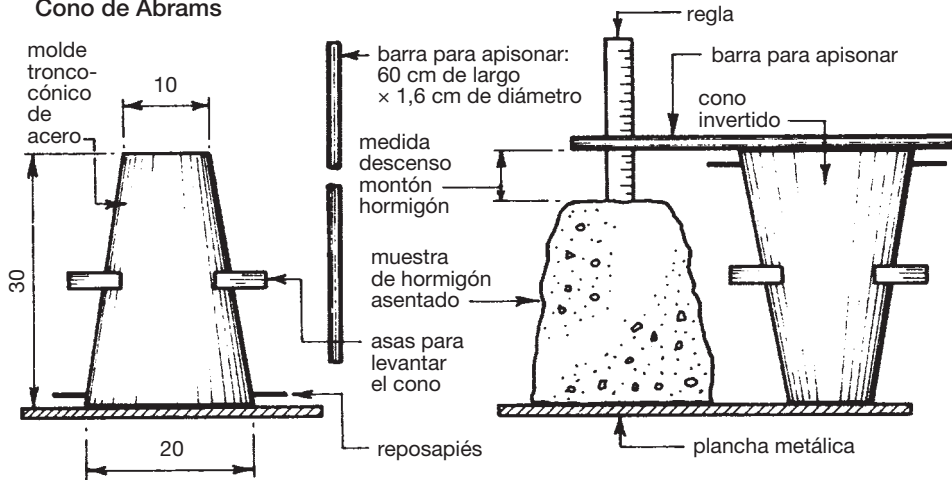
la muestra bien mezclada se divide en cuatro partes iguales; se descartan las partes opuestas; el resto de la muestra se vuelve a mezclar y se divide en cuartos; se repite el proceso hasta que se obtiene el tamaño requerido de la muestra.

muestras requeridas:

|       |              |       |
|-------|--------------|-------|
| arena | hasta 6 mm:  | 3 kg  |
|       | hasta 10 mm: | 6 kg  |
| grava | hasta 20 mm: | 25 kg |
|       | hasta 32 mm: | 50 kg |

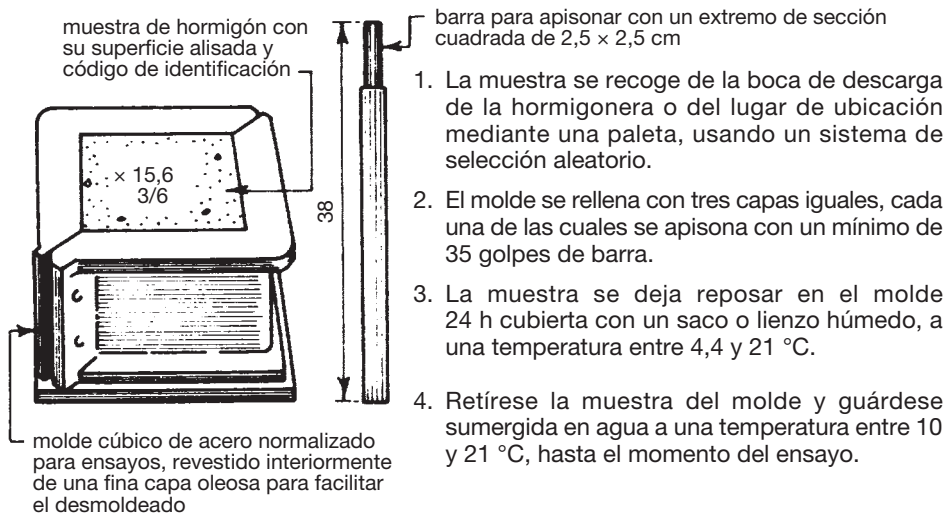
El hormigón requiere un seguimiento por medio de ensayos para asegurar que las amasadas tengan la misma consistencia. El ensayo de consistencia puede realizarse con facilidad en obra, por medio del cono de Abrams. En el laboratorio pueden realizarse ensayos de ruptura de probetas cúbicas encaminadas a comprobar si el hormigón curado ha obtenido la resistencia necesaria.

### Cono de Abrams



El molde troncocónico abierto por sus extremos se rellena de hormigón hasta una cuarta parte de su altura y se batea 25 veces. El llenado y el apisonado se repite tres veces más hasta que el molde esté lleno, alisándose la parte superior y desechando el hormigón que sobresalga del borde. Se retira el molde y se mide el descenso del montón de hormigón. Para masas consistentes, el descenso debe ser el mismo para todas las muestras ensayadas. Las especificaciones usuales establecen un descenso de 5-7,5 cm (aunque dependerá del tipo y uso del hormigón de que se trate: hormigón en masa, armado vibrado, sin vibrar, etc.).

**Probetas:** son necesarias para los ensayos de resistencia en laboratorio:

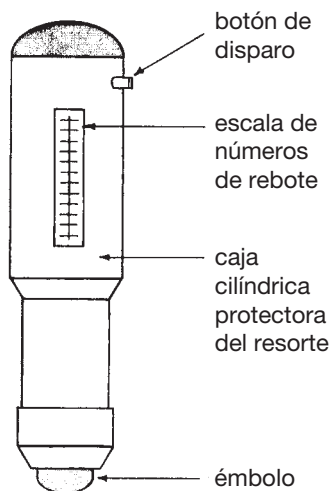


**Ensayos no destructivos del hormigón:** también conocidos como ensayos en obra o in situ.

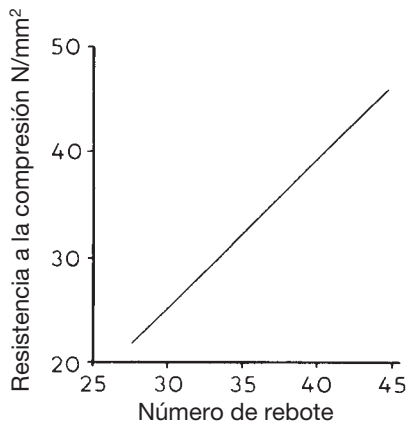
Los controles pueden realizarse varias veces al día y en diferentes grados de exposición a la intemperie. Proporcionan información sobre: resistencia en obra, coqueas, fisuras, grietas y deterioro.

**Martillo de Schmidt:** atribuido a Ernst Schmidt, inventor en 1948 del martillo o esclerómetro que lleva su nombre. Mide la dureza superficial del hormigón en función del rebote de un martillo ligero al impactar contra su superficie. La variación de las densidades superficiales afecta al impacto y a la propagación de las ondas de tensión. Ambos pueden registrarse según una escala numérica llamada número de rebote. Su aplicación debe limitarse a superficies lisas de hormigón. Si el hormigón presenta variaciones locales en su masa, como, por ejemplo, un grano grande de árido justo debajo de la superficie de impacto, el ensayo dará resultados erróneos. Por ello debe obtenerse el rebote medio de varias percusiones; en el gráfico, los números de rebote se corresponden con la resistencia del hormigón a la compresión.

Ensayo UNE 83307:1986



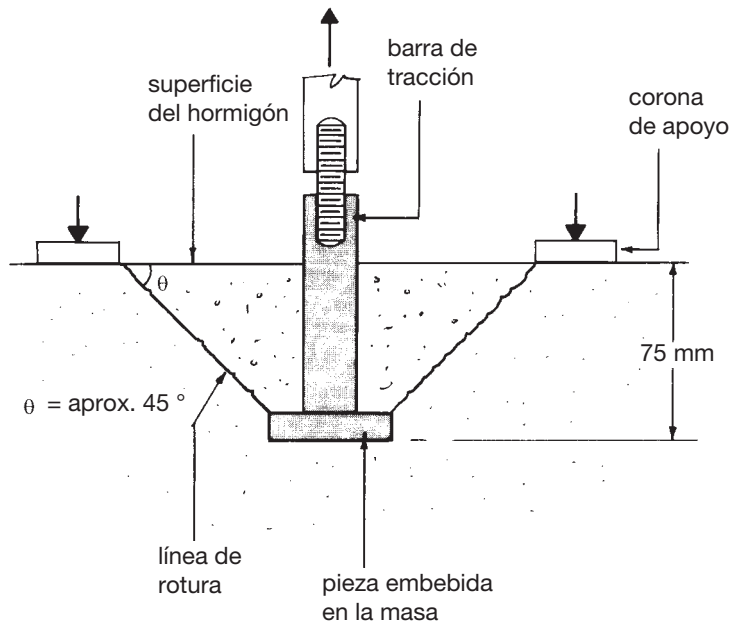
MARTILLO DE SCHMIDT



ESCALA DE CONVERSIÓN  
(ejemplo)

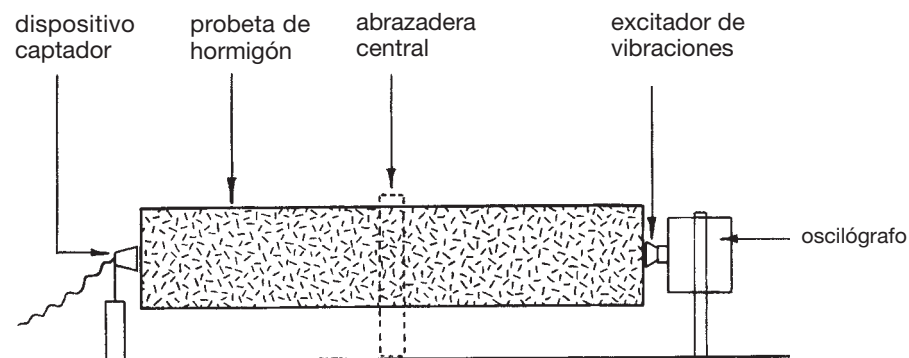
**Ensayo de penetración (esclerómetro de Windsor):** existen varias interpretaciones de este ensayo. Mide la penetración en el hormigón de un clavo, de una aleación de acero extremadamente dura, disparado por una cantidad predeterminada de energía. En principio, la profundidad de penetración es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión del hormigón. Para obtener un valor fiable es necesario realizar varios registros, algunos de los cuales pueden descartarse, en especial cuando el cabezal medidor no puede penetrar en algunos áridos densos. La ventaja del esclerómetro de Windsor respecto al de Schmidt es que proporciona datos a una mayor profundidad (hasta 5 cm).

**Ensayo de tracción:** su ejecución produce ciertos daños en la superficie del hormigón, aunque de fácil reparación. Durante la puesta en obra del hormigón, se introducen en su masa varias barras de acero de sección circular con sus extremos ensanchados. Este ensayo requiere una cuidadosa planificación y ubicación de las barras en los huecos habilitados en el encofrado. En el momento adecuado, se tira de la barra mediante un gato tensor. Aunque el hormigón rompe por la tracción y el esfuerzo cortante, la fuerza de tracción puede correlacionarse con la resistencia del hormigón a la compresión.



**Ensayos de vibraciones:** existen varios ensayos electrónicos que incluyen la medida de la velocidad de impulsos ultrasónicos a través de la masa del hormigón. En estos ensayos se aplica el principio de medir un impulso a unas frecuencias predeterminadas a través de una distancia dada. El equipo más corriente incluye unos transductores en contacto con el hormigón, un generador de impulsos, un amplificador, un marcador de tiempos, un excitador de vibraciones piezoeléctrico y un captador del mismo tipo. Existen varias fórmulas que transforman los datos en resistencia a la compresión. Estos ensayos se desarrollan en la norma UNE 83308:1986. "Ensayos de hormigón. Determinación de la velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos."

Hay una variante del ensayo anterior, basada en la relación existente entre la frecuencia de resonancia de una pieza y las constantes elásticas del material, que permite determinar la calidad del hormigón por medio de la resonancia. El ensayo mide las vibraciones producidas en el extremo de una probeta de hormigón mediante un receptor o dispositivo captador situado en el otro. El excitador de vibraciones es activado por un oscilógrafo de frecuencia variable, que genera, consecuentemente, unas vibraciones con distintas frecuencias de resonancia, dependiendo de la calidad del hormigón. Como antes, el cálculo de la resistencia del hormigón a la compresión se realiza a partir de los datos obtenidos en el ensayo, mediante una fórmula matemática.



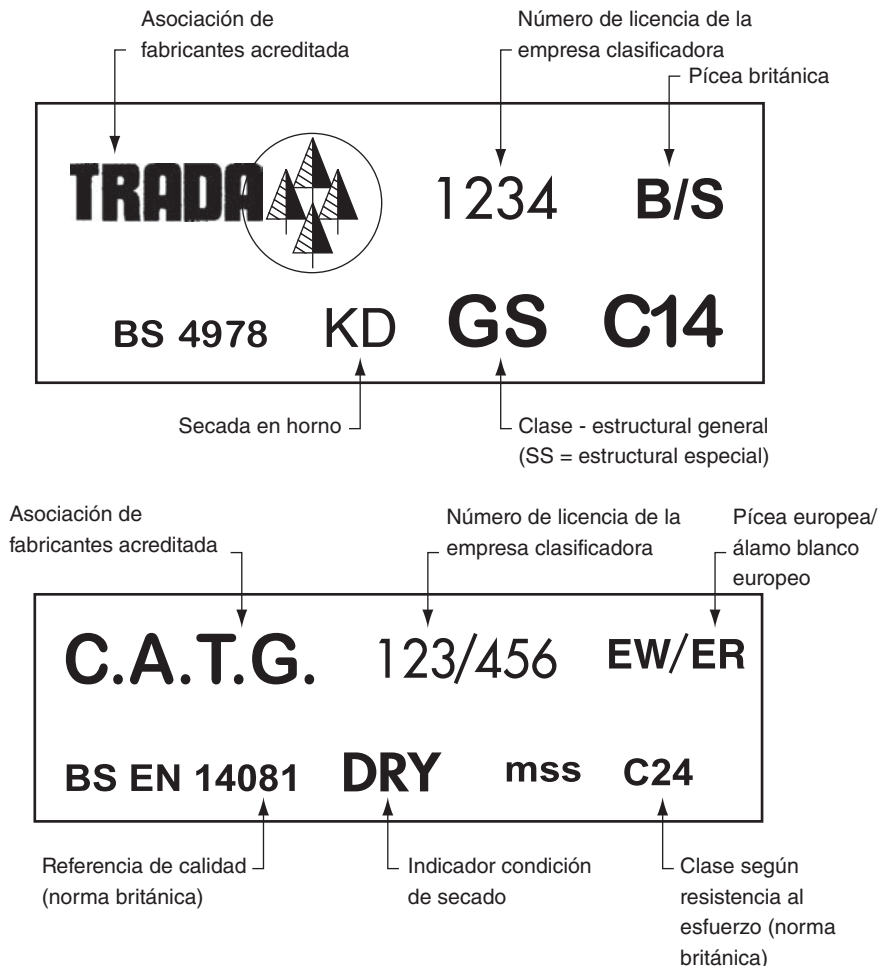
PRUEBA DE LA FRECUENCIA DE RESONANCIA

Otros ensayos relevantes:

- Determinación de la densidad del hormigón endurecido.
- Determinación de la absorción de agua.
- Análisis del hormigón endurecido.

La calidad de las maderas blandas para uso estructural depende en gran medida de las condiciones ambientales en las que el árbol se desarrolló y de su especie. Si bien es cierto que la madera puede clasificarse visualmente en el aserradero según su resistencia al esfuerzo, no es fácil que se pueda hacer una estimación de este tipo a pie de obra; como mucho, podrá procederse a una inspección general de los defectos de manipulación más obvios y de los daños sufridos durante el transporte. La inspección en obra deberá determinar si las marcas estampadas en el sello de clasificación se adaptan a las especificaciones establecidas para el uso de la madera.

**Formato de los sellos de clasificación de la madera blanda para usos estructurales en Reino Unido**





## Control de calidad de los materiales. Clasificación de maderas blandas

**Clasificación:** puede hacerse visualmente o por ordenador. Se comprueba que los posibles defectos de los tablones individuales sean admisibles para la clasificación asignada.

Clasificación norma europea: BS EN 14081 (4 partes).

Las dos clases principales, aparte de las piezas rechazadas, son GS (estructural general) y SS (estructural especial) precedidas por una M si han sido clasificadas mediante máquina.

Para especificaciones adicionales, véase BS EN 338: Madera estructural.

Clases de resistencia al esfuerzo: esta norma proporciona clasificaciones de resistencia de la madera blanda (de C14 a C40) y otra clasificación para maderas duras.

Guía orientativa para calidades de madera blanda con clases de resistencia para maderas:

| Fuente/especies                | Clase de resistencia (según BS EN 338) |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                | C14                                    | C16 | C18 | C22 | C24 | C27 | C30 |
| Reino Unido:                   |                                        |     |     |     |     |     |     |
| Pino británico                 | GS                                     |     |     | SS  |     |     |     |
| Picea británica                | GS                                     |     | SS  |     |     |     |     |
| Pino Oregón                    | GS                                     |     | SS  |     |     |     |     |
| Alerce                         | GS                                     |     |     |     | SS  |     |     |
| Irlanda:                       |                                        |     |     |     |     |     |     |
| Picea de Sitka y picea noruega | GS                                     |     | SS  |     |     |     |     |
| Europa:                        |                                        |     |     |     |     |     |     |
| Picea o álamo blanco           |                                        | GS  |     |     | SS  |     |     |
| Estados Unidos:                |                                        |     |     |     |     |     |     |
| Álamo blanco norteamericano    | GS                                     |     | SS  |     |     |     |     |
| Pino austral                   |                                        | GS  |     |     | SS  |     |     |
| Estados Unidos/Canadá:         |                                        |     |     |     |     |     |     |
| Picea/pino/abeto o pinabete    |                                        | GS  |     |     | SS  |     |     |
| Pino Oregón y alerce           |                                        | GS  |     |     | SS  |     |     |
| Canadá:                        |                                        |     |     |     |     |     |     |
| Cedro colorado occidental      | GS                                     |     | SS  |     |     |     |     |
| Picea de Sitka                 | GS                                     |     | SS  |     |     |     |     |

Norma BS EN 338: Clasificación de maderas blandas estructurales y propiedades resistentes tipo

| Clase de resistencia BS EN 338 | Flexión paralela a la fibra (N/mm <sup>2</sup> ) | Tracción paralela a la fibra (N/mm <sup>2</sup> ) | Compresión paralela a la fibra (N/mm <sup>2</sup> ) | Compresión perpendicular a la fibra (N/mm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo cortante paralelo a la fibra (N/mm <sup>2</sup> ) | Módulo medio (N/mm <sup>2</sup> ) | Elasticidad mínima (N/mm <sup>2</sup> ) | Densidad característica (kg/m <sup>3</sup> ) | Densidad media (kg/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|
| C14                            | 4,1                                              | 2,5                                               | 5,2                                                 | 2,1                                                      | 0,6                                                        | 6.800                             | 4.600                                   | 290                                          | 350                                 |
| C16                            | 5,3                                              | 3,2                                               | 6,8                                                 | 2,2                                                      | 0,67                                                       | 8.800                             | 5.800                                   | 310                                          | 370                                 |
| C18                            | 5,8                                              | 3,5                                               | 7,1                                                 | 2,2                                                      | 0,67                                                       | 9.100                             | 6.000                                   | 320                                          | 380                                 |
| C22                            | 6,8                                              | 4,1                                               | 7,5                                                 | 2,3                                                      | 0,71                                                       | 9.700                             | 6.500                                   | 340                                          | 410                                 |
| C24                            | 7,5                                              | 4,5                                               | 7,9                                                 | 2,4                                                      | 0,71                                                       | 10.800                            | 7.200                                   | 350                                          | 420                                 |
| TR26                           | 10                                               | 6                                                 | 8,2                                                 | 2,5                                                      | 1,1                                                        | 11.000                            | 7.400                                   | 370                                          | 450                                 |
| C27                            | 10                                               | 6                                                 | 8,2                                                 | 2,5                                                      | 1,1                                                        | 12.300                            | 8.200                                   | 370                                          | 450                                 |
| C30                            | 11                                               | 6,6                                               | 8,6                                                 | 2,7                                                      | 1,2                                                        | 12.300                            | 8.200                                   | 380                                          | 460                                 |
| C35                            | 12                                               | 7,2                                               | 8,7                                                 | 2,9                                                      | 1,3                                                        | 13.400                            | 9.000                                   | 400                                          | 480                                 |
| C40                            | 13                                               | 7,8                                               | 8,7                                                 | 3                                                        | 1,4                                                        | 14.500                            | 10.000                                  | 420                                          | 500                                 |

NOTAS:

- 1. La clase de resistencia TR26 es específica para la fabricación de cabios atirantados.
- 2. Los valores de densidades características se utilizan específicamente para el proyecto de nudos. Para el cálculo del peso propio se utiliza la densidad media.
- 3. En las págs. 632 y 633 se desarrolla un ejemplo de proyecto de viga/vigueta usando datos para una clase de resistencia C24 (es decir, secuoya clasificada SS europea).

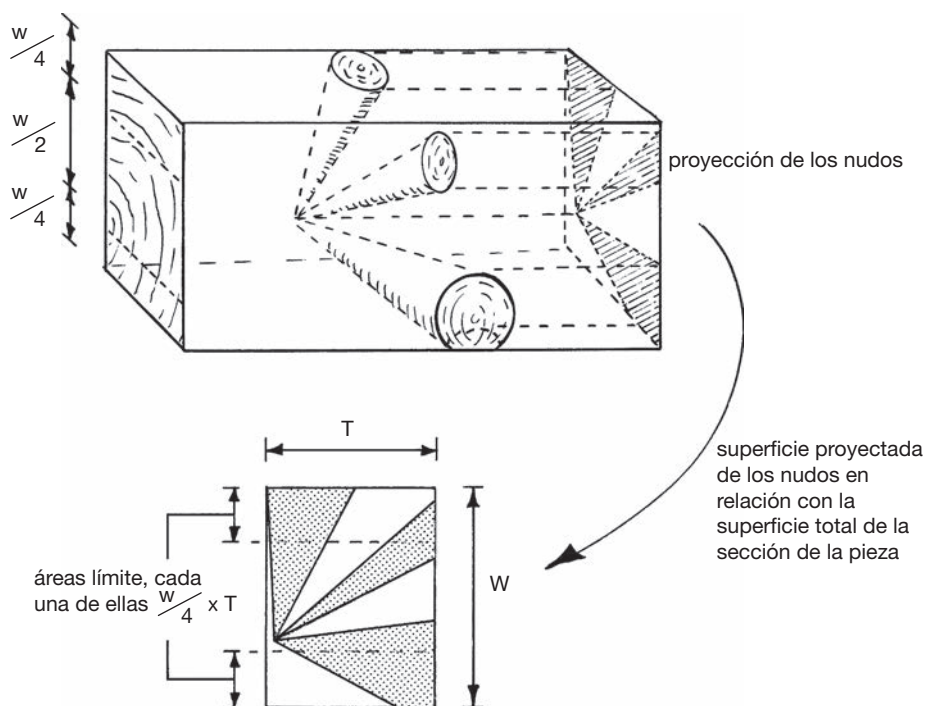
Clasificación visual de la resistencia al esfuerzo: "Proceso por el cual, mediante una inspección visual, se asigna a una madera un grupo de acuerdo con sus valores característicos de resistencia al esfuerzo, dureza y densidad" (definición de la norma BS EN 14081-1).

### Características

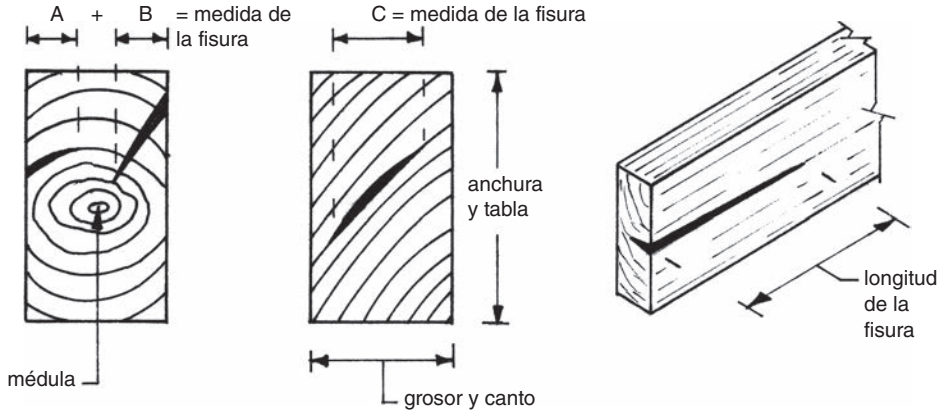
**Nudos:** El crecimiento de las ramas desde o a través de la sección principal de una pieza de madera debilita su resistencia estructural. Se mide comparando la suma de la superficie de las proyecciones de los nudos con la superficie de la sección de la pieza. Este cociente recibe el nombre de relación de área de los nudos (RAN). Los nudos cercanos al borde de la sección tienen mayor incidencia estructural, por lo que esta zona se representa como una condición límite en los cuartos superior e inferior de una sección. Se considera que se produce una condición límite cuando más de la mitad del cuarto superior o inferior de la sección está ocupada por nudos.

RANL: relación de área de los nudos límite

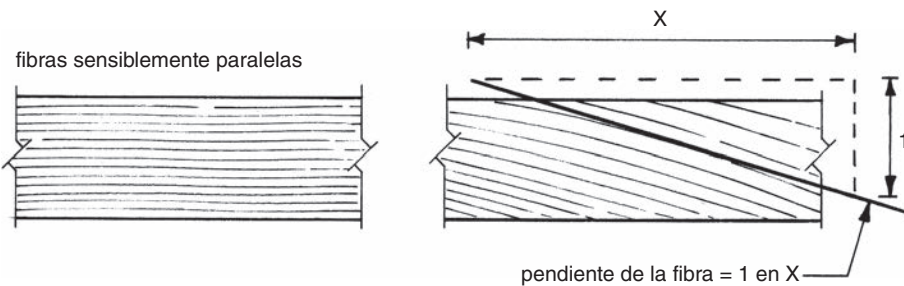
RANT: relación de área de los nudos total



**Fisuras y bolsas de resina, defectos de crecimiento:** generalmente las fisuras están provocadas por la separación de los anillos anuales de crecimiento. En la madera para estructuras es necesario establecer unos límites de fisuras y bolsas de resina, pues reducen la resistencia al esfuerzo cortante y a la flexión paralela a la fibra.



**Inclinación de la fibra:** indica alguna irregularidad en el crecimiento o un corte del tronco no paralelo a las fibras. Si la inclinación es excesiva puede producirse un debilitamiento a esfuerzo cortante. La inclinación se mide trazando una línea a lo largo de la fibra de la superficie de la madera, que se compara con los lados paralelos de la sección.

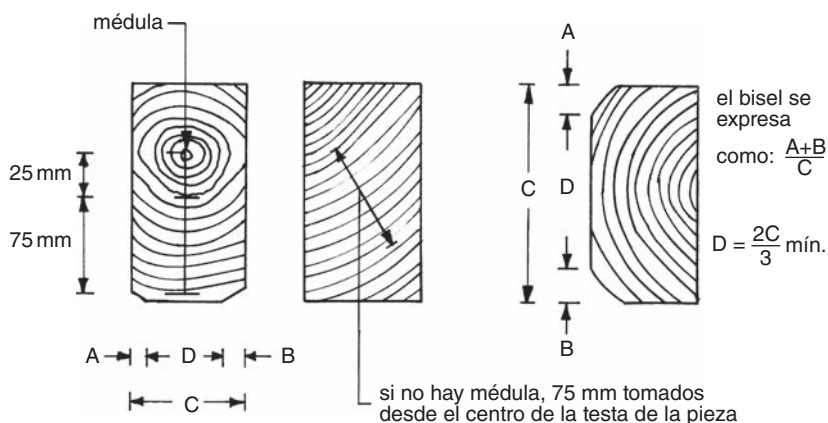


**Carcoma:** no puede admitirse una madera con una carcoma activa. Los canales de perforación de coleópteros y gusanos de la madera solo son admisibles si son insignificantes y superficiales. No son admisibles los canales producidos por los sirécidos (p. ej., avispa de la madera).

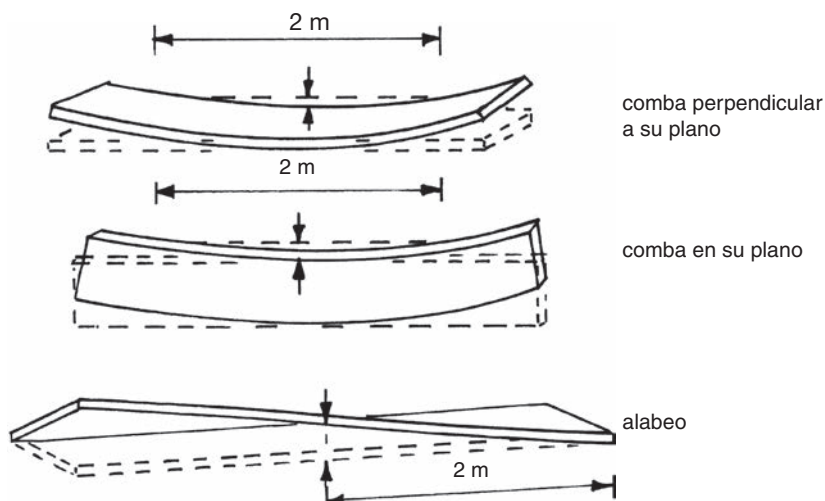
**Manchas de savia:** tolerables.

**Arista truncada o biselada:** esta merma se produce al cortar la madera cerca de la superficie exterior del tronco, produciendo como resultado unas esquinas incompletas. Se mide paralelamente al canto o a la tabla de la sección, y se expresa como una fracción de la dimensión de la superficie.

**Estimación del crecimiento:** se mide la separación media entre los anillos anuales de crecimiento tomando como base una línea radial de 75 mm de longitud. La medición debe tomarse como mínimo a 25 mm de la médula y, si es imposible conseguir un tramo radial de 75 mm, se tomará la línea más larga posible.



**Distorsión:** medición practicada a lo largo y ancho de una tabla para determinar la comba perpendicular a su plano, la comba en su plano y el alabeo.



| Características y tolerancias de las maderas clasificadas GS y SS |                                                                                                                                   |                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Criterios                                                         | GS                                                                                                                                | SS                                                                                                                           |
| RAN:                                                              | $RANL \leq 1/2$                                                                                                                   | $RANL \leq 1/2$                                                                                                              |
| Sin condiciones al margen                                         | $RANT \leq 1/2$                                                                                                                   | $RANT \leq 1/3$                                                                                                              |
|                                                                   | o:                                                                                                                                |                                                                                                                              |
| RAN:                                                              | $RANL > 1/2$                                                                                                                      | $RANL > 1/2$                                                                                                                 |
| Condición al margen                                               | $RANT \leq 1/3$                                                                                                                   | $RANT \leq 1/5$                                                                                                              |
| Fisuras y bolsas de resina:                                       | Defectos $\leq 1/2$ grosor de la pieza                                                                                            | Defectos $\leq 1/2$ grosor de la pieza                                                                                       |
| Pasante                                                           | El menor de $< 1$ m o $1/2$ longitud de la pieza                                                                                  | El menor de $< 1$ m o $1/4$ longitud de la pieza                                                                             |
| No pasante                                                        | El menor de $< 1,5$ m o $1/2$ longitud de la pieza<br>Si es en los extremos, máx. longitud de la fisura: $2 \times$ anchura pieza | El menor de $< 0,5$ m o $1/4$ longitud de la pieza<br>Si es en los extremos, longitud de la fisura $<$ anchura sección pieza |
| Inclinación de la fibra:                                          | Máx. 1 en 6                                                                                                                       | Máx. 1 en 10                                                                                                                 |
| Bisel:                                                            | Máximo $1/3$ del grosor y anchura de la sección.<br>Longitud ilimitada                                                            |                                                                                                                              |
| Bolsas de resina                                                  |                                                                                                                                   |                                                                                                                              |
| No pasante                                                        | Ilimitada si es más corta que la anchura de la sección; en otros casos, igual que para las fisuras                                |                                                                                                                              |
| Pasante                                                           |                                                                                                                                   |                                                                                                                              |
| Tasa de crecimiento de los anillos anuales                        | Anchura media o crecimiento $< 1$ cm                                                                                              | Anchura media o crecimiento $< 0,6$ cm                                                                                       |
| Distorsión:                                                       |                                                                                                                                   |                                                                                                                              |
| - Comba perpendicular a su plano                                  | $< 2$ cm para más de 2 m                                                                                                          | $< 1$ cm para más de 2 m                                                                                                     |
| - Comba en su plano                                               | $< 12$ mm para más de 2 m                                                                                                         | $< 8$ mm para más de 2 m                                                                                                     |
| - Alabeo                                                          | $< 2$ mm para por cada 25 mm de anchura por encima de 2 m                                                                         | $< 1$ mm para por cada 25 mm de anchura por encima de 2 m                                                                    |

Existe toda una terminología para designar la sección transversal de la madera estructural, según y como se haya aserrado el rollizo en bruto para convertirlo en una pieza de madera de dimensiones comerciales; p. ej., de  $10 \times 5$  cm y  $22,5 \times 7,5$  cm.

Los rollizos se convierten en piezas de dimensiones inglesas o métricas dependiendo del lugar del mundo de donde procedan. A partir de ahí, los rollizos se aserran y cepillan para obtener piezas de dimensiones normalizadas compatibles adecuadas; es decir, 22,5 cm no es lo mismo que 9". La madera aserrada puede tener varias denominaciones según el trabajo a que haya sido sometida, como aserrada verde, aserrada seca y cepillada seca. Por ejemplo, una pieza aserrada de  $10 \times 5$  cm verde pasa a ser de  $9,7 \times 4,7$  cm al ser cepillada.

Las tolerancias admisibles de acuerdo con la norma BS EN 336 son las siguientes:

T1: Grosor y anchura  $\leq 10$  cm, de -1 a +3 mm  
Grosor y anchura  $> 10$  cm, de -2 a +4 mm

T2: Grosor y anchura  $\leq 10$  cm, de -1 a +1 mm  
Grosor y anchura  $> 10$  cm, de -1,5 a +1,5 mm

T1 se aplica a madera aserrada, p. ej.,  $10 \times 7,5$  cm  
T2 se aplica a madera cepillada, p. ej.,  $9,7 \times 7,2$  cm

Otro ejemplo: una escuadría que deba tener 19,5 cm cepillada  $\times$  5 cm aserrada se especifica como 19,5 (T2)  $\times$  5 (T1).

Medidas normalizadas para madera blanda aserrada (T1):  
5, 6,3, 7,5, 10, 12,5, 15, 17,5, 20, 22,5, 25 y 30 cm.

Medidas normalizadas para madera blanda cepillada/labrada a máquina (T2):  
4,7, 6, 7,2, 9,7, 12, 14,5, 17, 19,5, 22, 24,5 y 29,5 cm.

Ref. BS EN 336: Madera estructural. Medidas, desviaciones permitidas.

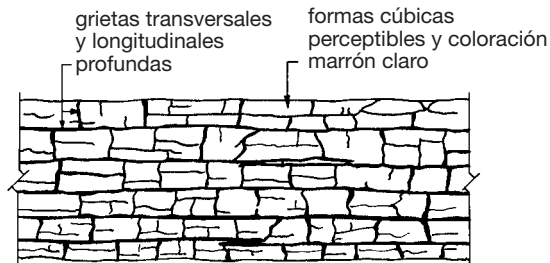
En presencia de humedad y de diferentes tipos de hongos saprofitos, tiene lugar la putrefacción o pudrición que destruye las fibras leñosas. Los principales agentes de la pudrición son:

- De la pudrición seca: *Serpula lacrymans* o *Merulius lacrymans*
- De la pudrición húmeda: *Coniophora cerabella*

**Pudrición seca:** la más difícil de controlar, pues su sistema de raíces puede penetrar en la masa húmeda y porosa del mortero, la obra de fábrica y el hormigón. También puede estar en estado latente hasta que las condiciones de humedad fomenten su desarrollo, aun cuando las condiciones originales de humedad hayan desaparecido.

**Aspecto:** filamentos fúngicos blancos que atraen la humedad del aire o de los materiales adyacentes. Los filamentos desarrollan unas hebras que contienen las esporas que se esparcen por el aire y germinan en la madera cuyo contenido de humedad supere el 25 % aproximadamente. La pudrición seca también puede identificarse por la coloración gris o roja y el perfil plano de los órganos que producen las esporas.

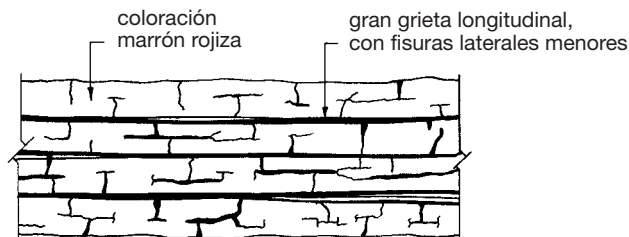
#### Aspecto típico de una superficie atacada por la pudrición seca



**Pudrición húmeda:** tiene un desarrollo limitado y solo se mantiene en presencia de humedad constante; p. ej., una tubería que gotea permanentemente, o un fallo en la impermeabilización. Su modo de crecimiento es similar a la pudrición seca, pero las esporas no germinan en madera seca.

**Aspecto:** filamentos fúngicos de color negro o marrón oscuro. La coloración verde oliva o marrón oscuro de los órganos que producen las esporas es a menudo el primer síntoma de pudrición.

#### Aspecto típico de una superficie atacada por la pudrición húmeda





## Pudrición de la madera. Causas, tratamiento y prevención

### Causas:

- Defectos de construcción: tejas rotas, defectos o falta de lámina impermeabilizante.
- Colocación de madera húmeda durante la construcción; p. ej., sellado del armazón detrás de revestimientos de cartón yeso o viguetas húmedas bajo el tablero de forjado.
- Falta de ventilación; p. ej., obstrucción de los huecos de ventilación de forjados sanitarios de madera, condensación en desvanes o sótanos no ventilados.
- Defectos en las conducciones de agua; p. ej., fugas no descubiertas en tuberías interiores, atascos o roturas en sumideros, bajantes o canalones de aguas pluviales.

### Tratamiento general:

- Eliminar la fuente de humedad.
- Dejar secar bien el área afectada.
- Retirar y quemar toda la madera afectada y sanear la madera en un radio mínimo de 50 cm del punto del ataque fúngico.
- Eliminar cualquier revoque contaminado y rascar las juntas de mortero de la albañilería adyacente.

NOTA: por lo general este tratamiento resulta suficiente en casos de pudrición húmeda. Sin embargo, si se apreciase signos de pudrición seca, sería necesario efectuar el siguiente tratamiento adicional:

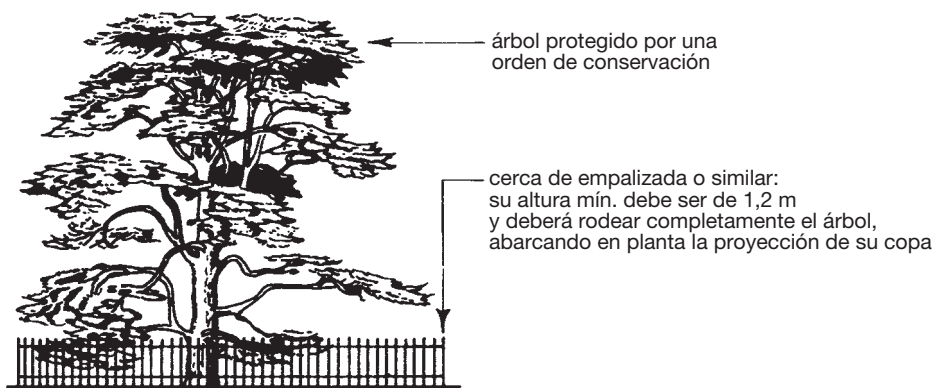
- Esterilizar la superficie del hormigón y/o albañilería.
- Calentar con un soplete hasta que la superficie esté tan caliente que no se pueda tocar.
- Aplicar generosamente sobre la superficie caliente un producto fungicida\* adecuado.
- Empapar la albañilería y los forjados afectados; por ejemplo, hacer unos agujeros de 12 mm de diámetro separados unos 50 cm y llenarlos con fungicida o inyectarlo a presión.

\* Dilución en la proporción 20:1 de agua y pentaclorofenato sódico, ortofenilfenato de sodio o cloruro de mercurio (sublimado corrosivo). En todo caso, es imprescindible seguir al pie de la letra las instrucciones del fabricante en materia de seguridad y uso de todos estos productos.

En trabajos de reposición, hay que asegurarse de que las nuevas maderas hayan sido tratadas a presión con alguno de esos agentes conservantes. Los morteros de cemento y arena para revocos, enlucidos y pavimentos deben contener un fungicida de oxiclورو de cinc.

**Árboles:** son parte de nuestro patrimonio de cada país y una fuente de obtención de madera. Las administraciones públicas de la mayor parte de los países establecen controles sobre la tala del arbolado y también es frecuente que las administraciones locales dispongan medidas de protección del arbolado en la denominadas "órdenes de conservación", cuyo incumplimiento puede comportar multas sustanciales y la obligación de reponer los ejemplares talados. Entre las medidas de protección adoptadas por las administraciones puede estar la de obligar a rodear los árboles protegidos mediante un cercado adecuado.

Si es preciso arrancar árboles, arbustos, matorrales o raíces de árboles, por lo general bastará con emplear herramientas manuales como sierras, picos, azadas y palas. En caso de tener que retirar árboles enteros para trasplantarlos a otro lugar, es aconsejable utilizar mano de obra y equipo especializados para garantizar la integridad de las raíces, el cepellón y la corteza.



**Edificios:** para edificios de interés histórico o arquitectónico, cada país establece un cuerpo normativo con vistas a su protección. Las diversas administraciones confeccionan sus respectivos catálogos de edificios protegidos, de acuerdo con su antigüedad, interés arquitectónico o valor histórico. Por lo general, antes de conceder las licencias de obras, los ayuntamientos someten los proyectos al visto bueno de una comisión de protección del patrimonio histórico artístico por si pudieran afectar de una u otra forma a algún edificio de este tipo. Se considera infracción urbanística grave la demolición o alteración de cualquier edificio protegido y dichas infracciones se castigan con penas de multa e incluso hasta de prisión.

## Localización de redes de servicios públicos

Servicios que pueden encontrarse en solares destinados a la construcción y compañías o entidades responsables de los mismos:

**Abastecimiento de agua:** compañías privadas o semipúblicas; pueden variar de un municipio a otro y coexistir varias en un mismo municipio.

**Electricidad:** aunque depende de cada país, en España, actualmente, el transporte y distribución de la electricidad están privatizados y diversas compañías realizan estos servicios.

**Gas:** puede referirse a gas natural, propano, butano, etc. (este servicio también está privatizado en España).

**Teléfono:** depende de cada país (hasta hace poco, en España el servicio estaba en manos de una única compañía en régimen de monopolio; hoy día existen otros muchos operadores telefónicos).

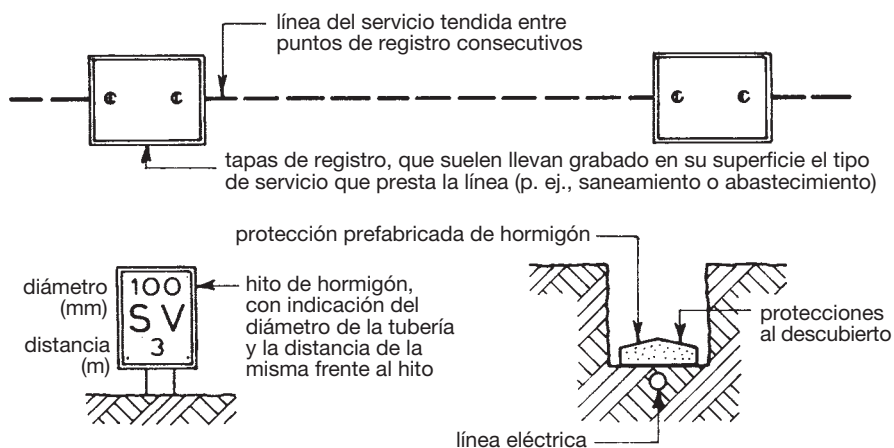
**Alcantarillado:** normalmente suele ser un servicio municipal.

Antes de empezar cualquier obra, es preciso comunicar a las autoridades o compañías mencionadas los nuevos servicios propuestos y las alteraciones o terminaciones de los existentes.

Localización de los servicios existentes en la obra:

**Método 1:** mediante referencia a planos realizados por las respectivas compañías suministradoras.

**Método 2:** utilizando indicadores visuales.



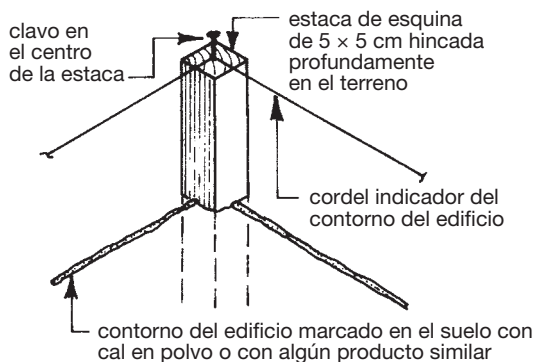
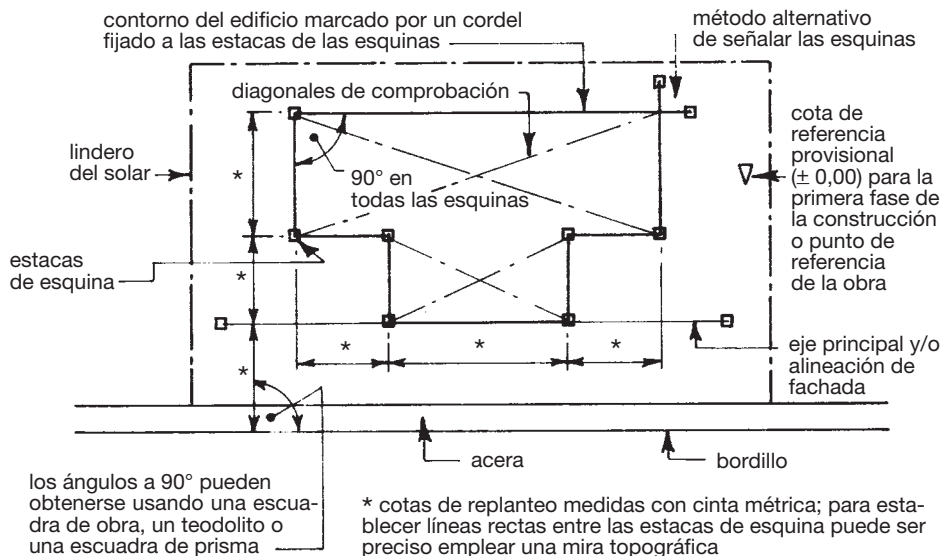
**Método 3:** por medio de empresas especializadas en detección de todo tipo de servicio enterrado y equipo electrónico específico para la detección de redes subterráneas.

Una vez localizado el servicio en cuestión, su posición se señalará en un mapa o plano y también sobre el terreno: con una pintura especial en caso de tratarse de una superficie dura, o con jalones de madera rotulados con los datos de identificación, en caso de tratarse de una superficie de tierra.

**Replanteo del edificio:** por lo general, esta tarea se lleva a cabo una vez realizada la limpieza del solar y los rebajes necesarios. Habitualmente le corresponde al constructor esta responsabilidad haciendo uso de la información suministrada por el arquitecto. Es de suma importancia realizar un replanteo preciso, de modo que este solo debe llevarse a cabo por personal competente y deberá ser repasado, preferentemente, por personas distintas a las que lo ejecutaron y, a ser posible, por un método diferente.

La primera tarea al replantear un edificio es establecer un eje principal de referencia que muy a menudo coincide con la alineación de la fachada, la línea que delimita el paramento exterior del edificio, más allá de la cual no se admite ningún tipo de edificación. La alineación es "oficial" cuando responde a un plano municipal de alineaciones urbanas.

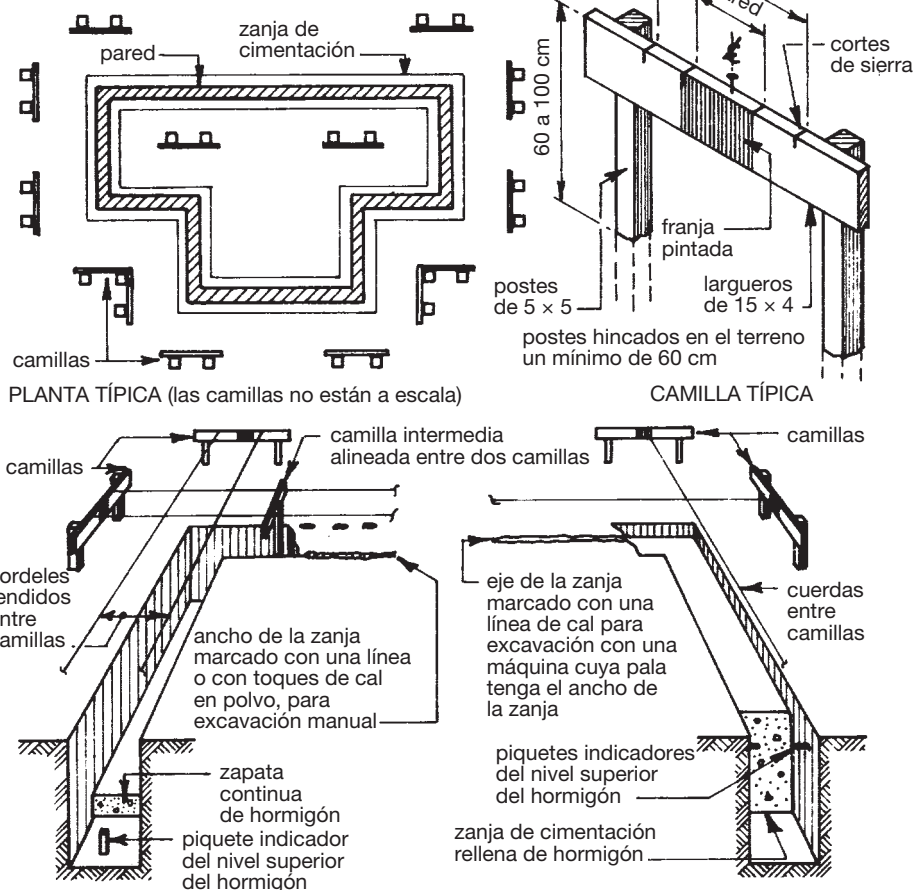
### Ejemplo tipo de replanteo



**Cota de referencia provisional ( $\pm 0,00$ ):** es un punto fijo del solar al que se referirán todos los niveles de la obra; conviene fijarlo en una fase temprana de la obra. Si es posible, debe estar relacionado con una referencia del servicio cartográfico. Puede servir cualquier elemento permanente existente en el solar, como una tapa de alcantarillado o un poste firmemente hincado en el terreno.

**Replanteo de zanjas de cimentación:** el objetivo de esta tarea es doble. En primer lugar, establecer el tamaño, forma y dirección de la excavación, y, en segundo, fijar el ancho y la posición de los muros. Con anterioridad se habrá replanteado el contorno del edificio; usando este contorno, se dispondrán las denominadas "camillas", para controlar la posición, la anchura y, posiblemente, la profundidad de las zanjas de cimentación que figuran en el proyecto. Las camillas deben fijarse a distancias de 2 m como mínimo de las posiciones de las zanjas, para que no interfieran en los trabajos de excavación. El nivel de los largueros de las camillas deberá estar referido al del punto de referencia provisional  $\pm 0,00$  de la obra; en el caso de emplear camillas intermedias para controlar la profundidad de las zanjas, el nivel de los largueros se situará a una altura conveniente sobre el nivel del suelo. Alternativamente, para controlar la profundidad de la zanja puede utilizarse un nivel y una mira, tomando siempre como referencia el punto  $\pm 0,00$  de la obra. La anchura de las zanjas se señala en las camillas mediante clavos o cortes de sierra y con una franja pintada para una mejor identificación.

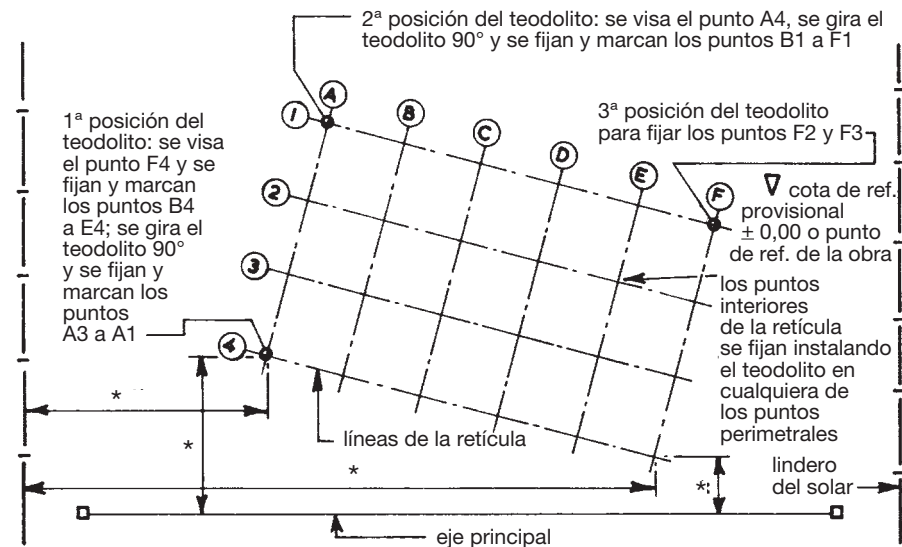
## Detalles tipo



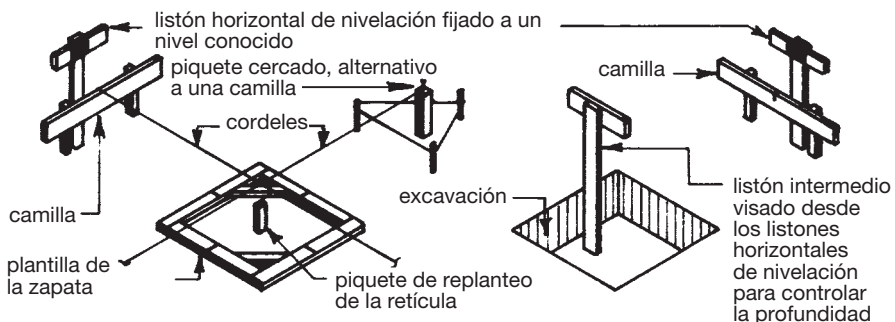
NOTA: para transferir las esquinas de las paredes desde los puntos de intersección de los cordeles a la cara superior enrasada del cimiento de hormigón puede utilizarse un nivel de burbuja.

**Replanteo de una estructura de pilares:** por lo general, las estructuras de pilares están referidas a una retícula cuyos puntos de intersección son justamente los centros de las zapatas aisladas. Generalmente, la retícula se replantea partiendo de un eje principal que no siempre forma parte de la retícula. El replanteo de la retícula sobre el terreno puede realizarse partiendo de un plano especial de replanteo de pilares, o extrayéndolo de un plano de distribución general. Para el replanteo de la retícula sobre el terreno se utiliza un teodolito, marcándose los puntos de intersección de las líneas de la misma mediante piquetes. Una vez replanteada, pueden fijarse estacas o camillas fuera de los límites del edificio para no entorpecer los trabajos de excavación. El control de la profundidad de excavación de las zapatas puede realizarse mediante camillas intermedias enfiladas con las camillas extremas, o mediante un nivel y una mira, tomando siempre como referencia el punto  $\pm 0,00$  de la obra previamente establecido.

### Detalles característicos



\* cotas de replanteo para establecer la línea de la retícula A4-F4

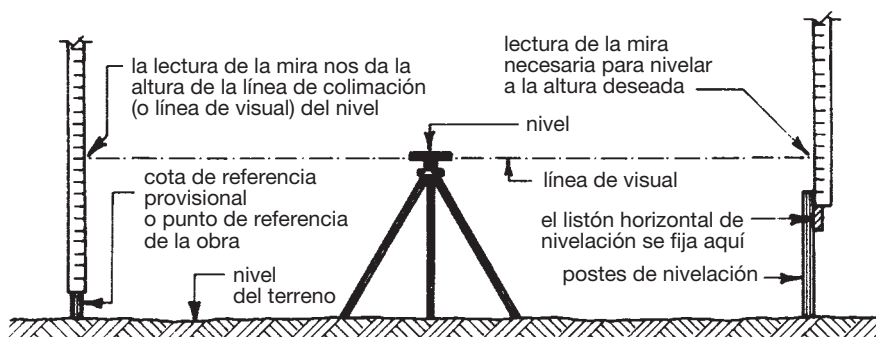


1. Plantilla de zapata colocada con ayuda de los cordeles tendidos entre las camillas. Su contorno se marcará con cal en polvo o un producto similar.
2. Pozos de zapatas excavados usando un listón intermedio visado entre los listones horizontales de nivelación, los cuales se habrán fijado a un nivel relacionado con el punto  $\pm 0,00$ .

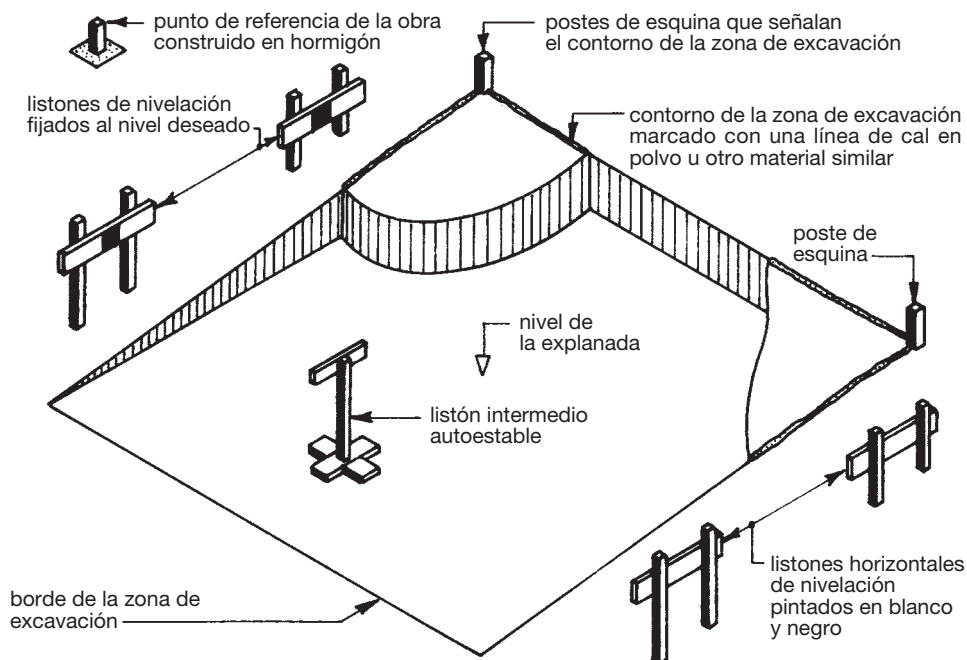
**Replanteo de los rebajes de una excavación:** el contorno de la zona rebajada de nivel se puede replantear a partir de una línea de base, utilizando un teodolito, miras topográficas, cinta métrica y piquetes. Para establecer la profundidad de la excavación, se colocan listones horizontales de nivelación en posiciones y altura convenientes que permitan el uso de una camilla intermedia.

### Detalles tipo

#### 1. Sujeción de listones horizontales de nivelación:



#### 2. Control de la profundidad de la excavación:

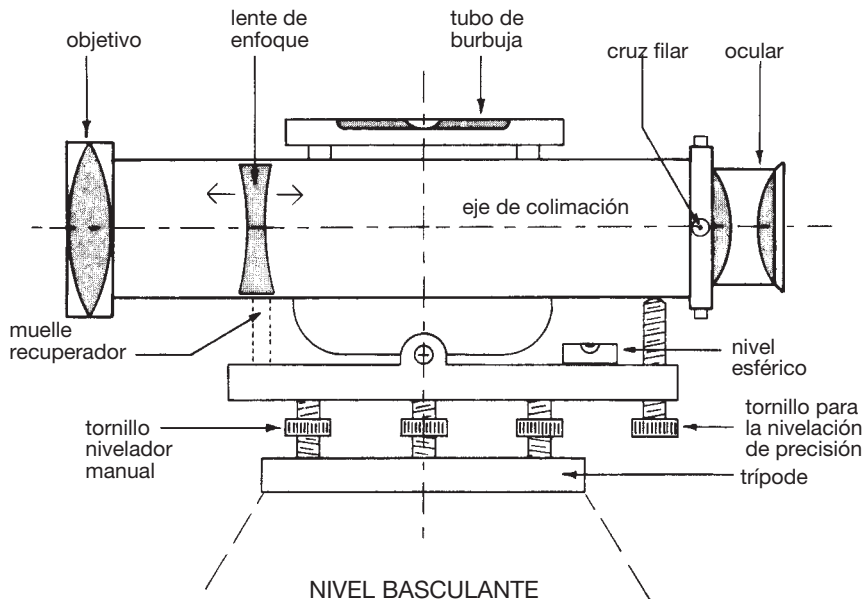


altura del listón intermedio = nivel deseado del listón de nivelación: nivel de la explanada

**Nivelación:** proceso en el que se establecen las diferencias de altura entre dos o varios puntos de un terreno. Todas las cotas de altura se dan respecto a un punto fijo o nivel de base, llamado horizonte o plano de nivelación. Las alturas de los mapas geográficos o de los planos topográficos se miden con relación al nivel del mar, que varía para cada país (en España la referencia es el nivel del mar en Alicante). La línea que en los planos topográficos enlaza los puntos que están a un mismo nivel se llama curva de nivel; es, pues, una línea continua que representa la intersección de un plano horizontal con el terreno.

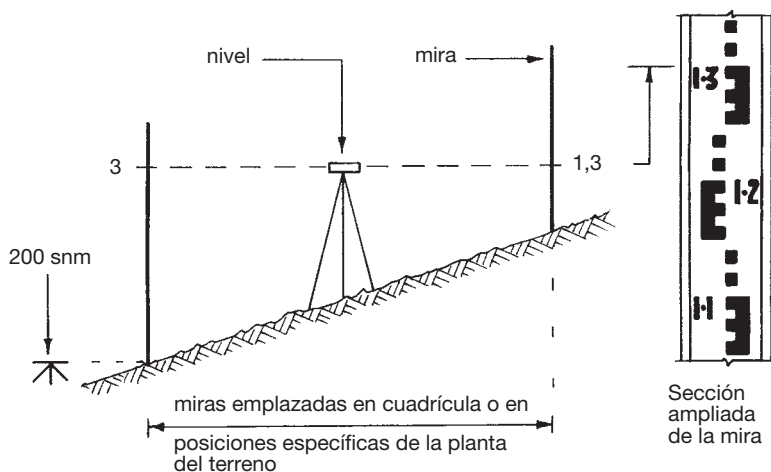
Una vez en la obra, los niveles suelen medirse respecto a una cota de referencia provisional  $\pm 0,00$ , que, por ejemplo, puede ser una tapa de alcantarillado u otro elemento permanente, como una cota de referencia del servicio cartográfico.

Los instrumentos básicos utilizados son un nivel (basculante o automático) y una mira. El nivel basculante es fundamentalmente un telescopio montado sobre un trípode con unos tornillos niveladores que regulan su horizontalidad; además, la mayor parte de los niveles facilitan esta operación mediante un nivel esférico fijado en el soporte. La cruz filar de líneas verticales y horizontales recoge la visual sobre una mira extensible de 3, 4 o 5 m. Las graduaciones de la mira, situadas a intervalos de 1 cm, están marcadas boca abajo, lo que facilita la lectura con el anteojo, ya que este invierte las imágenes. El nivel automático es de uso mucho más sencillo, puesto que elimina la operación del ajuste manual. La coincidencia de una burbuja circular con la circunferencia de referencia grabada indica que la base se encuentra en un plano horizontal. Un compensador interior efectúa el ajuste fino.





**Aplicación:** métodos para determinar diferencias de nivel en el terreno para el cálculo de volúmenes y costes de excavación.



Nivelación longitudinal:

Lectura de la mira en A = 3 m; en B = 1,3 m

Cota del terreno en A = 200 m sobre el nivel del mar (snm)

Por lo tanto, cota en B = 200 m + elevación (– caída, si la pendiente de A a B es descendente)

O sea, cota de B =  $200 + (3 - 1,3) = 201,7$  m

Altura de colimación (HC):

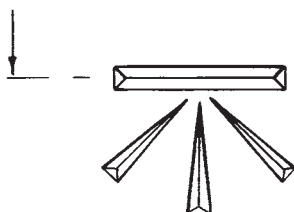
HC en A = nivel reducido (NR) + lectura de la mira

= 200 m + 3 m = 203 m snm

Cota en B = HC en A – lectura de la mira en B

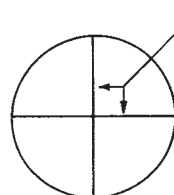
= 203 – 1,3 = 201,7 m

altura sobre el nivel medio  
del mar en Alicante



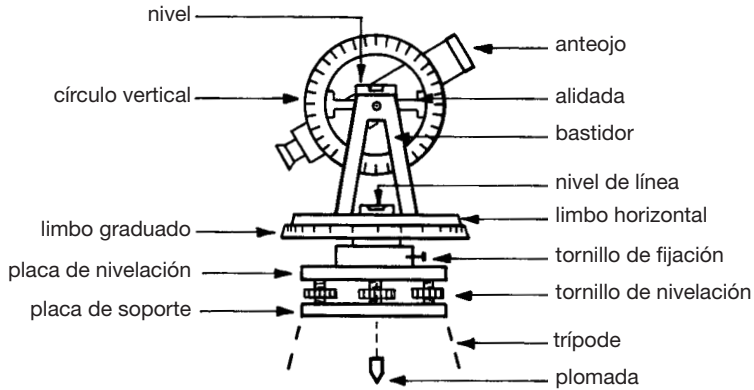
PUNTO DE REFERENCIA GRABADO

cruz filar



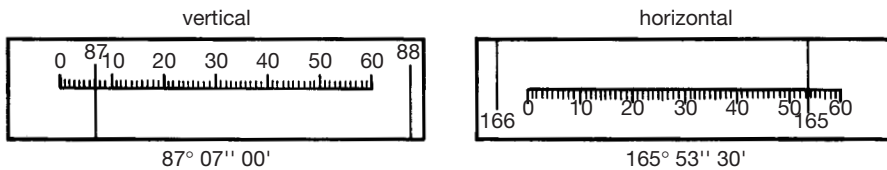
VISTA A TRAVÉS DEL NIVEL

**Teodolito:** instrumento montado sobre un trípode para medir ángulos en los planos horizontal y vertical (ángulos acimutales y verticales).



ESQUEMA DE UN TEODOLITO

**Medición:** el anteojo se encarga de enfocar un objeto lejano. La posición del objeto se define por medio de un limbo graduado. La escala y presentación de los ángulos varían desde las lecturas micrométricas tradicionales hasta las informatizadas realizadas en monitores universales de estructura cristalina. Los ángulos se miden en grados, minutos y segundos; por ejemplo:  $165^{\circ} 53' 30''$ .



ESCALA MICROMÉTRICA DE LECTURA DIRECTA

**Aplicación:** como mínimo se hacen dos punterías y se promedian las lecturas. Después de la primera puntería, se da media vuelta de campana (giro de  $180^{\circ}$ ) al anteojo; análogamente, se da media vuelta de campana en el plano vertical, a fin de devolver al aparato su alineación inicial para la segunda lectura. Este proceso moverá el limbo vertical del cuadrante derecho al izquierdo o viceversa. Es importante anotar las lecturas como se muestra en la figura inferior.

Objeto B      Objeto C



| estación – objeto | cuadrante izquierdo | cuadrante derecho | media      |
|-------------------|---------------------|-------------------|------------|
| A– B              | 00 00' 00"          | 180 00' 30"       | 00 00' 15" |
| A– C              | 40 10' 10"          | 220 10' 30"       | 40 10' 20" |

Ángulo =  $40^{\circ} 10' 05''$

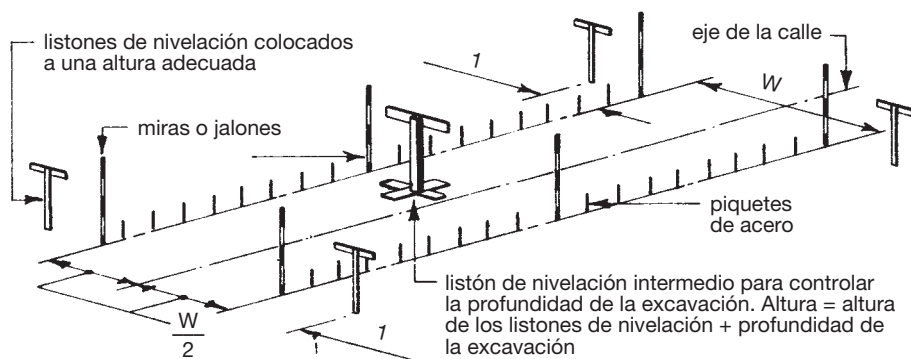
HALLAR UN ÁNGULO

**Construcción de calles:** en el contexto de la edificación, la construcción de calles suele limitarse a la apertura de pequeñas vías dentro de una finca, calles y caminos de acceso, etc., junto con calzadas provisionales tendidas para definir las rutas de circulación y/o proporcionar una superficie adecuada para los desplazamientos de maquinaria. La construcción de calles puede considerarse subdividida en tres aspectos:

1. Trazado.
2. Movimientos de tierras (véase pág. 109).
3. Pavimentación (véanse págs. 109-111).

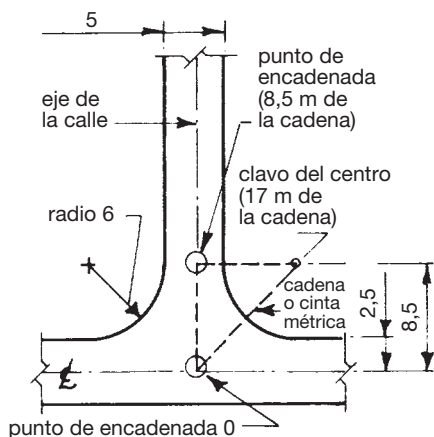
**Trazado de calles:** generalmente esta actividad se lleva a cabo una vez ha sido retirada la capa de tierra vegetal, utilizándose las cotas grafiadas en el plano de emplazamiento. El trazado puede incluir tramos rectos, cruces, recesos en T, recesos laterales para dar la vuelta y cruces en curva.

**Tramos rectos:** por lo general se replantean partiendo de los ejes que se habrán establecido por medios tradicionales.



NOTA: el trazado de los tramos curvos se replantea de forma similar.

### Cruces y recesos en T



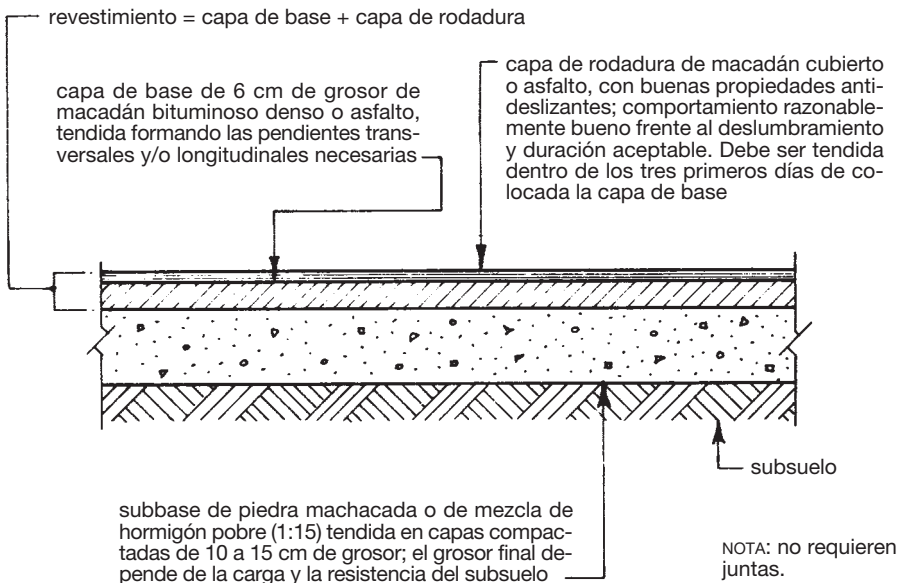
Los ejes se fijan con los métodos tradicionales. Para ubicar el centro: se engancha el extremo 0 de la cadena de agrimensur (o cinta métrica) a un clavo y se hace una encadenada con un clavo situado a 8,5 m; se vuelve al punto de encadenada 0 con una longitud de cadena de 29,021. Se señala el punto 17 m de la cadena con un clavo ("el clavo del centro") y se va estirando aquella hasta que quede totalmente tirante entre los tres clavos, formando un triángulo. En el punto así obtenido, se hinca el clavo del centro (recuérdese: punto 17 m de la cadena) y desde él se traza una circunferencia con un radio de 6 m, que se marcará en el suelo con clavos o piquetes.

$$\begin{aligned} \text{Longitud de la cadena} &= 17 + 8,5 \times \sqrt{2} \\ &= 29,021 \text{ m} \end{aligned}$$

**Movimiento de tierras:** comprende la retirada de la capa de tierra vegetal y el desbrozo, así como la excavación y nivelación de la zona requerida y la formación de los desmontes y/o terraplenes necesarios. La maquinaria adecuada para esas operaciones suele consistir en palas cargadoras dotadas de una cuchara de cuatro usos (pág. 148), niveladoras (pág. 147) y explanadoras de empuje (pág. 145). El suelo situado inmediatamente debajo del nivel de la rasante recibe el nombre de subsuelo, y su resistencia por lo general decrece con el aumento del contenido de humedad; por tanto, si tiene que quedar al descubierto durante un cierto período de tiempo, es conveniente protegerlo. La protección del subsuelo puede adoptar la forma de una cobertura a base de una lámina plástica de grosor medio, con solapes de 30 cm; alternatively podría emplearse una cobertura a base de un rociado bituminoso de ligazón con una capa final de arena aplicada a razón de 1 l/m<sup>2</sup>. Para conservar la resistencia y durabilidad del subsuelo, en ocasiones es necesario instalar una red subterránea de tubos de drenaje a lo largo de la calle (véase Drenaje de calles 1, en págs. 718-719).

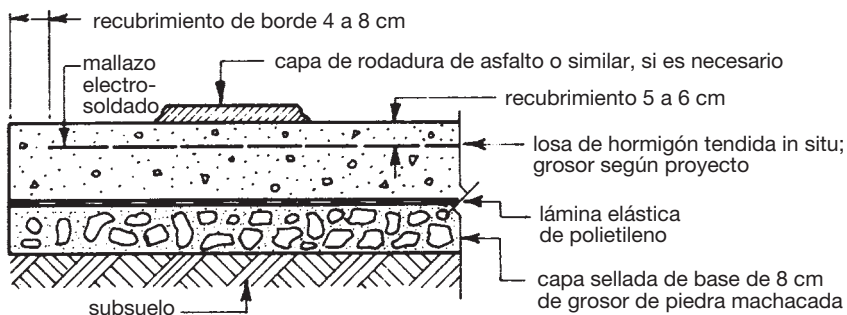
**Construcción de la calzada:** una vez preparado el subsuelo e instalado el drenaje y los servicios que deban quedar enterrados, puede iniciarse la construcción de la calzada. Las calzadas pueden ser flexibles o rígidas. Las superficies flexibles o ligadas están formadas por materiales que se aplican por capas directamente sobre el subsuelo, mientras que los pavimentos rígidos consisten en una losa de hormigón apoyada sobre una base granular (véanse págs. 110 y 111).

#### Detalle tipo de un pavimento flexible

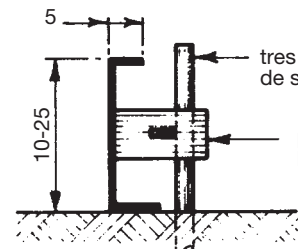
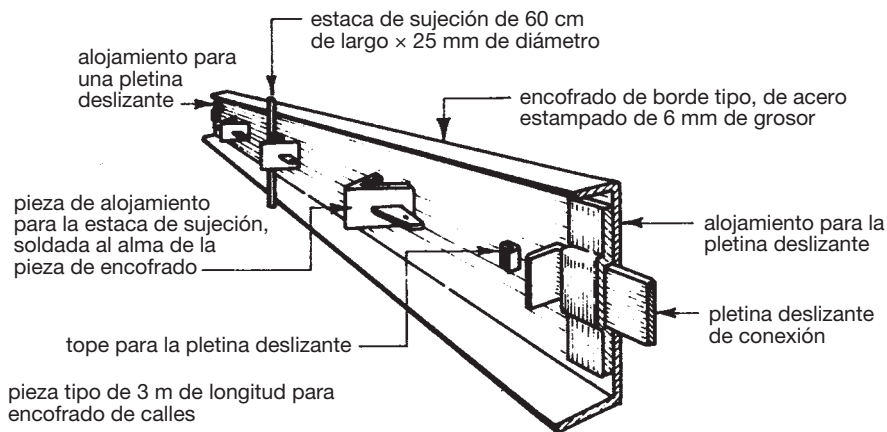


**Pavimentos rígidos:** consisten en una losa de hormigón, armado o sin armar, in situ sobre una capa de base de piedra machacada o material similar, sellada por una membrana superior elástica de polietileno. El objetivo principal de esta lámina es evitar pérdidas en la lechada de la losa de hormigón.

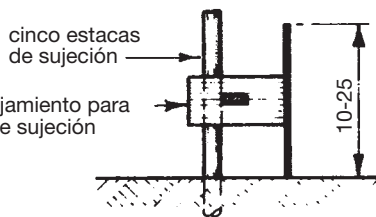
## Detalles tipo de un pavimento rígido



El encofrado de borde de la losa puede ser a base de elementos de hierro o madera. Alternativamente, pueden colocarse primero las piedras del bordillo, de forma que actúen de encofrado permanente.



ENCOFRADO DE BORDE TIPO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS



ENCOFRADO DE BORDE TIPO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

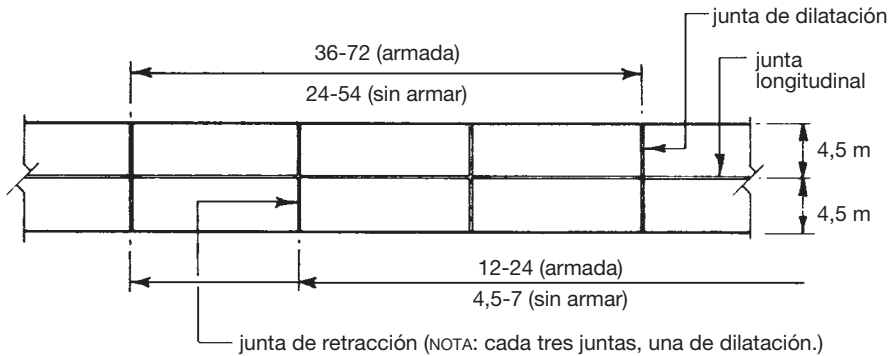
**Juntas en pavimentos rígidos:** en este tipo de pavimentos se requieren juntas longitudinales y transversales para:

1. Limitar las medidas de la losa.
2. Limitar los esfuerzos debidos a la restricción a que está sometido el subsuelo.
3. Permitir los movimientos de dilatación y retracción.

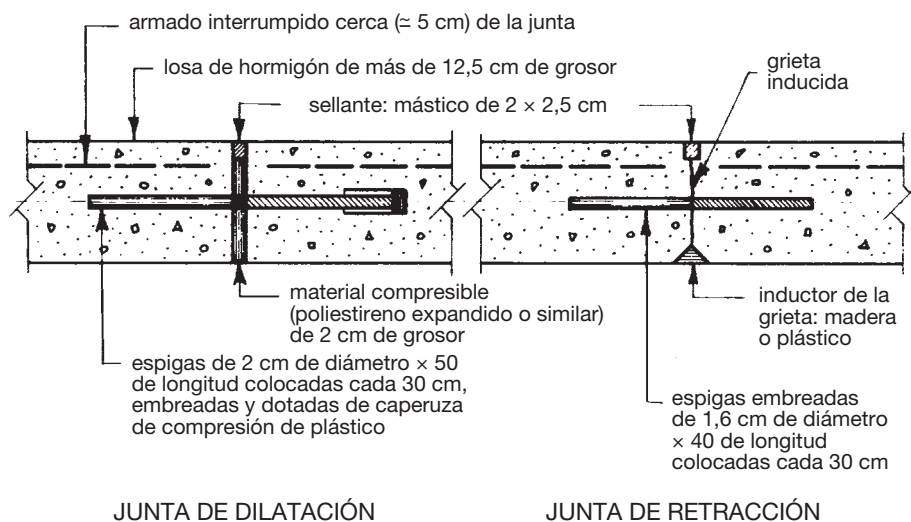
Las juntas principales se clasifican en juntas de dilatación, de retracción y longitudinales; el detalle de estas últimas es el mismo que el de las juntas de retracción, difiriendo solo en la dirección de la junta. La separación de las juntas viene determinada por:

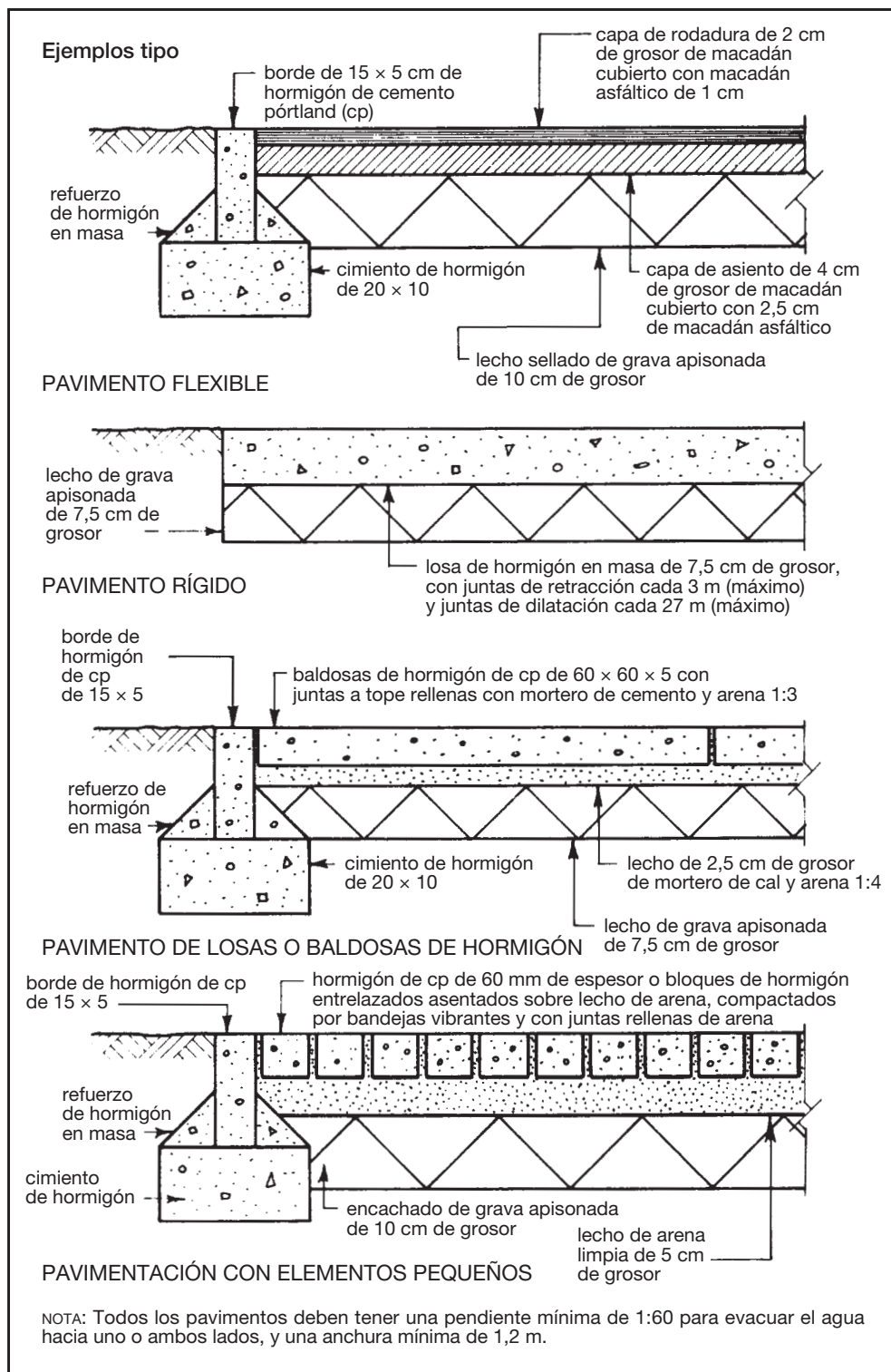
1. Grosor de la losa.
2. Cargas previstas y volumen de tráfico.
3. Temperatura de hormigonado de la losa.

### Separaciones de juntas en la construcción de calles

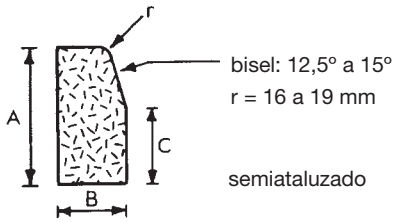


### Detalles de juntas en la construcción de calles





Perfiles disponibles. De hormigón, árido de color gris perla; longitudes normalizadas de 915 mm.

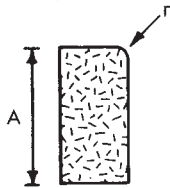


bisel: 12,5° a 15°  
r = 16 a 19 mm

semiatluzado

dimensiones (mm)

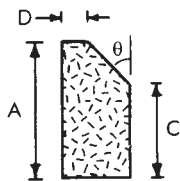
|   |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|
| A | 150 | 150 | 255 | 305 |
| B | 125 | 150 | 125 | 150 |
| C | 50  | 50  | 155 | 205 |
|   | *   |     | *   | *   |



canto romo

dimensiones (mm)

|   |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|
| A | 150 | 150 | 255 | 305 |
| B | 125 | 150 | 125 | 150 |
|   | *   |     |     |     |



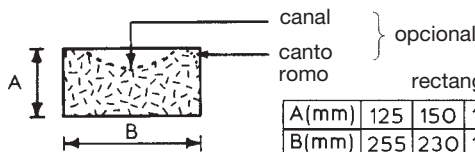
$\theta = 45^\circ$

achaflanado

dimensiones (mm)

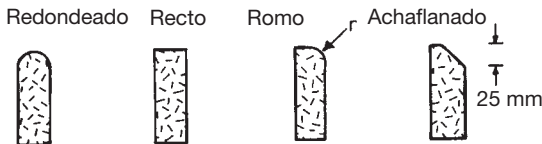
|   |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|
| A | 150 | 255 | 305 |
| B | 125 | 125 | 150 |
| C | 75  | 180 | 230 |
| D | 50  | 50  | 75  |
|   | *   |     |     |

### BORDILLOS



|       | rectangular |     |     |     | acanalada |     |     |     | canto romo |     |
|-------|-------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|------------|-----|
| A(mm) | 125         | 150 | 150 | 125 | 150       | 90  | 125 | 75  | 150        | 125 |
| B(mm) | 255         | 230 | 150 | 150 | 305       | 305 | 255 | 230 | 305        | 255 |
|       | *           |     |     | *   |           |     | *   |     |            |     |

### RIGOLAS



### BORDES

|             |                      |
|-------------|----------------------|
| Redondeado  | 150/200/250 × 50 mm* |
| Recto       | 150/200/250 × 50 mm* |
| Romo        | 150/200 × 50 mm*     |
| Achaflanado | 178 × 63 mm          |

\* Véase: UNE-EN 1340. Bordillos prefabricados de hormigón.

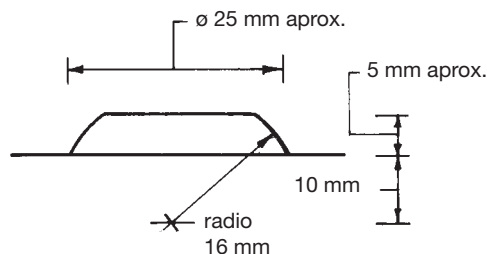
En el mercado existen otras piezas especiales, por ejemplo, bordillos rebajados para el paso de vehículos. También existen piezas de esquina, para resolver los cambios de dirección.



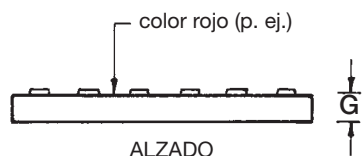
**Baldosas de hormigón:** medidas según la norma británica (en mm)

| Tipo          | Dimensiones (nominales) | Dimensiones (reales) | Grosor (G) |
|---------------|-------------------------|----------------------|------------|
| A - lisa      | 600 × 450               | 598 × 448            | 50 o 63    |
| B - lisa      | 600 × 600               | 598 × 598            | 50 o 63    |
| C - lisa      | 600 × 750               | 598 × 748            | 50 o 63    |
| D - lisa      | 600 × 900               | 598 × 898            | 50 o 63    |
| E - lisa      | 450 × 450               | 448 × 448            | 50 o 70    |
| TA/E - táctil | 450 × 450               | 448 × 448            | 50 o 70    |
| TA/F - táctil | 400 × 400               | 398 × 398            | 50 o 65    |
| TA/G - táctil | 300 × 300               | 298 × 298            | 50 o 60    |

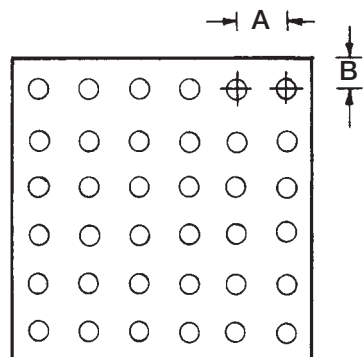
**Baldosas táctiles:** tienen algún tipo de relieve en la cara vista ("tacos" como en el dibujo, estrías, etc.). Se utilizan en las aceras como aviso a los peatones con visibilidad reducida de la existencia de un paso de peatones, de un peligro o, simplemente, como ayuda para reconocer un lugar.



DETALLE DEL RELIEVE



| Tipo     | A (mm) | B (mm) |
|----------|--------|--------|
| E        | 64     | 33     |
| F        | 66,8   | 33     |
| G        | 75     | 37,5   |
| (± 2 mm) |        |        |



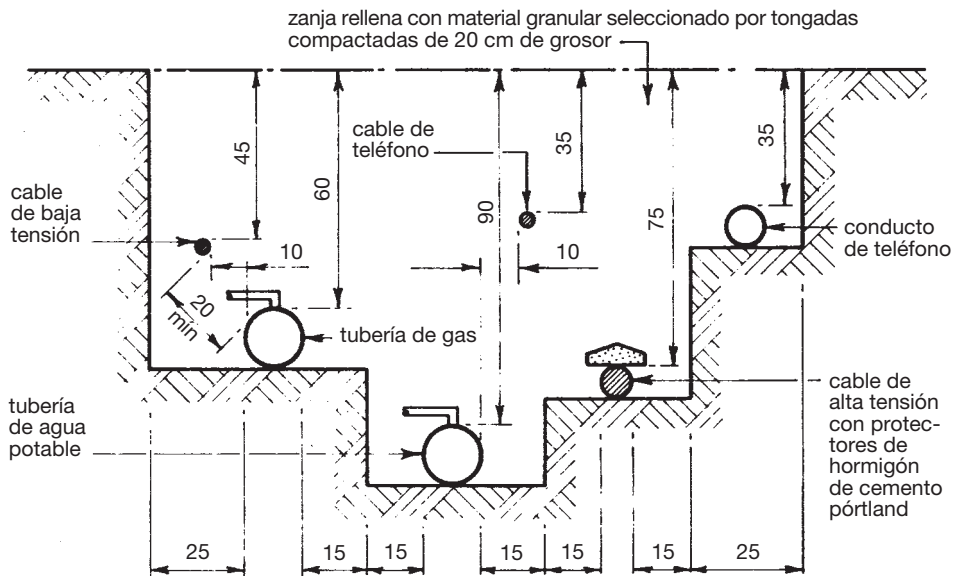
PLANTA

\* En España es de aplicación la norma UNE-EN 1339 para baldosas de hormigón y la UNE-EN 1338 para adoquines de hormigón.

**Jardinería:** en la edificación se incluye la rehabilitación del solar como preparación para la jardinería, en forma de céspedes, sendas, pavimentos, macizos de flores y arbustos y plantación de árboles. En la práctica, la planificación, las plantaciones de césped y otras especies se suelen subcontratar a un industrial especializado en jardinería. La misión del contratista principal será entonces la de efectuar una limpieza de los desechos de materiales sobrantes, la roturación y la nivelación de las superficies que hay que ajardinar, el desbrozo de toda la vegetación indeseable, preparando el subsuelo para recibir la capa de tierra vegetal con una profundidad mínima de 15 cm.

**Servicios:** la ubicación y el tendido de los servicios corresponde a las respectivas compañías suministradoras. El mejor método es utilizar la zanja común de servicios, debiéndose evitar en la medida de lo posible el tendido de los servicios bajo la calzada de la calle.

#### Detalles tipo de zanja común de servicios



**Rótulos de circulación:** abarca desde las marcas pintadas en la calzada de la calle para definir los carriles de circulación, preferencias de paso, avisos de peligro, etc., hasta los carteles montados sobre el nivel de la calle para proporcionar información, avisar u ordenar, teniendo estos últimos carácter de obligatorios.

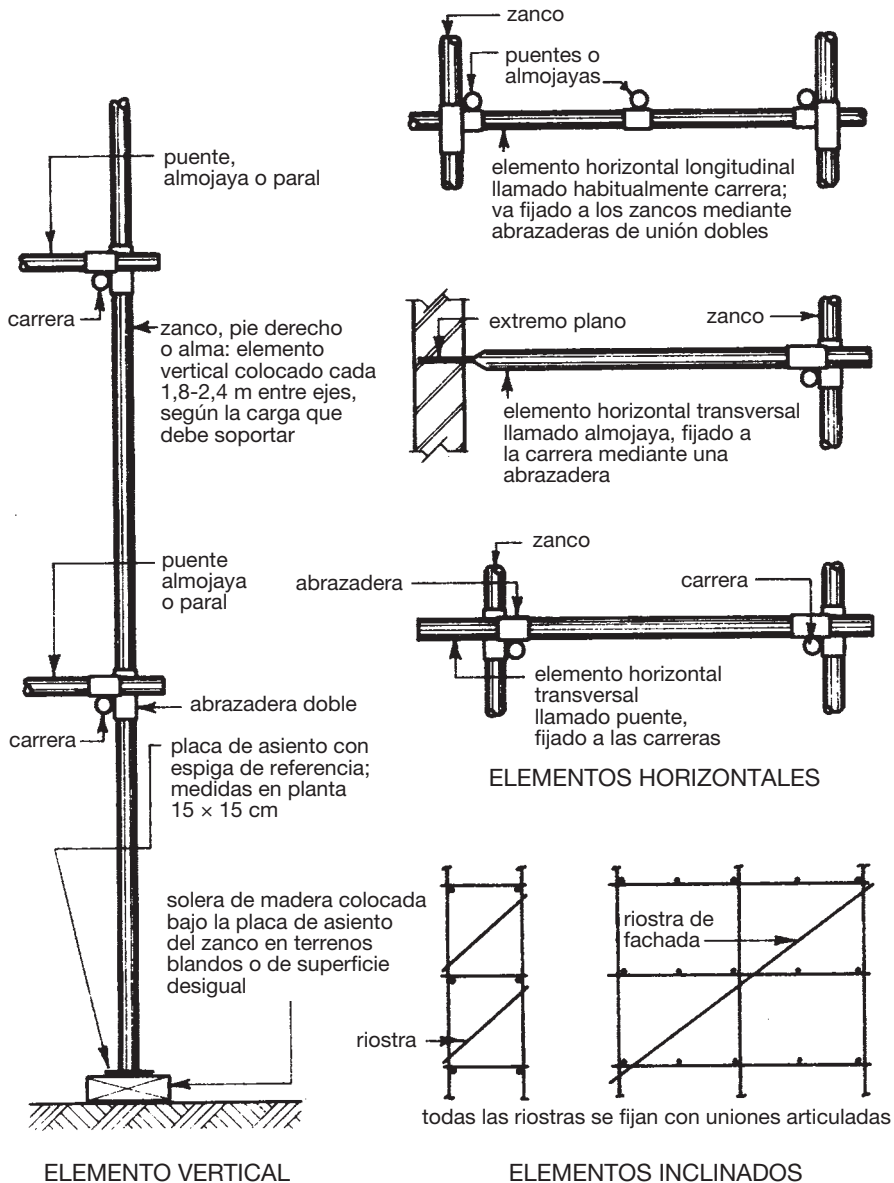
#### Ejemplos tipo



## Andamios tubulares

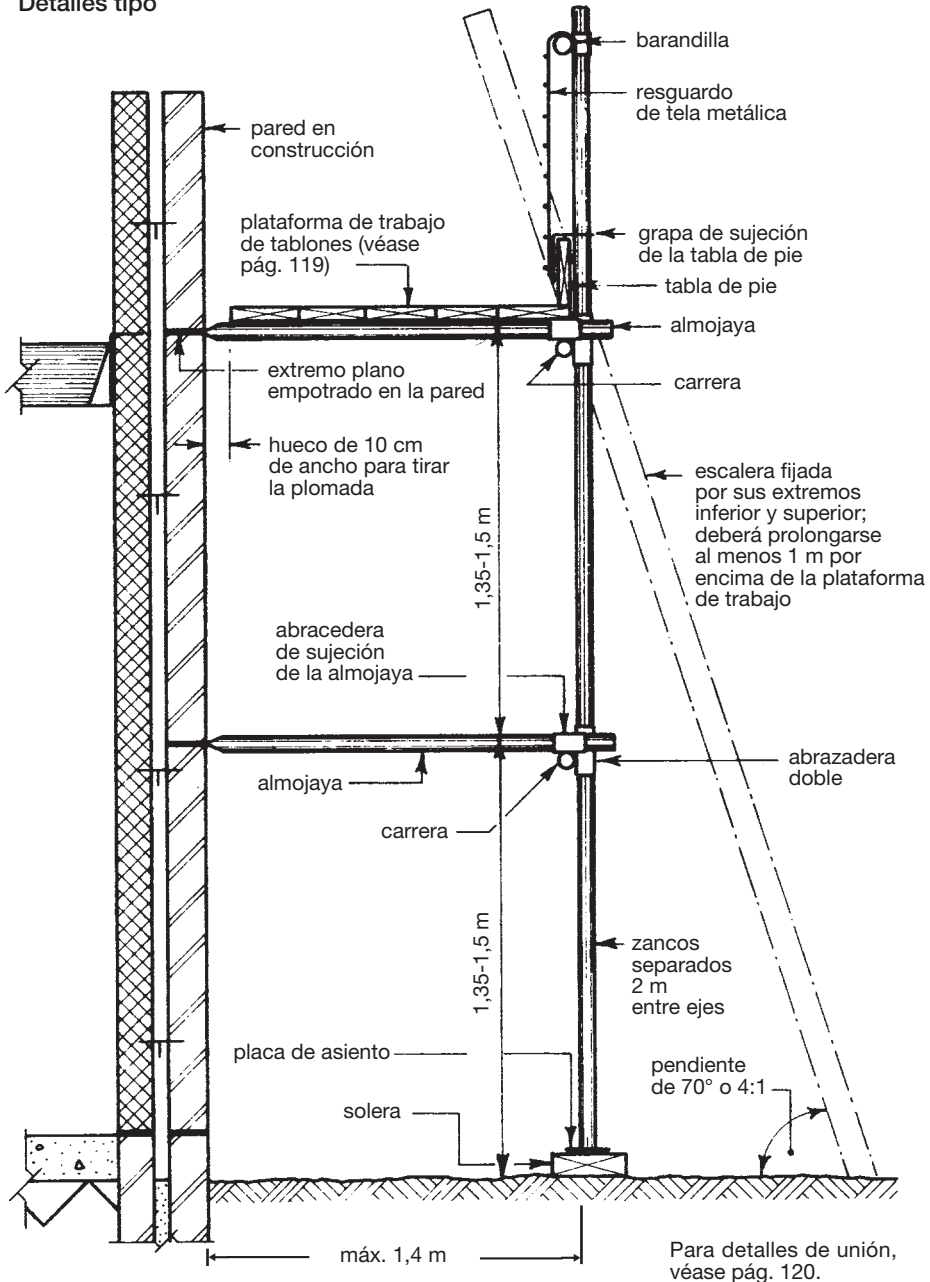
**Andamios:** plataformas provisionales de trabajo levantadas en torno al perímetro de un edificio o estructura con objeto de proporcionar un lugar de trabajo seguro a una altura conveniente. Por lo general empiezan a ser necesarios cuando la altura o nivel de trabajo es de 1,5 m o más sobre el nivel del suelo.

### Componentes de un andamio tubular



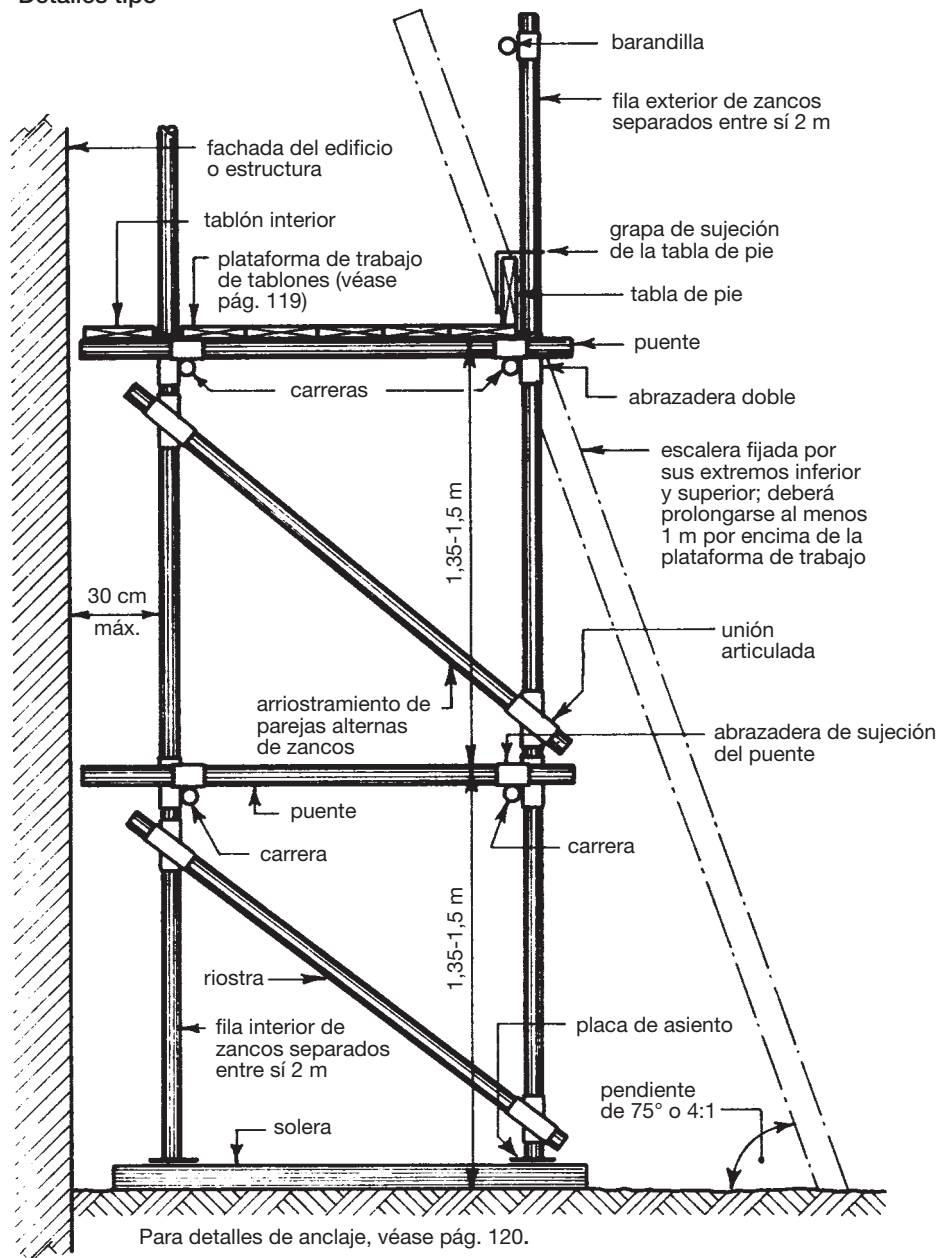
**Andamios de fachada:** tienen una fila exterior de zancos unidos entre sí mediante carreras, que, a su vez, dan apoyo a las almojayas transversales que se van empotrando en las juntas o mechinales de la fábrica conforme progresa la construcción de ésta. Por consiguiente, solo son adecuados para edificios de nueva planta de fábrica de ladrillo o de bloque.

**Detalles tipo**



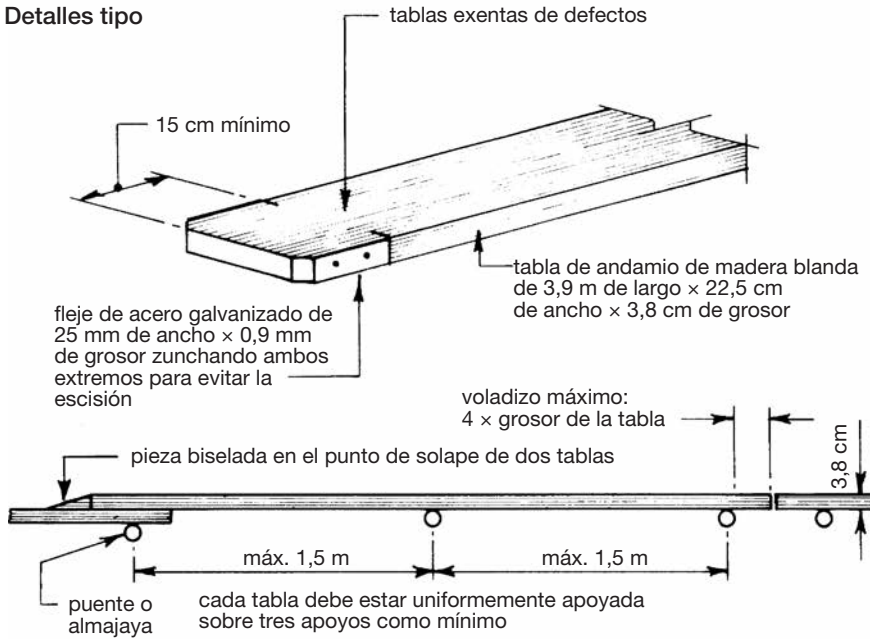
**Andamios exentos:** constan de dos filas de zancos unidos por carreras que, a su vez, sirven de apoyo a los puentes transversales. El andamio se erige separado del edificio existente o en proyecto, pero anclado al mismo a intervalos adecuados (véase pág. 120).

## Detalles tipo

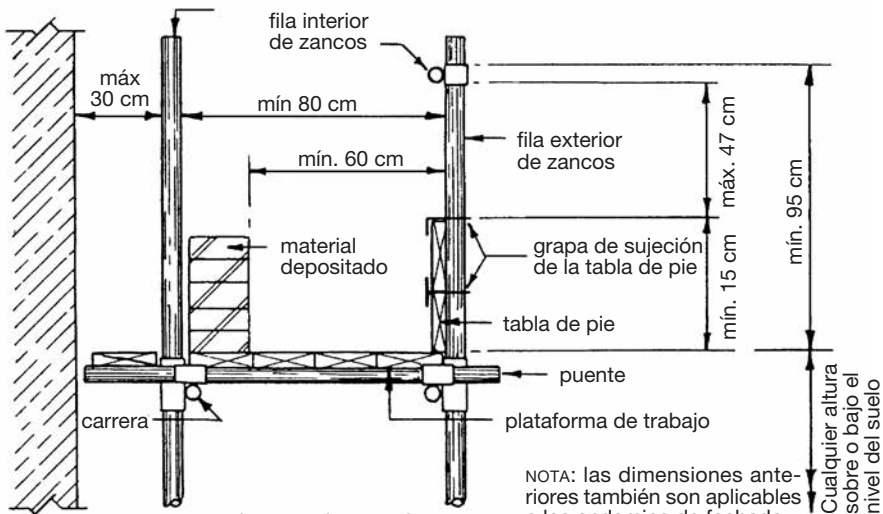


**Plataformas de trabajo:** son superficies formadas por tablonces colocados de plano uno junto a otro, o alternativamente de plancha de acero, situadas horizontalmente a la altura necesaria para poder realizar los trabajos en condiciones de seguridad. Deben tener la resistencia suficiente para soportar las cargas impuestas por los operarios y/o los materiales. Todas las plataformas de trabajo situadas a más de 2 m por encima del nivel del suelo deben estar dotadas de una tabla de pie y una barandilla.

#### Detalles tipo



#### TABLADOS PARA PLATAFORMAS DE TRABAJO



NOTA: en caso de que exista una barandilla intermedia, también debería cumplir la condición de 47 cm de hueco máx.

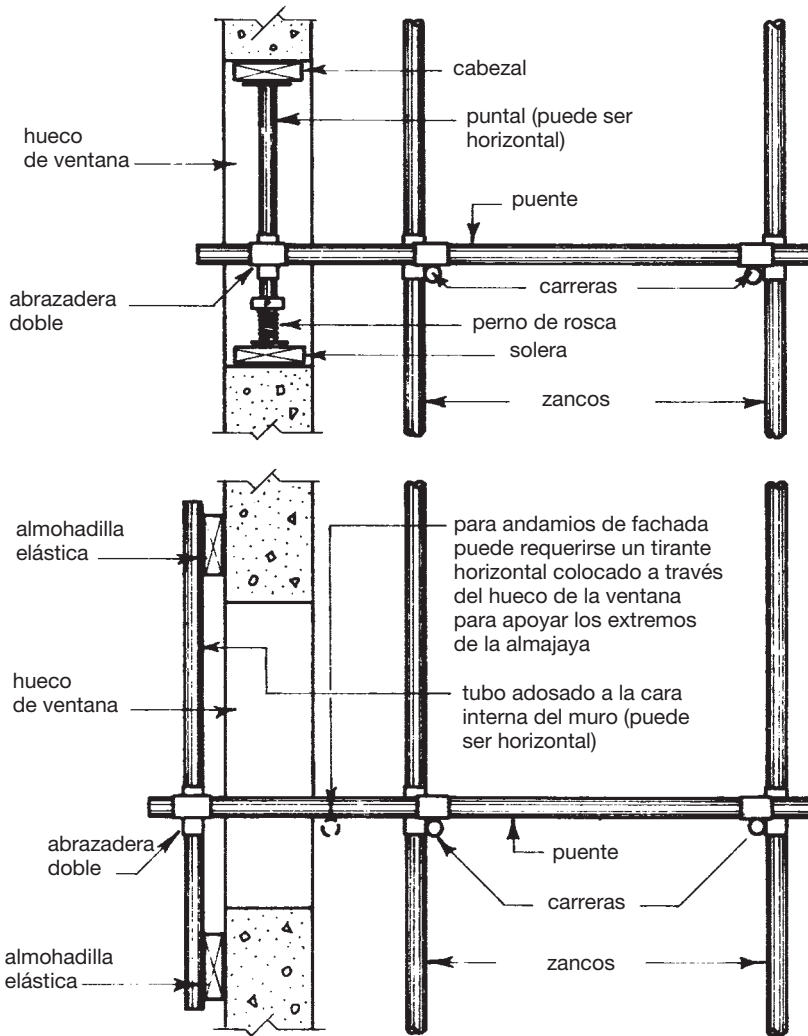
NOTA: las dimensiones anteriores también son aplicables a los andamios de fachada.

## Andamios tubulares

**Anclajes:** todos los andamios, sean de fachada o exentos, deben estar firmemente anclados al edificio o estructura en niveles alternos, en sentido vertical y a distancias no superiores a 6 m entre ejes en sentido horizontal. A estos efectos, las almojayas no deben ser consideradas como anclajes.

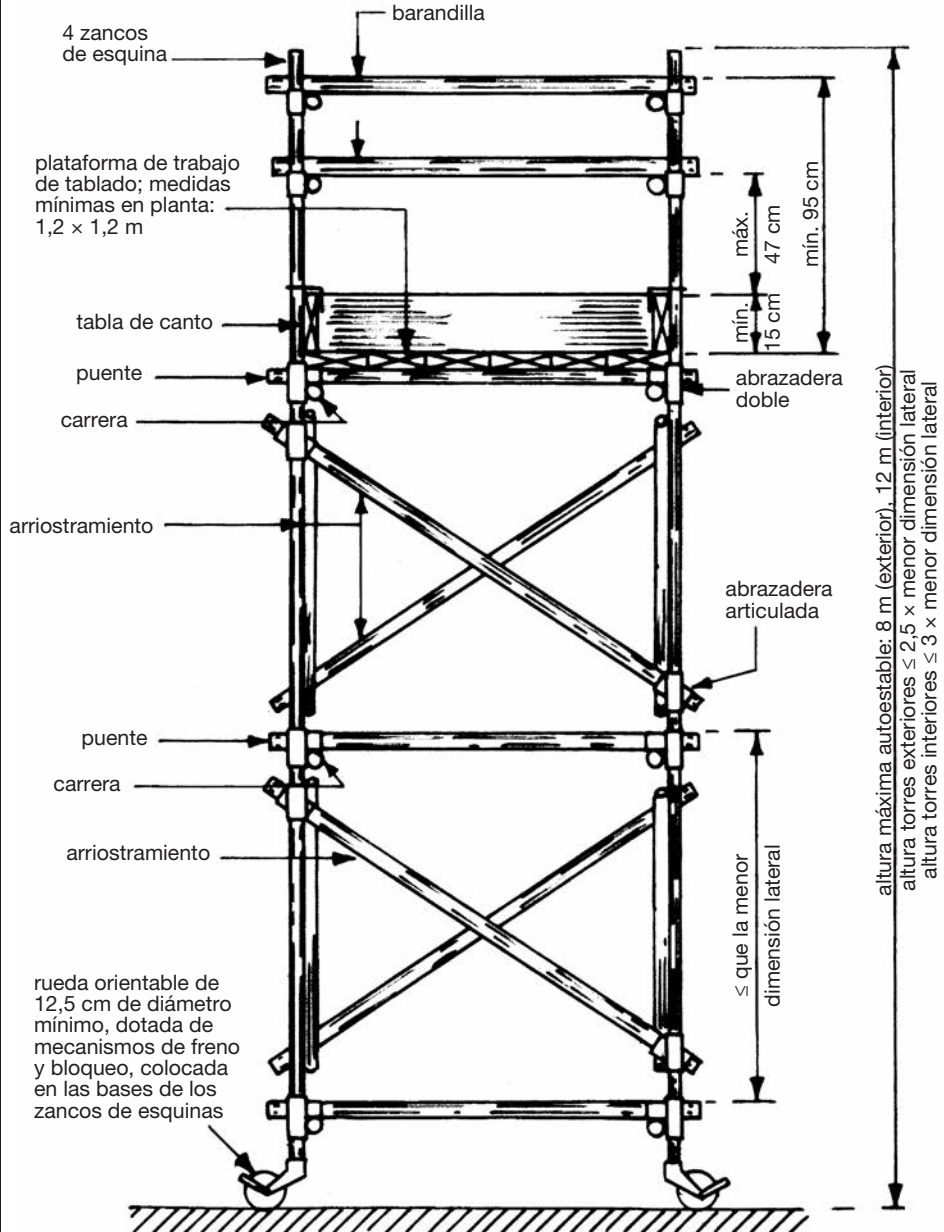
Como métodos de anclaje adecuados se incluyen conexiones a tubos encajados entre el dintel y el antepecho de las ventanas o a tubos interiores fijados a través de las aberturas de las ventanas; el primero de estos métodos de anclaje no debe usarse en un número que supere al 50 % del total de anclajes.

### Detalles tipo



**Andamios móviles:** también llamados andamios de torre móviles, pueden montarse a partir de elementos de entramado preformados o de tubos y accesorios de andamiaje normales. Se usan principalmente para tareas de mantenimiento de edificios. No deben desplazarse mientras están ocupados por personas o equipo.

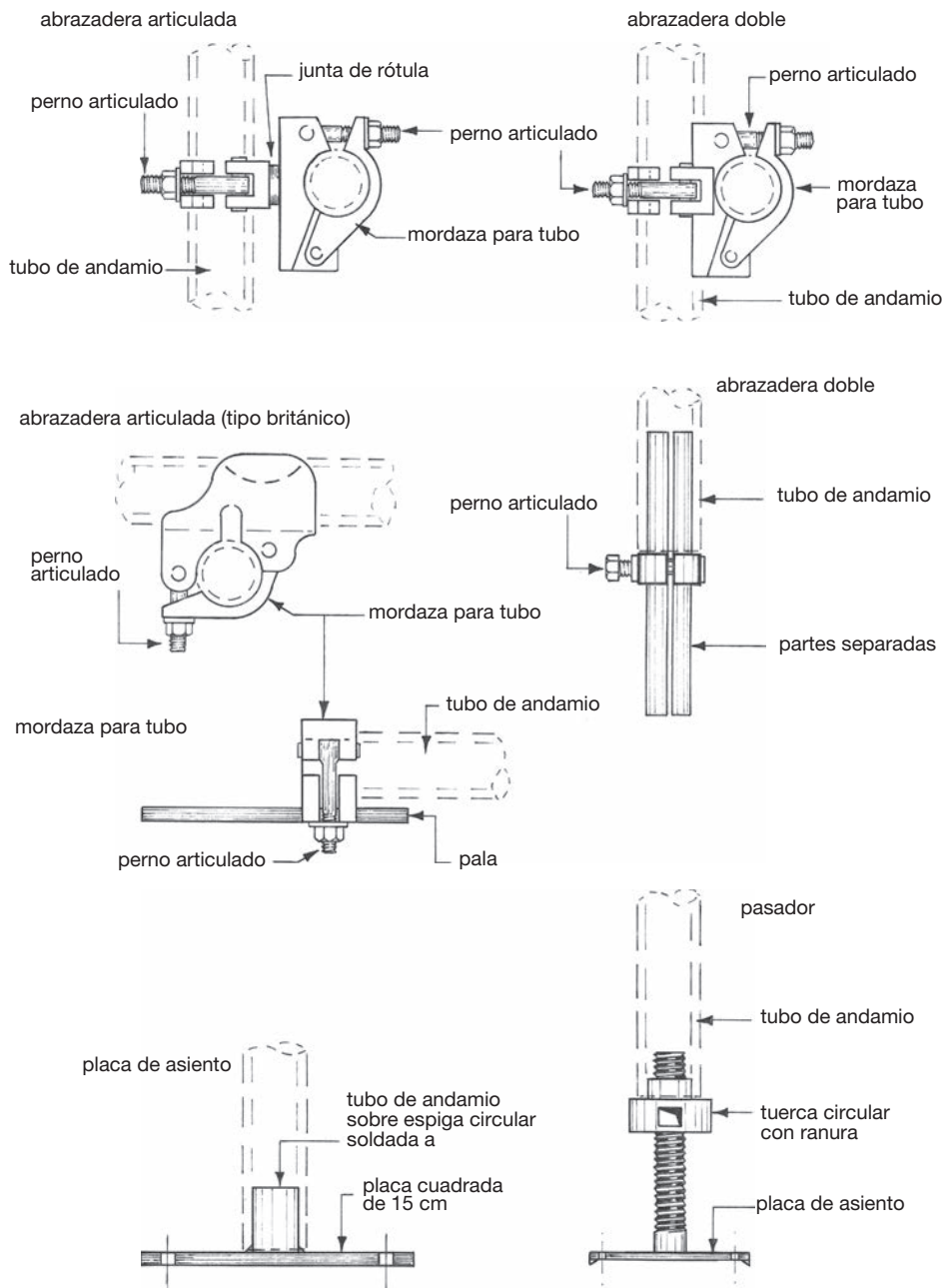
#### Detalles tipo



Escala de acceso: inclinada en el interior de la torre hacia la puerta articulada de acceso a la plataforma. Anclada a la torre para evitar que se hunda en el terreno. Nivel de la huella del pie: máx. a 40 cm sobre el nivel del suelo.

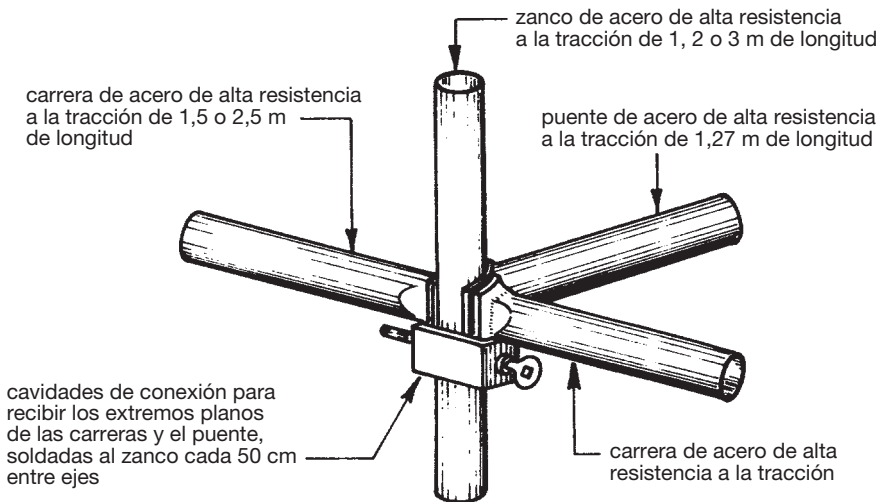


### Accesorios tipo

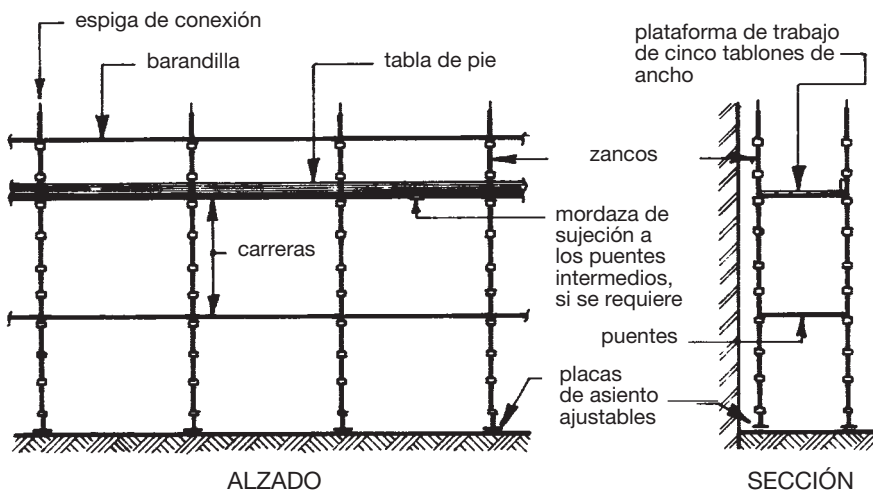


**Sistemas de andamios patentados:** se basan en un formato de andamio exento, cuyos elementos están conectados mediante un dispositivo solidario de sujeción en lugar de las abrazaderas y uniones convencionales empleadas en los andamios tubulares tradicionales. Tienen la ventaja de ser de fácil montaje y desmontaje por parte de una mano de obra semiespecializada, y de cumplir automáticamente con los requisitos de seguridad establecidos por la mayor parte de las reglamentaciones que regulan este tema. Por lo general, estos sistemas no requieren de arriostramiento transversal, aunque permiten el arriostramiento de la fachada, si se considera necesario. Pese a ser de sencilla concepción, en ocasiones, los sistemas patentados de andamiaje carecen de la flexibilidad que tienen los andamiajes tradicionales para situaciones de planta compleja.

### Ejemplo tipo



### COMPONENTES PRINCIPALES



**Sistemas de andamiaje:** andamios provisionales que sirven para proporcionar a una plataforma de trabajo un acceso y una salida seguros. Los andamios de fachada y exentos tradicionales ya han sido estudiados en las págs. 116-120. La normativa sobre seguridad e higiene en el trabajo, aplicable a los anteriores, también lo es a los sistemas de andamiaje. Los andamios especiales se diseñan para cumplir una función específica o para proporcionar acceso a zonas en las que no es posible ni/o económico usar los formatos tradicionales. Pueden construirse con tubos estándar o sistemas patentados; aunque estos últimos satisfagan la mayor parte de los requisitos normativos y sean de fácil y rápido montaje, suelen carecer de la flexibilidad que tienen los andamios tubulares tradicionales.\*

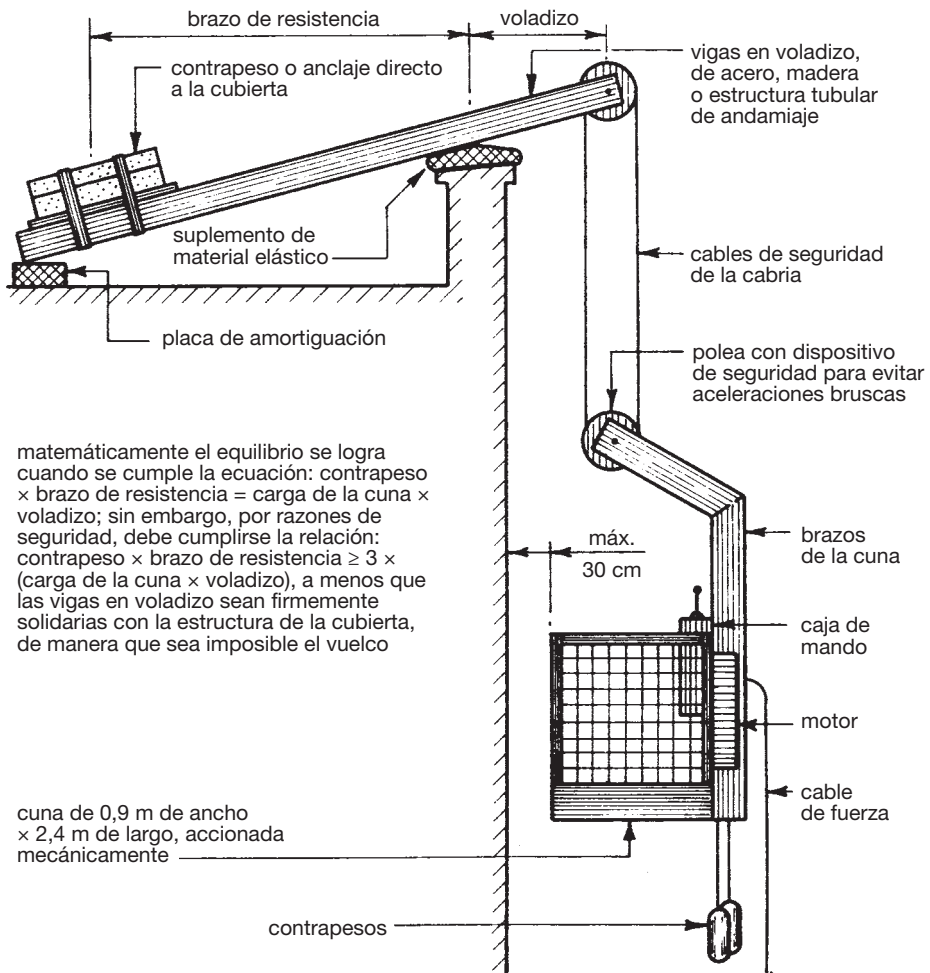
**Andamio de jaula:** forma de andamio exento que normalmente se utiliza en trabajos interiores en grandes edificios, como ayuntamientos o iglesias, para proporcionar acceso a lugares normalmente inaccesibles, como falsos techos y soffits, con objeto de poder realizar trabajos de mantenimiento, como pintura y limpieza. Consisten en filas paralelas de zancos conectados por carreras en ambas direcciones, estando todo el conjunto firmemente arriostrado en todas las direcciones. El andamio jaula se proyecta para sostener una sola plataforma de trabajo, que debe tener un suelo de doble entablado o estar revestido inferiormente por una lámina de polietileno o material similar que evite que caiga el polvo o la pintura.

**Andamio colgado:** andamio colgado de la estructura del edificio mediante cables o cadenas de acero y que carece de medios para ser izado o arriado. Cada plataforma de trabajo de este tipo de andamio consiste en una estructura de carreras y puentes, que no debe exceder unas dimensiones en planta de  $2,5 \times 2,5$  m y debe mantenerse en posición por no menos de seis cables o cadenas de acero regularmente distanciados y firmemente anclados por ambos extremos. La plataforma de trabajo debe tener su suelo de doble entablado o estar colocada sobre una lámina de polietileno o material similar que evite que caiga el polvo o la pintura. Los andamios colgados son una alternativa a los andamios jaula y, aunque son más difíciles de erigir, tienen la ventaja de que el espacio situado debajo de la plataforma de trabajo queda totalmente libre, lo que los hace muy adecuados para cines, teatros y vestíbulos de bancos con techos altos.

\* Los andamios metálicos están regulados en España por la Orden 30-6-1988 de Requisitos mínimos para el montaje, uso, mantenimiento y conservación de andamios tubulares utilizados en las obras.

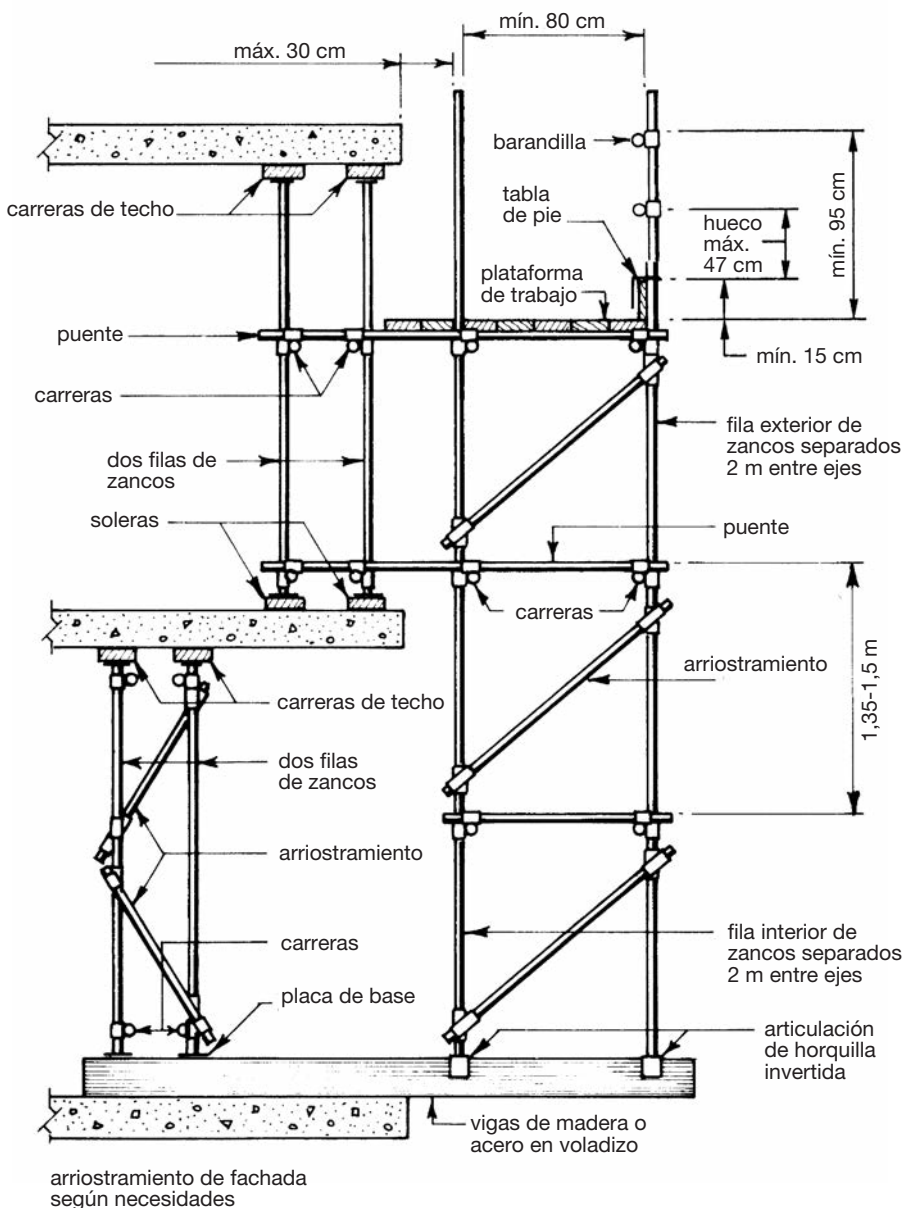
**Andamio volante:** consiste en una plataforma de trabajo en forma de cuna suspendida de una viga en voladizo o algún otro elemento saliente de la cubierta de un edificio alto, con el fin de permitir el acceso a la fachada para operaciones ligeras de mantenimiento o limpieza. Las "cunas" pueden tener equipo de control manual o mecánico, constituir unidades sueltas o agrupadas para formar una plataforma de trabajo continua. En caso de unidades agrupadas, se conectarán unas con otras por sus extremos contiguos mediante articulaciones, de modo que el hueco que quede entre ellas no supere los 25 mm de ancho. En la cubierta de muchos edificios de gran altura existe un sistema de este tipo instalado con carácter permanente, lo cual resulta muy recomendable para todo edificio de más de 30 m de altura.

### Ejemplo tipo



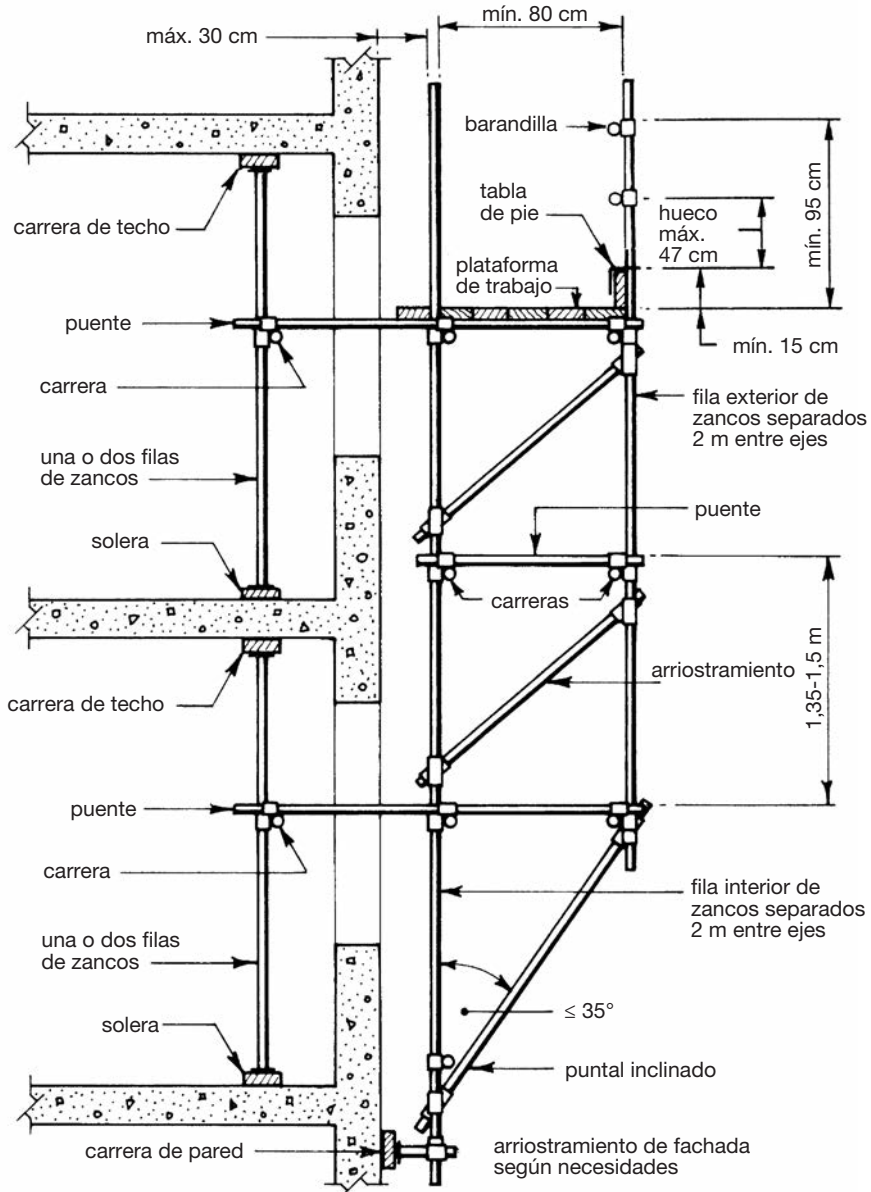
**Andamios en voladizo:** una forma de andamio exento sujeto al edificio y erigido sobre vigas en voladizo. Se utilizan en casos en que resulta impracticable, desaconsejable o antieconómico usar un andamio tradicional erigido sobre el suelo. El montaje de un andamio en voladizo requiere técnicas especiales que solo deben ser llevadas a la práctica por un personal formado y experto.

## Ejemplo tipo



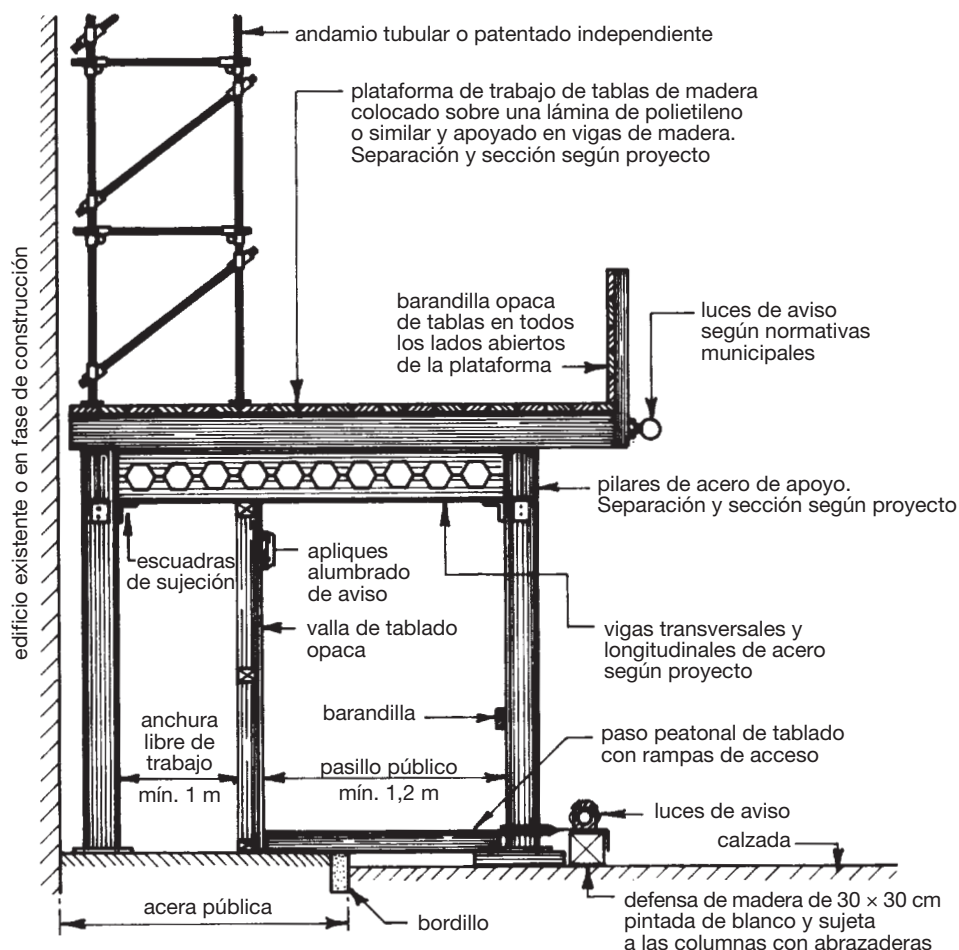
**Andamiaje de celosía proyectante hacia el exterior:** constituye una forma de andamio exento sujeto al edificio que se emplea en determinados casos en que resulta impracticable, desaconsejable o antieconómico utilizar un andamio tradicional levantado sobre el suelo. La estructura portante se denomina celosía proyectante al exterior. El montaje de esta forma de andamio requiere técnicas especiales que solo deben ser llevadas a la práctica por personal formado y experto.

### Ejemplo tipo



**Andamios sobre pórticos:** plataformas elevadas utilizadas cuando el edificio sobre el que se trabaja en obras de construcción o mantenimiento es adyacente a una acera pública. En estos casos puede utilizarse una plataforma porticada erigida sobre la acera pública para almacenar materiales, alojar las unidades de servicios y soportar un andamio exento sobre ella. Previamente a su construcción, deberá obtenerse la preceptiva licencia municipal en la que se establecen las condiciones relativas a dimensiones mínimas para el paso de peatones y los requisitos de iluminación y señalización. Además habrá que cumplir con las restricciones de policía relacionadas con las operaciones de carga y descarga de vehículos en la zona de influencia de la plataforma porticada. El pórtico puede ser construido con cualquier material, debiendo cumplir con los necesarios requisitos de seguridad.

### Ejemplo tipo

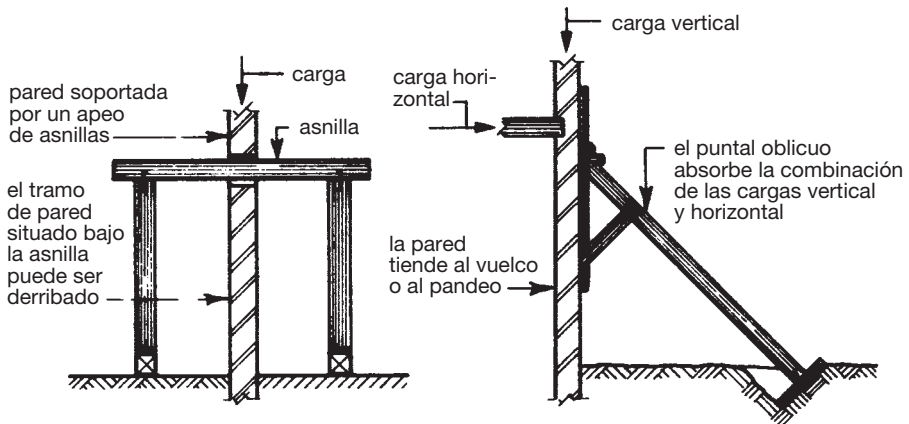


**Apuntalamiento:** apoyo provisional de un edificio existente o parte de él con la función primordial de proveer las necesarias medidas para evitar daños a las personas por colapso del mismo.

**Sistemas de apuntalamiento:** existen tres sistemas básicos de apuntalamiento que pueden utilizarse independientemente o en combinación para proporcionar apoyo:

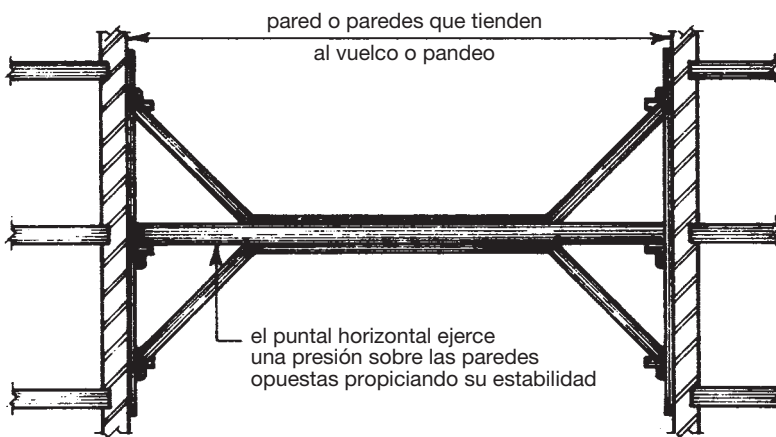
1. De asnillas: utilizado primordialmente para soportar cargas verticales.
2. Oblicuo: utilizado para soportar una combinación de cargas horizontales y verticales.
3. Horizontal: utilizado como alternativa al apeo inclinado para proporcionar espacio libre de trabajo a nivel del suelo.

### Apuntalamientos tipo



APEO DE ASNILLAS (pág. 130)

APUNTALAMIENTO OBLICUO (pág. 131)

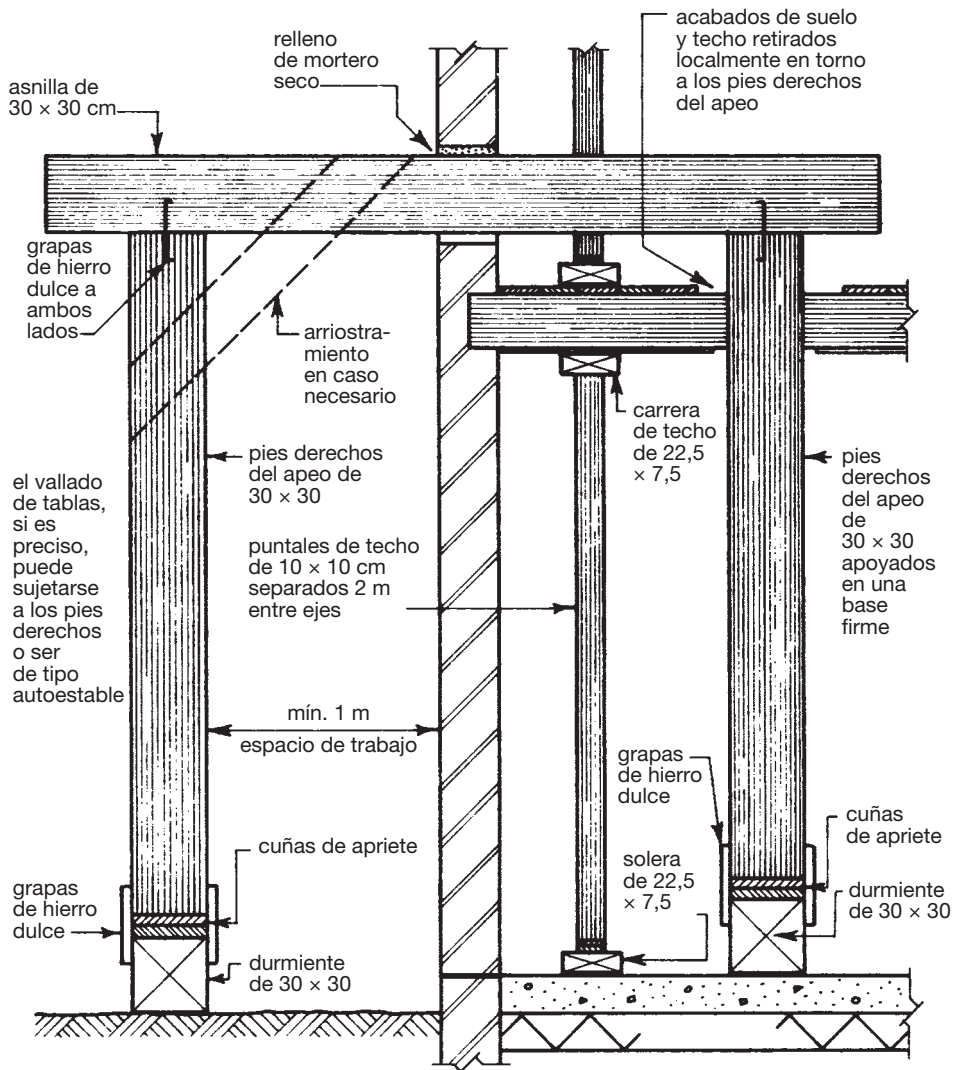


APUNTALAMIENTO HORIZONTAL (págs. 132-134)



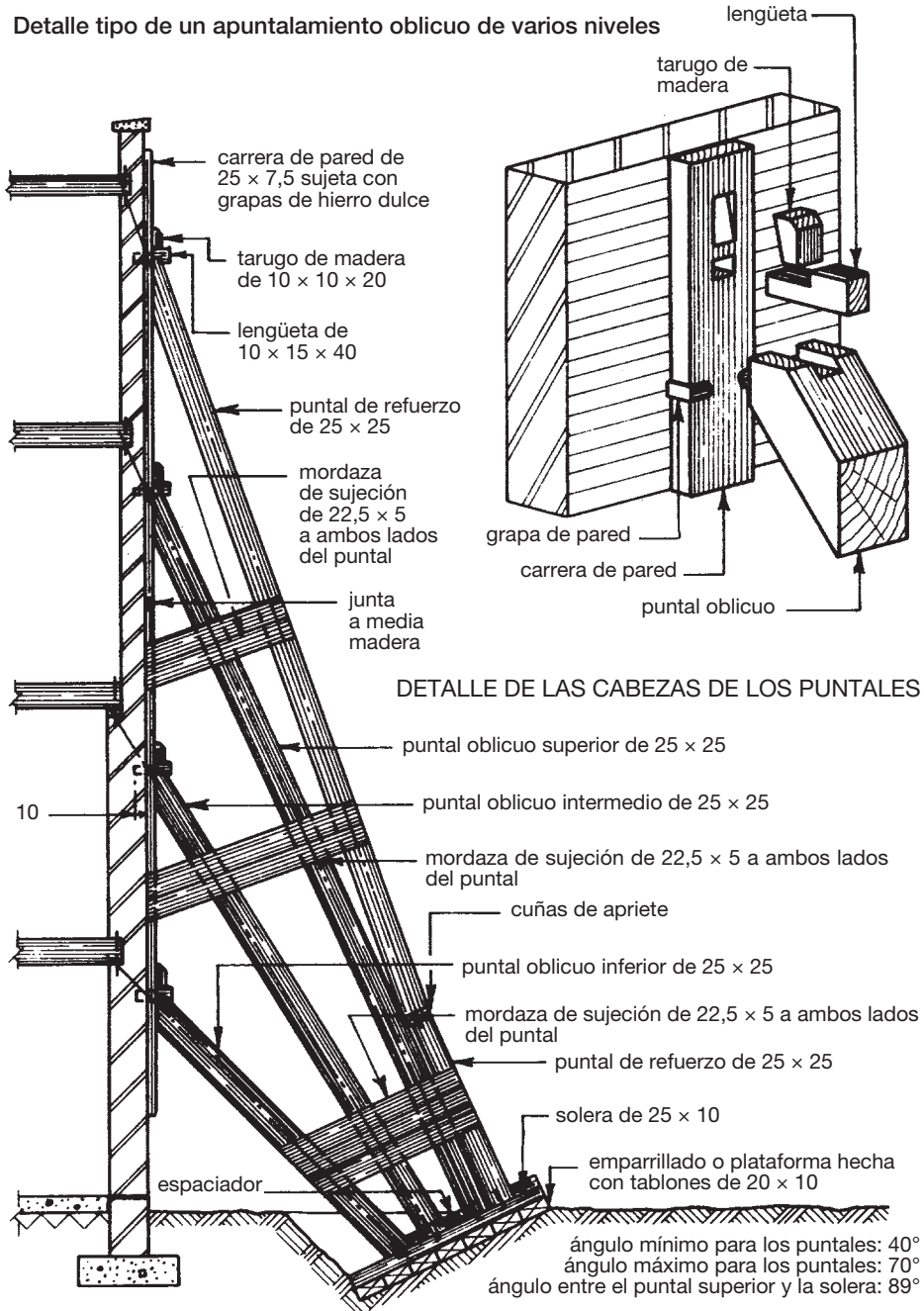
**Apeo de asnillas:** las asnillas deben colocarse a unos 2 m entre ejes, ubicándolas bajo los entrepaños de las ventanas; las ventanas próximas a las asnillas deben ser convenientemente arriostradas para evitar la distorsión de los huecos. Antes de iniciar el apeo, es preciso investigar la ubicación de cualquier servicio subterráneo para protegerlo en caso necesario. Las medidas que aparecen en el detalle son bastante usuales, aunque el dimensionado definitivo deberá realizarse para cada caso particular, sea mediante tablas o mediante cálculo. Los materiales estructurales, tales como el acero, pueden ser sustituidos por elementos de madera como los de la figura.

### Detalle tipo



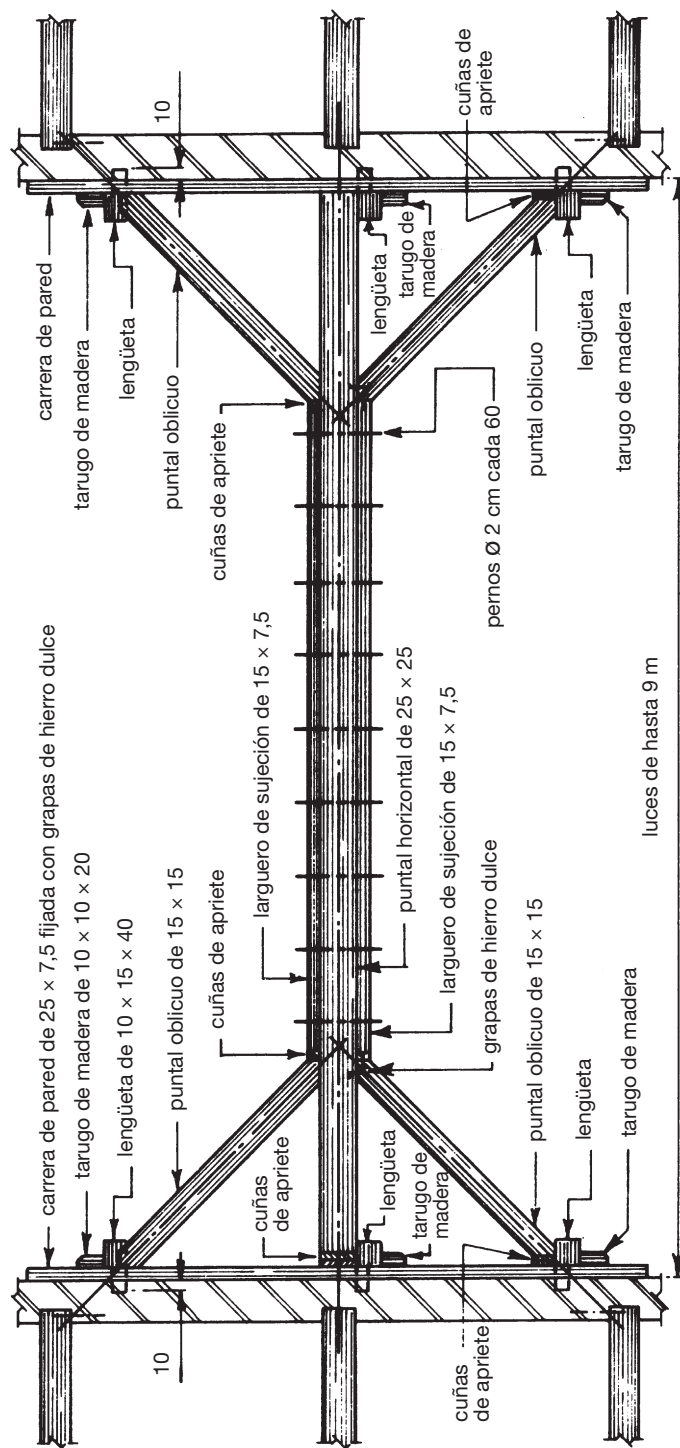
**Apuntalamiento oblicuo:** se disponen con intervalos de 3 a 4 m entre ejes y pueden constar de uno, dos, tres o múltiples niveles. Los materiales más adecuados son la madera, el acero estructural y los entramados tubulares de andamiaje.

#### Detalle tipo de un apuntalamiento oblicuo de varios niveles

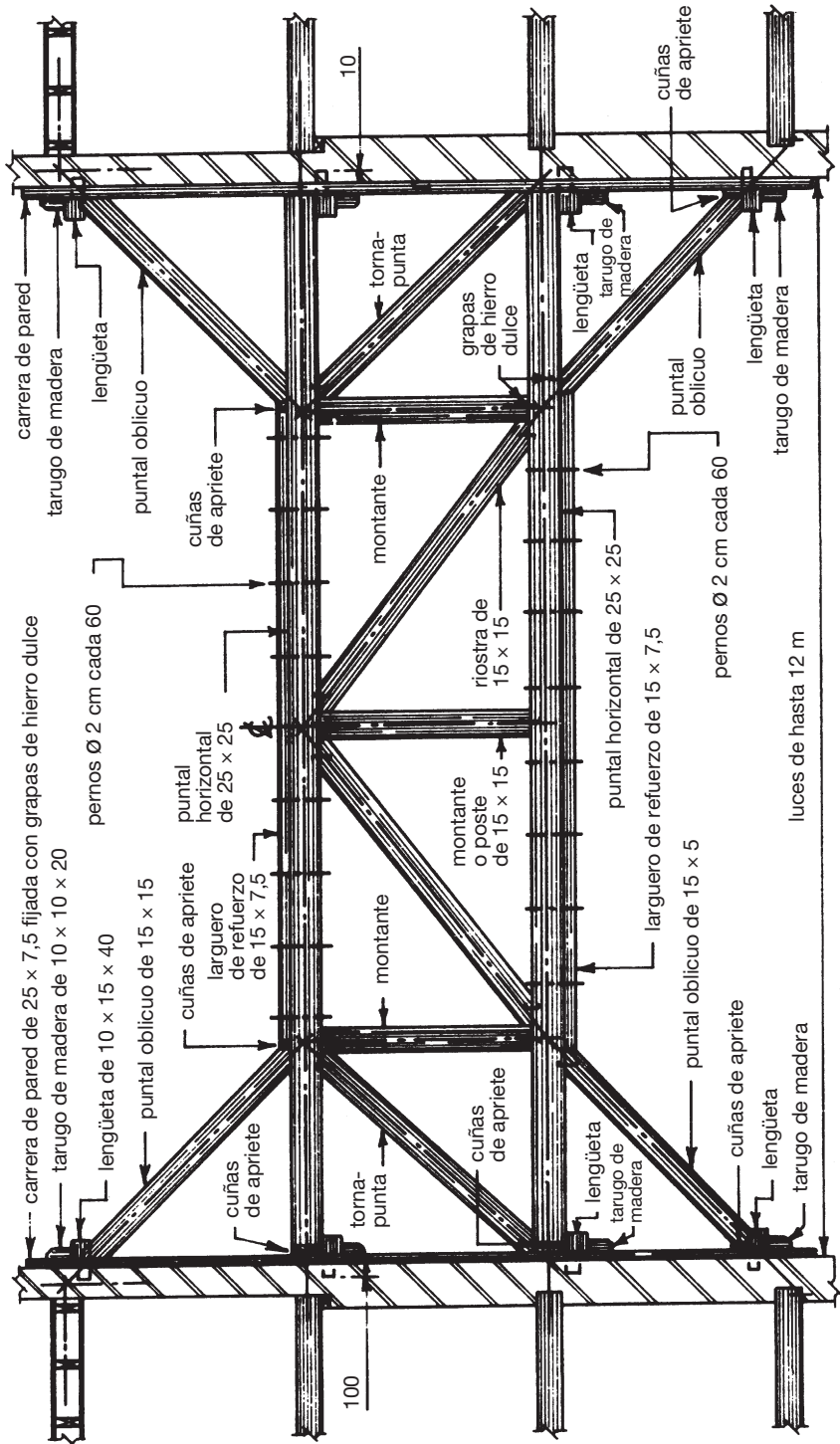


**Puntales horizontales:** se disponen con una separación de 3 a 4,5 m entre ejes y pueden ser de formato sencillo o doble. Por concepto, detalle y construcción, obedecen a los mismos principios básicos que los apuntalamientos oblicuos ya explicados en la página 131. También pueden proyectarse disposiciones asimétricas, para las cuales se aplicarán los principios básicos estudiados en los apuntalamientos oblicuos (véase pág. 134).

Detalle tipo de un apuntalamiento oblicuo simple

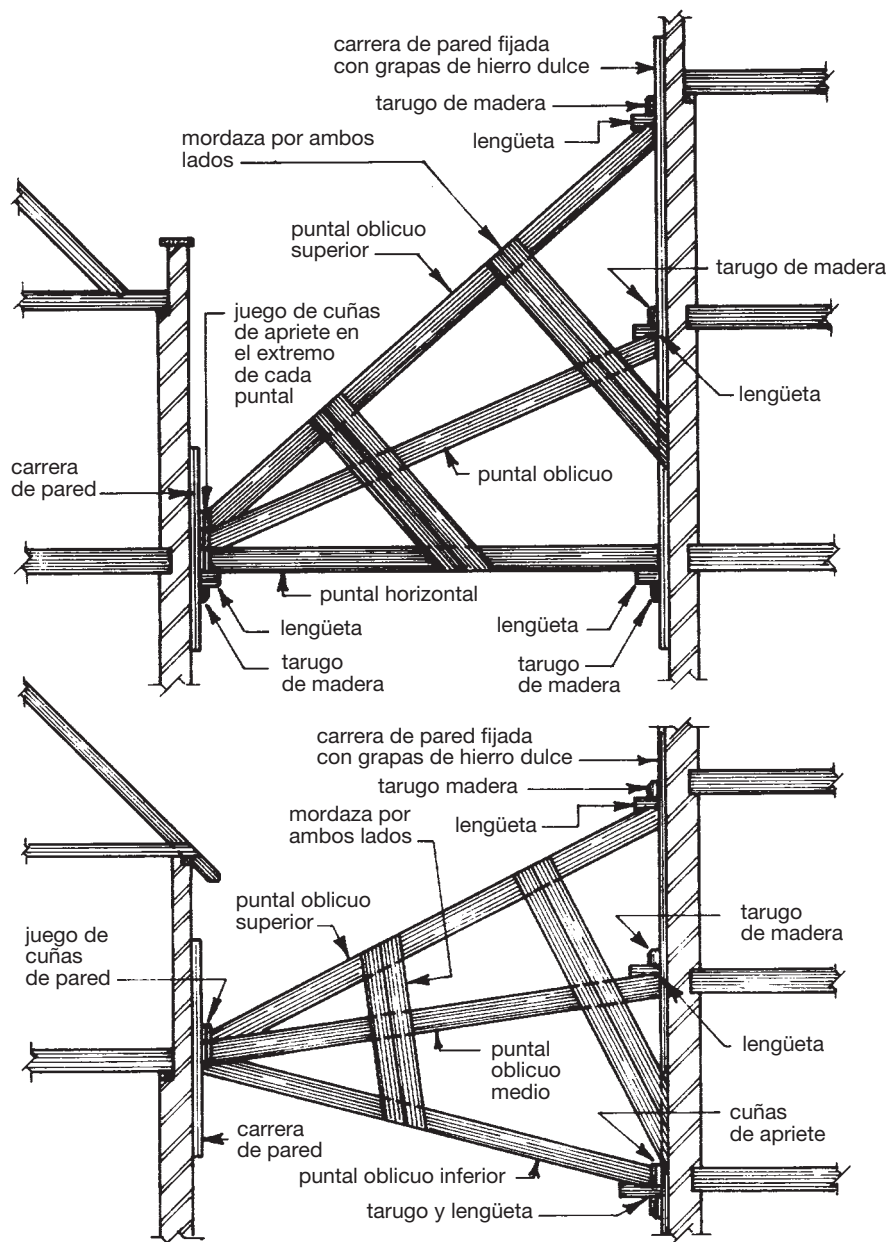


Detalle tipo de un doble apuntalamiento oblicuo



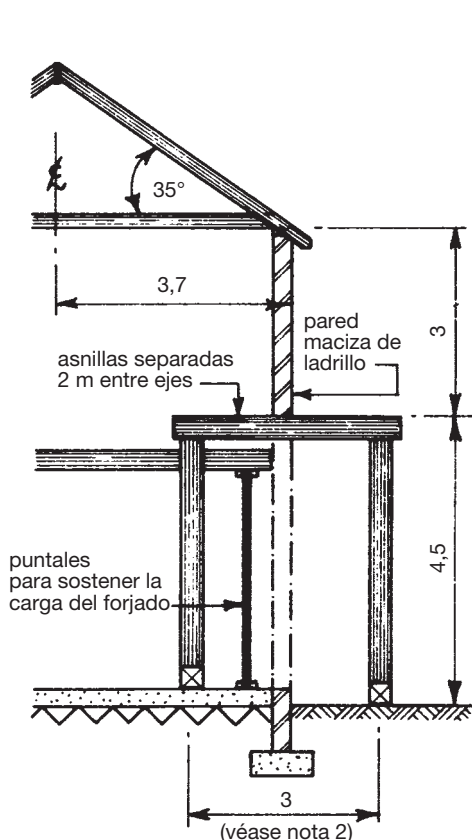
**Apuntalamientos horizontales asimétricos:** pueden realizarse apuntalamientos horizontales en situaciones asimétricas siguiendo los mismos principios básicos aplicados en los apuntalamientos simétricos (véase pág. 132). En ocasiones, su disposición combinará apuntalamiento oblicuo y horizontal.

## Ejemplos tipo



**Determinación de elementos de apoyo provisional:** el dimensionado básico de la mayoría de apoyos provisionales sigue los principios del cálculo estructural. El lector familiarizado con este conocimiento básico no tendrá dificultad en calcular los elementos de apoyo, particularmente aquellos utilizados en el contexto del mantenimiento y adaptación de edificios, como, por ejemplo, un sistema de apeo de asnillas.

### Ejemplo tipo



$$\text{Longitud de los cabios: } \cos 35^\circ = \frac{3,7}{x}$$

$$\text{de donde } x = \frac{3,7}{\cos 35^\circ} = \frac{3,7}{0,8192} = 4,52$$

|               |                   |
|---------------|-------------------|
| <b>Cargas</b> |                   |
| Cubierta:     | kg/m <sup>2</sup> |
| tejas         | 71                |
| enlistonado   | 3,4               |
| fieltro       | 2                 |
| cabios        | 7,5               |
|               | <hr/> 83,9        |

y redondeando 84 kg/m<sup>2</sup>

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| <b>Falso techo:</b> | kg/m <sup>2</sup> |
| viguetas            | 7,5               |
| acabados            | 15                |
|                     | <hr/> 22,5        |

y redondeando 23 kg/m<sup>2</sup>

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| <b>Muro:</b>        | kg/m <sup>2</sup> |
| fábrica de ladrillo | 490               |
| enlucido            | 6,8               |
|                     | <hr/> 496,8       |

y redondeando 500 kg/m<sup>2</sup>

|                                                |               |        |
|------------------------------------------------|---------------|--------|
| Peso de la cubierta por metro lineal de pared  | = 84 × 4,52 = | 379,68 |
| Peso del falso techo por metro lineal de pared | = 23 × 3,7 =  | 85,1   |
| Peso propio de la pared por metro lineal       | = 500 × 3 =   | 1.500  |

Carga total de la pared por metro lineal = 1.964,78

Carga total soportada por la asnilla = 1.964,78 × separación puntales  
 = 1.964,78 × 2.000  
 = 3.929,56 kg  
 y redondeando = 3.930 kg

Para cálculos de proyecto, véanse las dos páginas siguientes.

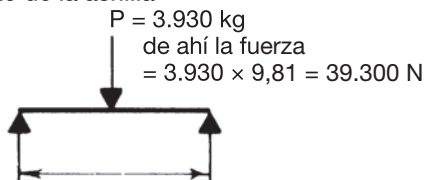
Nota 1: para pesos usuales de los materiales, véanse págs. 35 y 36.

Nota 2: para cálculo de elementos a flexión suele utilizarse la luz de cálculo (3 m entre ejes) en lugar de la luz libre.

## Determinación de elementos provisionales de apeo

Para cálculos de proyecto, véase la página anterior

### Proyecto de la asnilla



$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{P}{2} \\ &= \frac{39.300}{2} \\ &= 19.650 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Momento flector: } M = \frac{PL}{4} = \frac{39.300 \times 3.000}{4} = 29.475.000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momento flector admisible} = \text{fatiga admisible} \times \text{momento resistente} = \sigma W = \sigma \frac{bh^2}{6};$$

supongamos  $b = 300 \text{ mm}$  y  $\sigma = 6,8 \text{ N/mm}^2$ ;

$$\text{entonces: } 29.475.000 = \frac{6,8 \times 300 \times h^2}{6};$$

$$\text{de donde } d = \sqrt{\frac{29.475.000 \times 6}{6,8 \times 300}} = 294 \text{ mm}$$

úsese una escuadría de  $300 \times 300 \text{ mm}$  o dos de  $150 \times 300 \text{ mm}$ , unidas entre sí mediante tornillos de rosca para madera, de forma que trabajen solidariamente.

### Cálculo de los puntales

$$\text{superficie} = \frac{\text{carga}}{7,5} = \frac{19.650}{7,5} = 2.620 \text{ mm}^2$$

$$\text{luego, la escuadría mínima será } = \sqrt{2.620} = 52 \times 52 \text{ mm}$$

comprobación de la esbeltez:

$$\text{grado de esbeltez} = \frac{\text{longitud virtual}}{\text{grosor}} = \frac{4.500}{52} = 86,5$$

la escuadría  $52 \times 52 \text{ mm}$  es impracticablemente pequeña, con un alto grado de esbeltez; por lo tanto, habría que escoger una escuadría más estable, por ejemplo, de  $300 \times 225 \text{ mm}$ , lo que nos daría un grado de esbeltez de  $4.500/225 = 20$  (véase comprobación de estabilidad en la página siguiente).

### Comprobación de la compresión en el punto de aplicación de la carga sobre la asnilla

$$\text{carga de la pared sobre la asnilla} = 3.930 \text{ kg} = 39.300 \text{ N} = 39,3 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{superficie de contacto} &= \text{anchura de la pared} \times \text{anchura de la asnilla} \\ &= 215 \times 300 = 64.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

fatiga de compresión admisible en perpendicular a las fibras =  $2,3 \text{ N/mm}^2$

$$\text{luego la carga admisible es } = \frac{64.500 \times 2,3}{1.000} = 148,3 \text{ kN, lo que es } > 39,3 \text{ kN}$$

## Determinación de elementos provisionales de apeo y pies derechos

Comprobación de estabilidad con el ejemplo de la página anterior:

Módulo de elasticidad: mínimo 6.500 N/mm<sup>2</sup>

Esfuerzo a compresión paralela a la fibra de la madera: 7,5 N/mm<sup>2</sup>

Relación de esfuerzos =  $6.500/7,5 = 867$

Las relaciones entre esfuerzo y esbeltez se utilizan para obtener un factor de modificación (K12) para la compresión en paralelo a la fibra de la madera. A continuación se muestran algunos factores adaptados de la norma BS 5268-2:

|                       | Longitud útil/anchura de la sección (grado de esbeltez) |     |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|---------------------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|                       | 3                                                       | 6   | 12   | 18   | 24   | 30   | 36   | 42   | 48   |
| Relación de esfuerzos |                                                         |     |      |      |      |      |      |      |      |
| 400                   | 0,95                                                    | 0,9 | 0,74 | 0,51 | 0,34 | 0,23 | 0,17 | 0,11 | 0,1  |
| 600                   | 0,95                                                    | 0,9 | 0,77 | 0,58 | 0,41 | 0,29 | 0,21 | 0,16 | 0,13 |
| 800                   | 0,95                                                    | 0,9 | 0,78 | 0,63 | 0,48 | 0,6  | 0,26 | 0,21 | 0,16 |
| 1.000                 | 0,95                                                    | 0,9 | 0,79 | 0,66 | 0,52 | 0,41 | 0,3  | 0,24 | 0,19 |
| 1.200                 | 0,95                                                    | 0,9 | 0,8  | 0,68 | 0,56 | 0,44 | 0,34 | 0,27 | 0,22 |
| 1.400                 | 0,95                                                    | 0,9 | 0,8  | 0,69 | 0,58 | 0,47 | 0,37 | 0,3  | 0,24 |
| 1.600                 | 0,95                                                    | 0,9 | 0,81 | 0,7  | 0,6  | 0,49 | 0,4  | 0,32 | 0,27 |
| 1.800                 | 0,95                                                    | 0,9 | 0,81 | 0,71 | 0,61 | 0,51 | 0,42 | 0,34 | 0,29 |
| 2.000                 | 0,95                                                    | 0,9 | 0,81 | 0,71 | 0,62 | 0,52 | 0,44 | 0,36 | 0,31 |

Interpolando, una relación de esfuerzos de 867 y una relación de esbeltez de 20 indican que 7,5 N/mm<sup>2</sup> debe ser multiplicado por 0,57.

Luego, el esfuerzo aplicado debe ser  $\leq 7,5 \times 0,57 = 4,275$  N/mm<sup>2</sup>

Esfuerzo aplicado = carga axial/superficie de la sección del puntal  
 $= 19.650 \text{ N}/(300 \times 225 \text{ mm}) = 0,291 \text{ N/mm}^2$

Un esfuerzo de 0,291 N/mm<sup>2</sup> es muy inferior al esfuerzo admisible de 4,275 N/mm<sup>2</sup>, luego, los puntales de 30 × 22,5 cm son adecuados.



**Demolición:** trabajo especializado y potencialmente peligroso que solo debe ser ejecutado por especialistas.

**Tipos de demolición:** parcial y total; la parcial es menos dinámica que la total y requiere el apoyo provisional del resto de la estructura. Los trabajos de demolición se realizan casi solo manualmente, con un uso mínimo de maquinaria motorizada.

**Trabajos preliminares, un estudio detallado debe incluir:**

- Una valoración del estado de la estructura y del posible impacto de la eliminación de partes de la misma.
- El efecto de la demolición sobre las construcciones adyacentes.
- Un reportaje fotográfico detallado, y particularmente de cualquier defecto visible en los edificios adyacentes.
- Impacto en los alrededores (ruidos, molestias, protección).
- Necesidades de vallado; véanse págs. 64-68.
- Posibilidades de recuperación, reciclaje y reutilización de materiales.
- Extensión de sótanos y túneles.
- Servicios. Necesidad de desconectarlos y protegerlos para futuras reconexiones.
- Medios para la retirada selectiva de materiales peligrosos.

**Seguros:** los constructores no especializados rara vez incluyen cobertura para las demoliciones en su política de previsión. Los seguros a todo riesgo deben contemplar la posibilidad de reclamaciones por parte del personal de la obra y de las personas que accedan a la misma. Es conveniente contratar un seguro adicional a terceros para prevenir posibles lesiones o daños a otras propiedades, zonas ocupadas, negocios, servicios, calles privadas o públicas, etc.

**Recuperación:** en una demolición pueden recuperarse materiales comercializables, como ladrillos, baldosas, tejas, pizarras, perfiles metálicos o escuadrías de madera. Así mismo, es posible obtener interesantes beneficios con la venta de objetos arquitectónicos tales como chimeneas y escaleras. Los costes de la demolición se compensan parcialmente con los beneficios obtenidos a partir de la recuperación de materiales u objetos.

**Fibrocemento:** este material, prohibido en la actualidad, ha sido utilizado durante muchos años de diversos modos (aislamiento, protección contra el fuego, revestimientos y paneles sándwich, planchas para cubiertas, tuberías, etc.). Deben tomarse muestras para analizarlas en el laboratorio y, si es necesario, recurrir a contratistas especializados que retiren el material antes de comenzar la demolición.

**En general:** la demolición debe iniciarse en orden inverso al de la construcción, para ir reduciendo gradualmente la altura. En caso de no existir edificios cercanos, puede estudiarse la demolición por vuelco o explosivos.

**Demolición pieza a pieza:** con uso de equipo manual, como martillo neumático, cortadores oxiacetilénicos, picos y mazas. Debe ponerse especial cuidado cuando se pretenda recuperar materiales. Para descargar los materiales de derribo en un lugar adecuado deberán utilizarse canaletas o tubos (véase pág. 159).

**Demolición por empuje o por tracción:** suele realizarse con el cucharón articulado de una excavadora. El movimiento hidráulico se controla desde la cabina de una máquina montada sobre orugas. La demolición por tracción exige que la máquina tenga un brazo telescópico largo y provisto de una herramienta de demolición con dientes.

**Bola rompedora:** este método ya está en desuso, principalmente por razones de seguridad (a pesar de los dispositivos antigiro). La dificultad de controlar un gran peso oscilante que se balancea en el extremo del brazo de la grúa hace que esta práctica sea considerada peligrosa en muchas situaciones.

**Martillo de impacto:** un gran puntero neumático acoplado al extremo de un brazo articulado accionado desde un chasis instalado sobre orugas.

**Cortadora:** mordaza accionada hidráulicamente y equipada como el aparato anterior, capaz de girar para romper materiales quebradizos como el hormigón.

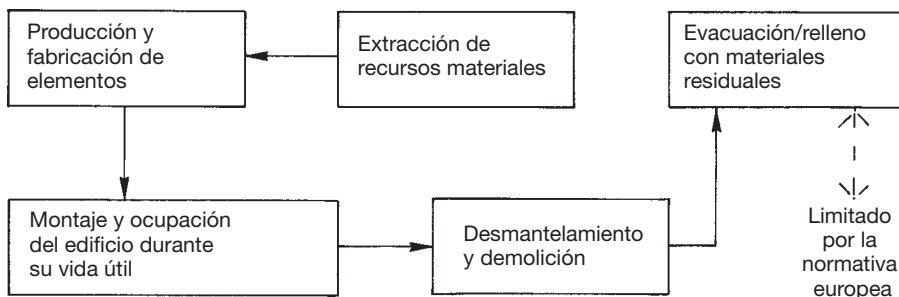
**Demolición por vuelco:** mediante cables de acero de al menos 38 mm de diámetro, atados a la parte superior del elemento a derribar y a un cabrestante anclado o vehículo pesado. Cabe utilizar este método en los casos en que se ha preparado un colapso controlado mediante la retirada de elementos clave de la estructura, caso típico de los edificios de entramado de acero. No obstante, en general se aconseja dar preferencia a otros procedimientos alternativos.

**Explosivos:** la demolición es un trabajo especializado, pero si además se usan explosivos, el grado de especialización necesario es aun superior y está limitado a unas pocas empresas con licencia para ello. Las cargas se activan en una secuencia que debilita el edificio induciéndolo a un colapso interno controlado.

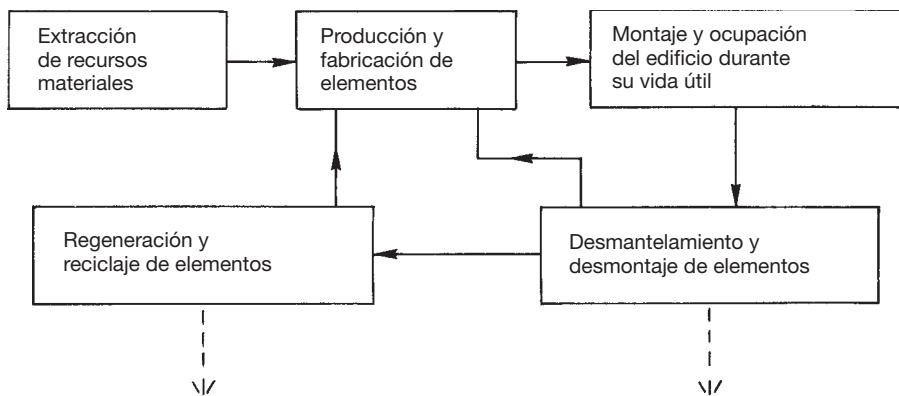
## Demolición sostenible

**Concepto:** reducir los escombros proyectando su demolición.

**Proceso lineal** (generador de muchos escombros, no sostenible):



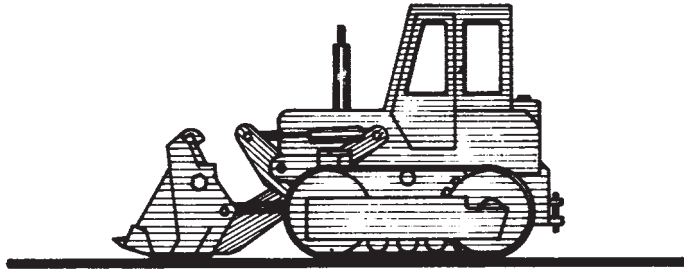
**Ciclo cerrado** (generación de escombros casi nula, sostenible):



Como ejemplos de reutilización pueden incluirse los siguientes:

- Áridos reciclados de hormigón y trozos de albañilería para grava, rellenos de tierras, jardinería, etc.
- Recuperaciones: vigas de madera y piezas de ebanistería.  
Elementos arquitectónicos.  
Pizarras y tejas.  
Perfiles de acero estructural.

### 3. MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN



CONSIDERACIONES GENERALES

EXPLANADORAS DE EMPUJE (*BULLDOZERS*)

TRAÍLLAS

NIVELADORAS

PALAS MECÁNICAS

EXCAVADORAS

VEHÍCULOS DE TRANSPORTE

MONTACARGAS

CONDUCTOS Y CONTENEDORES PARA EVACUACIÓN  
DE ESCOMBROS

GRÚAS

MAQUINARIA DE HORMIGONADO

**Consideraciones generales:** el criterio para la selección de la maquinaria de construcción, cuya gama abarca desde pequeñas herramientas manuales a grandes aparatos mecánicos, como excavadoras y grúas de torre, obedece a alguna o algunas de las siguientes razones:

1. Incremento de la producción.
2. Reducción de los costes totales de construcción.
3. Realización de actividades que no podrían ser llevadas a la práctica de forma económica por los métodos manuales tradicionales.
4. Eliminación del trabajo manual pesado, con reducción de la fatiga y el consiguiente aumento de la productividad de los trabajadores.
5. Reducción de mano de obra allá donde exista escasez de personal con la cualificación requerida.
6. Mantenimiento de los elevados niveles tecnológicos requeridos, particularmente en el contexto de los trabajos de ingeniería estructural.

**Consideraciones económicas:** la introducción de maquinaria no siempre tiene como resultado un ahorro económico, pues en ocasiones es preciso realizar trabajos provisionales suplementarios en el solar (como calzadas, plataformas para asentamiento de maquinaria, cimentaciones y anclajes) cuyos costes pueden llegar a sobrepasar con creces los beneficios del ahorro que reportaría su instalación.

Puede ocurrir que haya que planificar la organización general del solar y las circulaciones basándose en las ubicaciones de la maquinaria en lugar de los movimientos y acomodamiento del personal y de los materiales.

Para que pueda considerarse que una máquina es económica, su utilización debe aprovecharse al máximo y evitar dejarla arrinconada, ya que la maquinaria, sea alquilada o comprada, tiene que pagarse aunque no resulte productiva. Por lo general, se considera que la utilización de una máquina es completa cuando se aproxima al 85 % del tiempo de permanencia en obra, dejando así un margen para las paradas en el funcionamiento normal, el mantenimiento diario y el programado que deben llevarse a cabo para evitar, en lo posible, las averías que podrían comprometer el cumplimiento del plan de obra.

Muchas máquinas de obra operan junto con otras, como excavadoras y sus vehículos de tracción y, por tanto, si pretende conseguirse un resultado económico debe existir un correcto equilibrio entre tales elementos de la obra.

**Consideraciones de mantenimiento:** en obras de gran envergadura donde se prevea utilizar maquinaria en abundancia, puede resultar económicamente interesante contratar un mecánico que esté a pie de obra para realizar todas las tareas rutinarias de mantenimiento diario, preventivo y programado, así como las pequeñas reparaciones que puedan solucionarse en la misma obra.

**Coste de la maquinaria:** a excepción de cierto equipo de pequeña entidad, que generalmente es de compra, la mayor parte de las máquinas puede alquilarse; en caso de haber varios artículos similares, puede estudiarse la posibilidad de establecer una combinación de compra y alquiler. La elección estará en todo caso condicionada por factores económicos y por la posibilidad de utilizar la maquinaria en futuras obras, de modo que los costes puedan repartirse entre varios contratos.

#### Ventajas del alquiler de maquinaria:

1. La maquinaria puede alquilarse para períodos breves.
2. La responsabilidad sobre las reparaciones y sustituciones corresponde, por lo general, a la empresa arrendadora.
3. Una vez utilizada, se devuelve la maquinaria a la empresa arrendadora, liberando al contratista del problema que supone buscar un nuevo lugar u obra donde emplearla para justificar su adquisición o retención.
4. La maquinaria puede ser alquilada incluyendo en el precio al maquinista, el combustible y el aceite.

#### Ventajas de la compra de maquinaria:

1. La disponibilidad del equipo queda totalmente en manos del constructor.
2. El coste por hora de la maquinaria generalmente es más barato que el de la maquinaria alquilada.
3. El propietario puede elegir el método de costearla.

#### Métodos tipo de costeo:

##### 1. Método directo: más sencillo

Gasto de instalación = 6.000 €  
 Duración prevista = 5 años  
 Horas de uso anuales = 1.500 h  
 Valor de reventa = 541 €

##### Depreciación anual

$$= \frac{6.000 - 541}{5} = 1.092 \text{ €}$$

##### Depreciación horaria

$$= \frac{1.092}{1.500} = 0,728$$

Añádanse: - 2 % de seguro = 0,015  
 - 10 % mantenimiento = 0,073

$$\text{Coste horario} = 0,64 \text{ €}$$

##### 2. Interés sobre el capital desembolsado: método más preciso ampliamente utilizado

$$\begin{array}{rcl} \text{Gasto de instalación} & = & 6.000 \text{ €} \\ \text{Interés sobre el capital} & & \\ \text{(8 \% durante 5 años)} & = & 2.780,35 \text{ €} \\ & \underline{\hspace{1cm}} & 8.780,35 \text{ €} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Deducir valor de reventa} & \underline{\hspace{1cm}} & 541 \text{ €} \\ & & 8.239,35 \text{ €} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} + 2 \% \text{ de seguro} & & 120 \\ + 10 \% \text{ de mantenimiento} & & 600 \\ & \underline{\hspace{1cm}} & 8.959,35 \text{ €} \end{array}$$

##### Coste horario:

$$= \frac{8.959,35 \text{ €}}{5 \times 1.500} = 1,195 \text{ €}$$

NOTA: añadir los gastos corrientes al coste horario.

**Rendimiento y ciclos de las máquinas:** todas las máquinas tienen un rendimiento y un ciclo óptimos que pueden utilizarse como base para hacer una estimación anticipada de la productividad, teniendo en cuenta el tipo de tarea que hay que realizar, la eficiencia de la máquina para esa tarea, la eficiencia del operario que la maneja y, en el caso de máquinas excavadoras, el tipo de suelo. Los datos de los factores que cabe tener en cuenta pueden obtenerse de observaciones cronometradas, de la información escrita o tabulada facilitada por el fabricante o de libros de consulta fiables.

### Ejemplo tipo:

Excavadora de retrodescarga dotada de una cuchara de 1 m<sup>3</sup> de capacidad que opera en una excavación normal de zanja, en un suelo de tipo arcilloso y descargando directamente sobre un vehículo de transporte auxiliar.

|                                   |                                                                                             |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rendimiento óptimo                | = 60 cucharadas/h                                                                           |
| Factor de eficiencia              | = 0,8 (sacado de tablas)                                                                    |
| Factor de eficiencia del operario | = 75 % (dato tipo)                                                                          |
| Rendimiento previsto              | = $60 \times 0,8 \times 0,75 =$<br>= 36 cucharadas/h = $36 \times 1 = 36$ m <sup>3</sup> /h |

debe introducirse una corrección en previsión del esponjamiento o entumecimiento del material debido a la introducción de aire o huecos durante el proceso de excavación.

Rendimiento neto suponiendo un esponjamiento del 30 % =  
=  $36 - (36 \times 0,3) \approx 25$  m<sup>3</sup>/h

Si el *estado de mediciones* da una excavación neta de 950 m<sup>3</sup>  
tiempo requerido =  $950/25 = 38$  h

o suponiendo una jornada de 8 – 1/2 h de tiempo de mantenimiento =  
=  $38/7,5 \approx 5$  días

Vehículos de transporte requeridos =  
=  $1 + \frac{\text{tiempo de ida y vuelta del vehículo}}{\text{tiempo de carga del vehículo}}$

si la duración del viaje de ida y vuelta = 30 min y el tiempo de carga = 10 min

número de vehículos de transporte requerido =  $1 + \frac{30}{10} = 4$

esto nos da la posibilidad de solapar un vehículo de espera, asegurando así la utilización íntegra de la excavadora, lo cual es económicamente deseable.

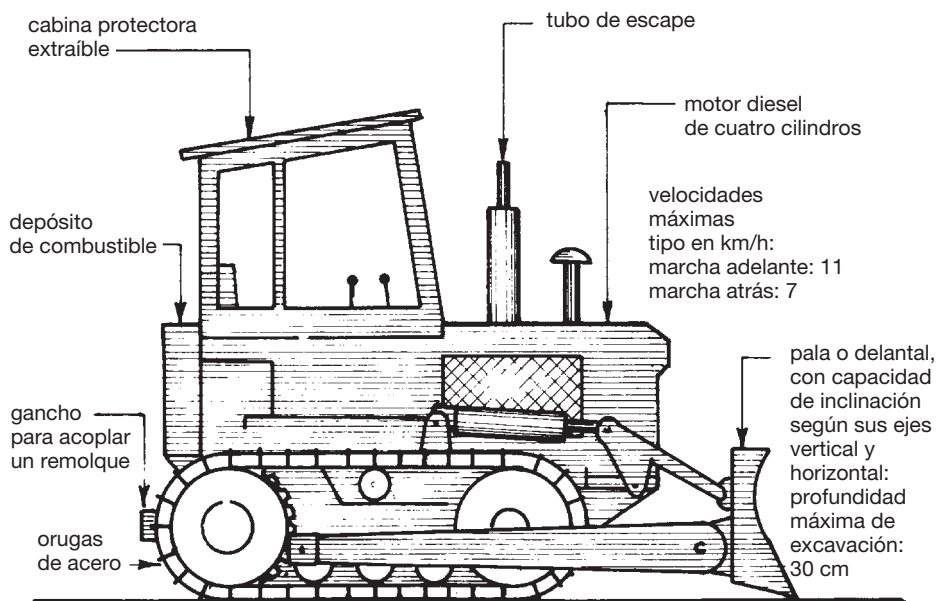
**Explanadoras de empuje o *bulldozers*:** consisten en una unidad tractora montada sobre orugas o ruedas convencionales, con una pala delantera, o delantal, accionada, por lo general, hidráulicamente, aunque existen algunos modelos mandados por cables. Muchos *bulldozers* tienen la capacidad de orientar la pala según ángulos diversos en relación con el eje de marcha (*angledozer* o *bulldozers* angular) e inclinar la pala para darle mayor o menor elevación. Algunos *bulldozers* también admiten acoplar accesorios en la parte posterior, como cilindros apisonadores y escarificadoras (dientes o peines).

**Las funciones principales de un *bulldozer* son:**

1. Excavaciones de poca profundidad, hasta 30 cm, sean en terreno llano o a media ladera.
2. Operaciones de desbroce de arbustos o árboles pequeños.
3. Retirada de árboles usando la pala en posición izada como brazo de empuje.
4. Actuar como tractor de remolque.
5. Actuar como empujador de traillas (véase página siguiente).

NOTA: Los *bulldozers* empujan las tierras que quedan delante de la pala, mientras que los *angledozers* las empujan apartándolas a un lado.

**Detalles de un *bulldozer* tipo**



NOTA: debe colocarse la cabina protectora antes de su uso.



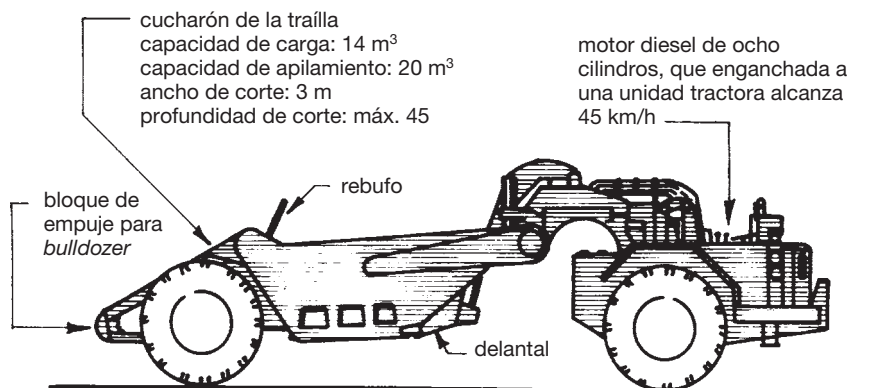
**Traíllas o escarpadoras:** se utilizan para remover tierras a pequeñas capas, cargar y transportar en operaciones de limpieza y nivelación del terreno a gran escala. Están dotadas de un cucharón que puede adoptar tres posiciones. En su posición de carga, el borde (cortante) del cucharón rasca la superficie del terreno a la par que se va llenando, todo ello en una sola operación. Una vez lleno, el cucharón se eleva y es cerrado por un delantal para que la tierra no se caiga mientras la traílla es transportada hacia el lugar de vertido de las tierras (posición de transporte). Al llegar a él, se vierte la tierra por basculamiento del cucharón o elevación del delantal, mientras la máquina se desplaza marcha atrás (posición de descarga).

Existen tres formatos básicos de traílla, a saber:

1. **Traílla de arrastre:** consiste en una traílla de cuatro ruedas acoplada a la parte trasera de un tractor oruga. Suelen ser más lentas que los demás modelos, pero son útiles para capacidades pequeñas y transportes de hasta 300 m de recorrido.
2. **Traílla de dos ejes:** consiste en una traílla de dos ruedas acoplada a una unidad tractora también de dos ruedas. Son muy manejables, tienen poca resistencia al balanceo y una buena tracción.
3. **Traílla de tres ejes:** consiste en una traílla de dos ruedas que puede estar dotada de un motor posterior para ayudar al tractor de cuatro ruedas que la complementa. Generalmente estas máquinas tienen mayor capacidad que los modelos anteriores, son de más fácil manejo y tienen un ciclo más rápido.

Para obtener su máxima eficiencia es recomendable que las traíllas carguen cuesta abajo; además, conviene trabajar sobre terrenos planos, eliminando previamente los bolos y tocones que dificultan mucho las operaciones de carga y descarga. Para el desmochado, es conveniente gozar de la asistencia de una máquina de empuje, como un *bulldozer*, que proporciona el aumento de potencia necesario.

### Detalle de una traílla tipo



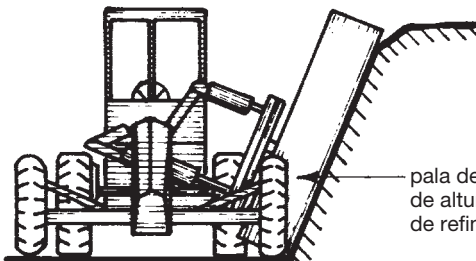
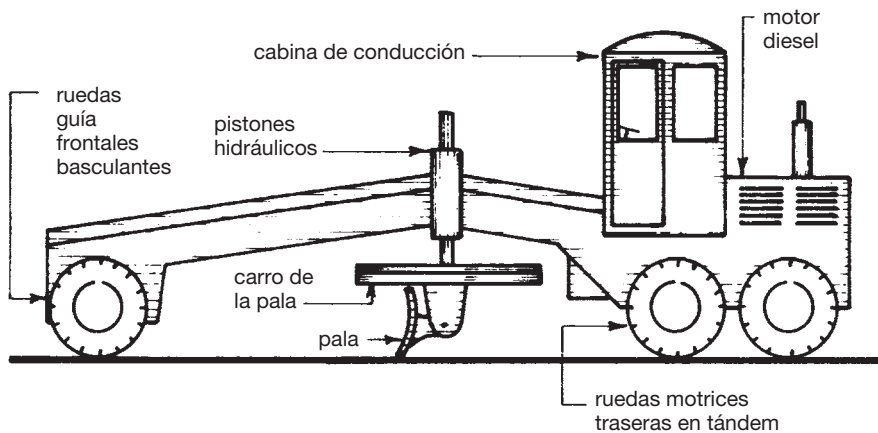
NOTA: debe colocarse la cabina protectora antes de su uso.

**Niveladoras:** son máquinas de empuje parecidas a los *bulldozer* que también tienen una pala ajustable que suele estar situada bajo la parte central de la máquina. La principal función de la niveladora es igualar la capa superior de grandes zonas que, por lo general, han sido previamente escarpadas o explanadas por una trailla o un *bulldozer*, respectivamente. Son capaces de proporcionar un acabado fino y preciso, aunque no tienen la potencia de un *bulldozer*, por lo que no son muy adecuadas para las excavaciones habituales en trabajos de edificación. La pala puede adoptar una inclinación de hasta 300° con relación al eje de marcha, por un lado, y respecto al plano horizontal por el otro, permitiéndole esta última rectificar y pulir los taludes.

**Existen dos formatos básicos de niveladora:**

1. De cuatro ruedas: todas las ruedas son motrices y directrices, lo que confiere a la máquina la capacidad de ataluzar y desplazar lateralmente grandes cantidades de tierra sin variar su eje de marcha.
2. Seis ruedas: esta máquina tiene cuatro ruedas motrices en tándem en la parte trasera y dos ruedas guía basculantes en la parte frontal, lo que le permite contrarrestar con eficacia los empujes laterales.

**Detalles de una niveladora tipo**



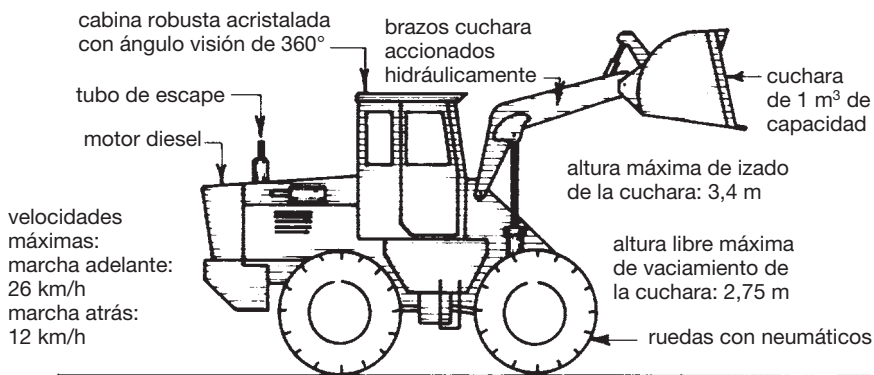
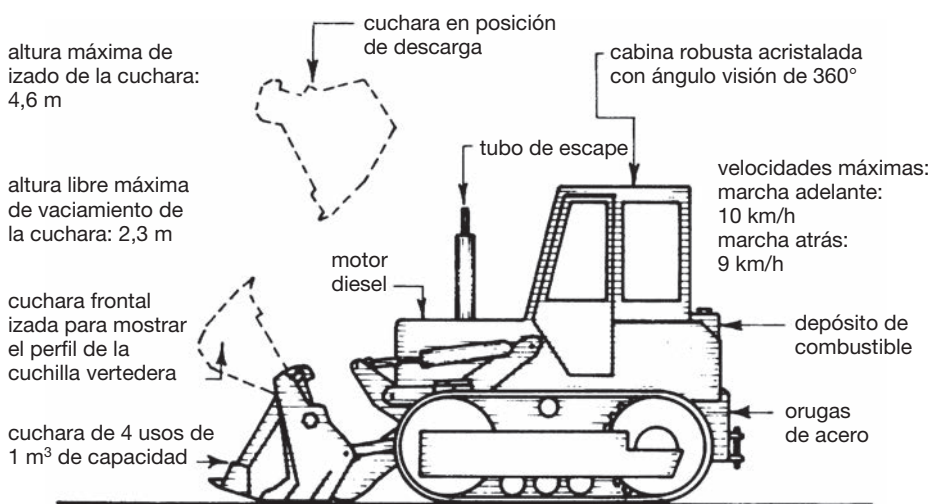
velocidades máximas:  
trabajos de acabado: 10 km/h  
trabajos de rectificación de taludes:  
6 km/h

pala de 4 m de anchura x 0,6 m de altura, con una capacidad de refinado de  $\pm 5$  mm

**CORTE, RECTIFICACIÓN Y NIVELACIÓN DE TALUDES**

**Palas mecánicas:** también llamadas palas cargadoras o tractorizadas, su función primordial es cargar las tierras sueltas en su cucharón frontal, elevar la cuchara y maniobrar hasta la posición idónea para descargar el material sobre la caja de un camión de transporte. La máquina ataca el montón de tierras sueltas con la cuchara en posición baja, de modo que su velocidad y potencia permitan su llenado. Existen las dos versiones, montada sobre orugas o sobre ruedas; la de orugas es más adecuada para terrenos húmedos e irregulares, mientras que la versión de ruedas alcanza mayor velocidad y tiene mayor capacidad de maniobra. Para aumentar su versatilidad, puede dotarse a estas máquinas de cucharas de cuatro usos que les permitan realizar las actividades de explanar, excavar, cargar e izar la carga.

### Detalles de una pala mecánica tipo

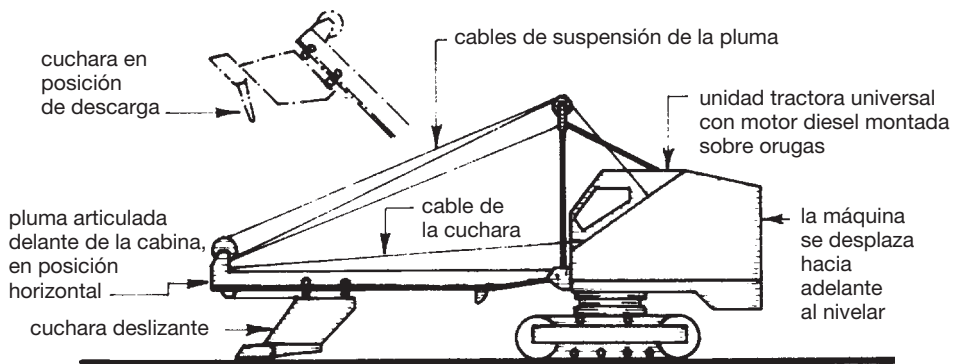


**Excavadoras:** forman parte del grupo de las máquinas más grandes de una obra y se utilizan principalmente para excavar y cargar la mayor parte de tipos de suelo. Existe una amplia variedad de diseños y tamaños , pero todas ellas pueden ubicarse dentro de uno de los tres tipos siguientes:

1. **Excavadoras universales:** este tipo abarca la mayor parte de excavadoras, todas ellas con una unidad tractora. La unidad tractora universal es una máquina montada sobre orugas con una capacidad de giro de 360°, con brazos y cucharas cambiabiles para cumplir diferentes operaciones de excavación. Estas máquinas se caracterizan por su elevado rendimiento y son accionadas por cable.
2. **Excavadoras para usos específicos:** diseñadas para realizar un modo específico de excavación. Por lo general tienen cucharas de menor capacidad, son de accionamiento hidráulico y tienen un ciclo de tiempo más corto.
3. **Excavadoras polivalentes para usos múltiples:** pueden cumplir varias funciones de excavación y disponen de aditamentos frontales y traseros. Están diseñadas para llevar a cabo, de forma rápida y eficiente, pequeñas operaciones de excavación de poco volumen. Existen excavadoras para usos múltiples montadas sobre orugas o ruedas que encajan perfectamente con las necesidades de empresas constructoras pequeñas con necesidades moderadas de empleo de maquinaria de excavación.

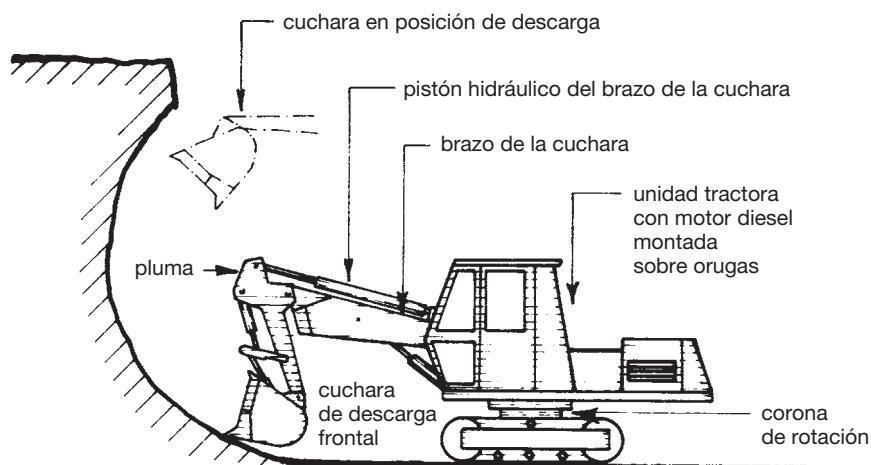
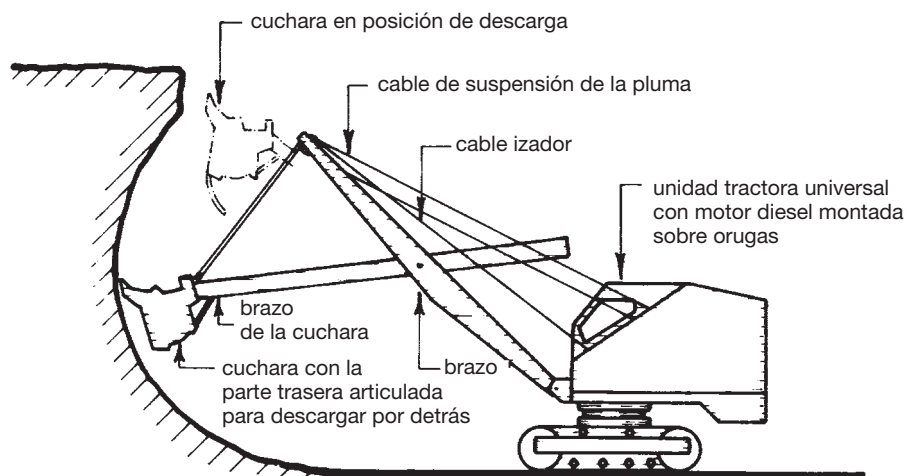
**Palas niveladoras:** utilizan una unidad tractora universal para realizar operaciones de desbrozo y excavaciones de hasta 30 cm de profundidad, donde se requiera un alto grado de precisión. Generalmente se precisan vehículos auxiliares de transporte para retirar las tierras. Para ir de una obra a otra por carretera deben ser transportadas en vehículos de plataforma de carga baja. Debido a todas estas limitaciones y a la existencia de máquinas alternativas en el mercado, actualmente están cayendo en desuso.

#### Detalle de una excavadora tipo



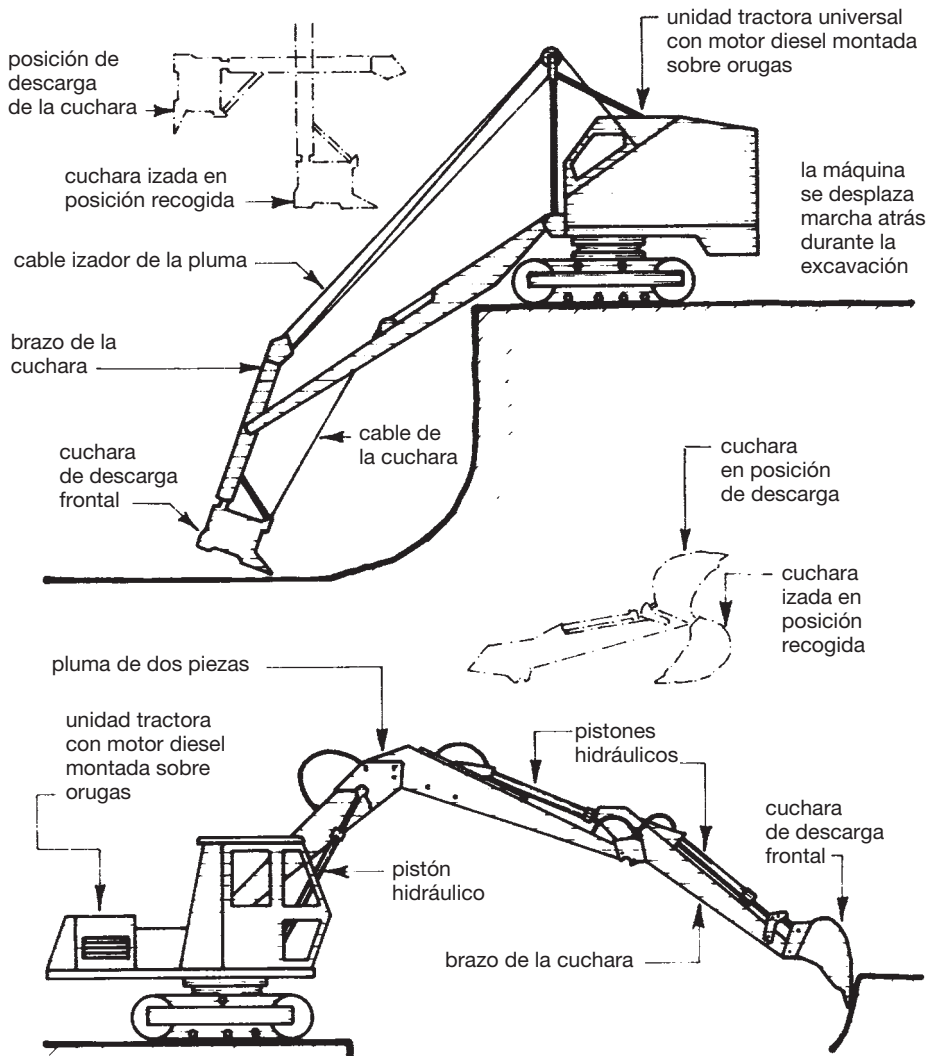
**Palas excavadoras frontales:** su función principal es excavar hacia adelante y hacia arriba, por encima del nivel de sus orugas o ruedas. Son, por tanto, máquinas indicadas para desmontes. Existen formatos basados en una unidad tractora universal y otros para usos específicos con accionamiento hidráulico. Por lo general estas máquinas pueden excavar cualquier tipo de terreno excepto los rocosos, que deberán ser triturados antes de la excavación, generalmente mediante voladura. Estas máquinas precisan vehículos auxiliares para transportar las tierras, y para circular por carretera entre dos obras deben ser trasladadas en un camión de plataforma baja. La mayor parte de ellas no puede excavar más de 30 o 40 cm por debajo del nivel de sus propias orugas o ruedas.

## Detalles tipo de palas excavadoras frontales



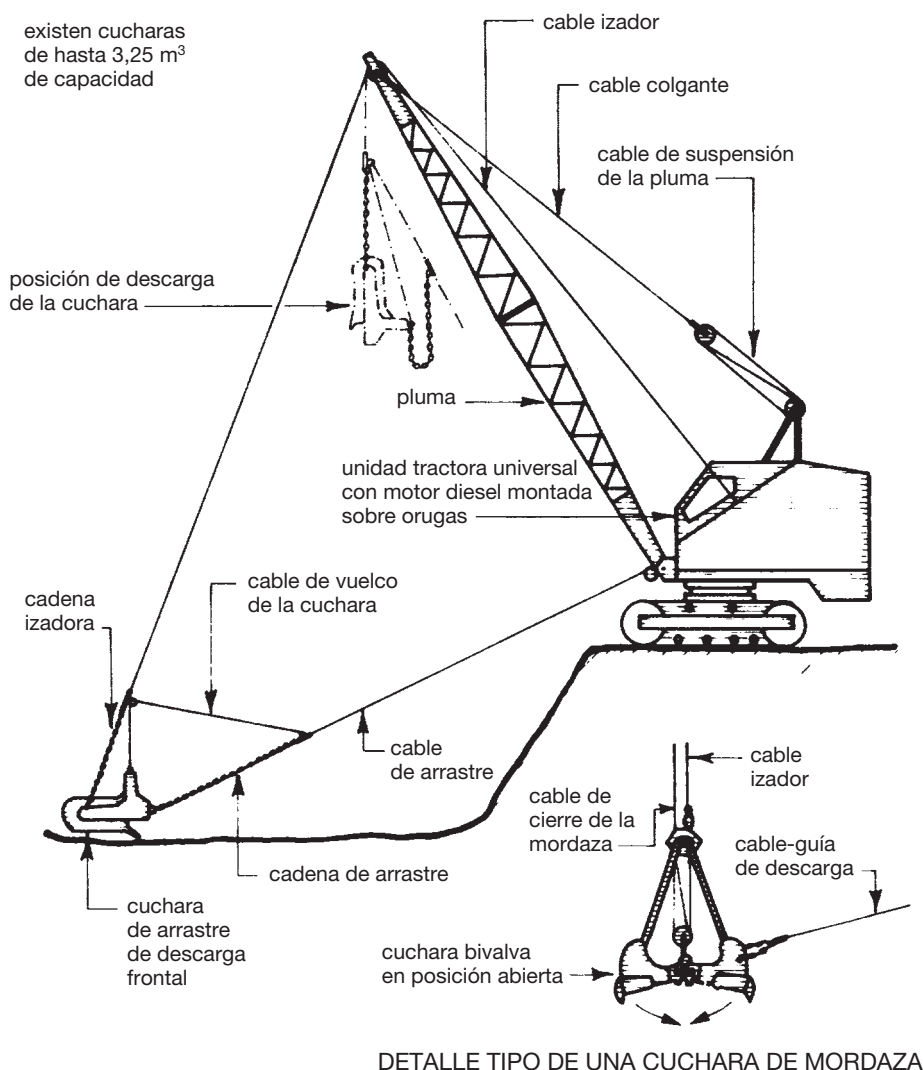
**Retroexcavadoras:** adecuadas para vaciados y excavaciones de zanjas y pozos de cimentación. Existen formatos basados en una unidad tractora universal y otros de accionamiento hidráulico diseñados para uso específico. Pueden utilizarse con o sin vehículo auxiliar de transporte, pues las tierras de excavación pueden colocarse a lo largo de la excavación para ser posteriormente utilizadas como relleno. Para trasladar estas máquinas entre dos obras se necesitará un vehículo de transporte con plataforma baja. La retroexcavadora es una máquina muy adecuada y precisa para excavar zanjas de la misma anchura que la cuchara con un rendimiento muy alto.

### Detalles de retroexcavadoras tipo



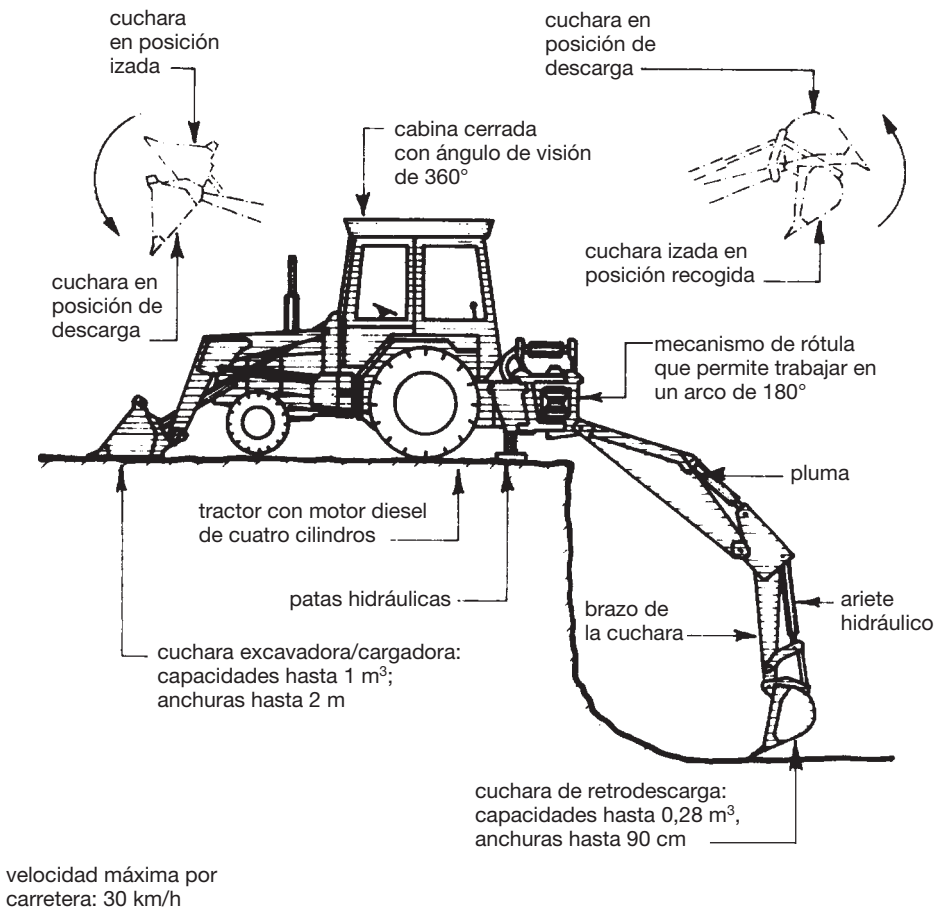
**Dragalinas:** se basan en una unidad tractora universal dotada de un mecanismo de grúa elemental de cuyo extremo cuelga una cuchara arrastradora. La máquina está diseñada principalmente para excavaciones a gran escala en terrenos disgregados situados a una profundidad de hasta 3 m por debajo del nivel de sus orugas. La excavadora opera lanzando la cuchara a una posición más alejada del lugar de excavación y arrastrándola hacia la unidad tractora. La excavadora de dragalinas también puede ser dotada de una mordaza o cuchara bivalva, lo que la convierte en muy adecuada para excavaciones en graveras o terrenos muy sueltos.

## Detalles tipo de una dragalina



**Excavadoras polivalentes para usos múltiples:** generalmente se basan en el tractor agrícola de dos o cuatro ruedas motrices y se emplean principalmente en pequeñas obras de excavación, como aquellas que habitualmente realizan las empresas constructoras de tamaño pequeño a mediano. La mayor parte de las excavadoras para usos múltiples están dotadas de una cuchara frontal de excavación/carga y una cuchara posterior de retrodescarga, ambas manejadas hidráulicamente. Para trabajar con la cuchara de retrodescarga, se iza previamente la máquina por encima del nivel de sus ejes mediante patas hidráulicas o gatos, o bien, en algunos modelos, posando sobre el suelo la cuchara frontal. La mayor parte de estas máquinas admite una variedad de anchos de cuchara y diversos aditamentos, como palas de empuje, escarificadoras, cucharas de mordaza y taladradoras.

### Detalles tipo de una excavadora para usos múltiples





**Vehículos de transporte:** su función primordial es el traslado de personas y/o materiales entre dos obras o en el interior de las mismas. La tipología existente abarca desde el automóvil tipo sedán convencional hasta los grandes camiones plataforma diseñados para transportar maquinaria de construcción entre las obras o a los almacenes de maquinaria.

**Camionetas:** abarcan desde el pequeño turismo furgoneta, con capacidad para transportar dos personas y una cantidad de carga reducida, hasta las grandes camionetas con cajas diseñadas a medida, como las destinadas a transportar paños de vidrio, por ejemplo. La mayor parte de los turismos furgoneta suele funcionar con motor a gasolina y su diseño acostumbra a basarse en el del turismo estándar del que deriva, mientras que las camionetas grandes obedecen por lo general a un diseño específico, pudiendo tener motor de gasolina o diesel. Habitualmente, esos diseños básicos admiten ser dotados de una caja, fija o basculante, montada detrás de la cabina, que permite usarlos como furgón de reparto.

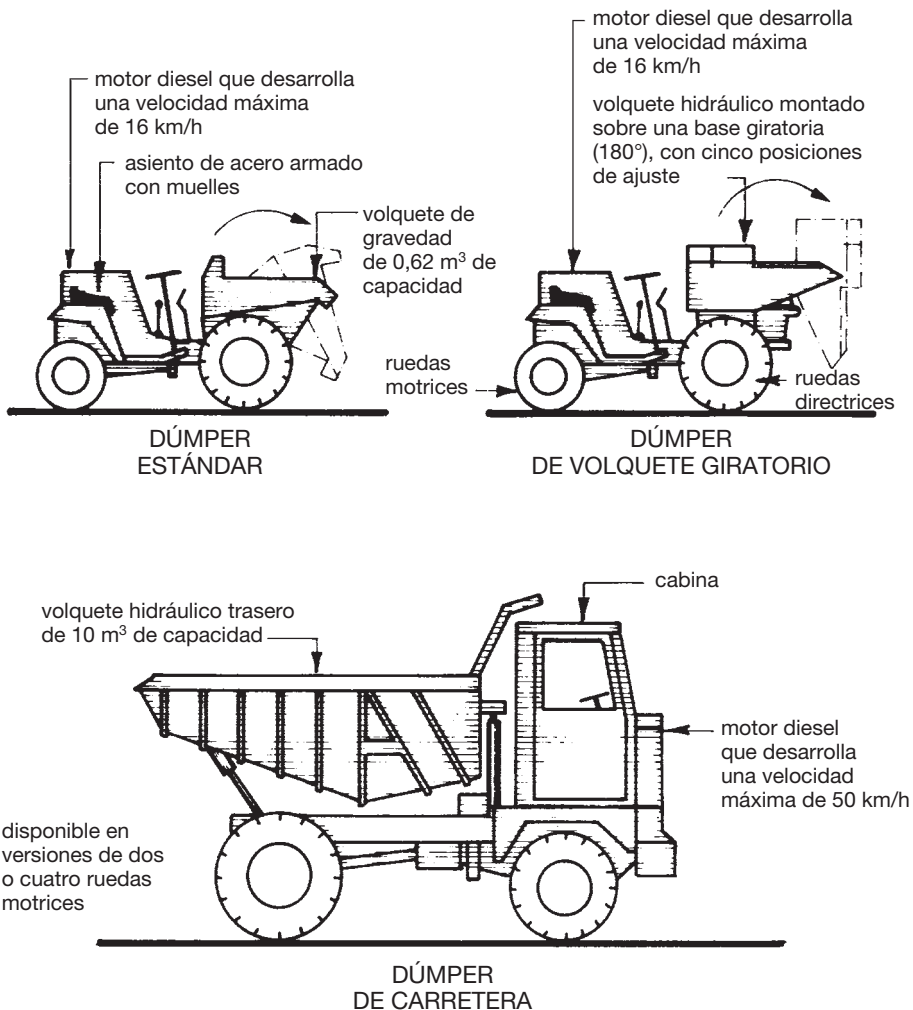
**Vehículos de pasajeros:** se incluye desde una simple cabina instalada sobre la caja de una camioneta o furgón de reparto hasta el autobús o autocar convencional. También existen furgonetas diseñadas para transportar un número limitado de personas sentadas en asientos fijos o móviles, con ventanas a ambos lados, lo que confiere al vehículo una función dual. No obstante, el número de pasajeros suele estar limitado para que el vehículo no pase a la categoría de “servicio público”, lo que exigiría un permiso de conducción de clase especial.

**Camiones:** vehículos destinados exclusivamente al transporte de materiales o mercancías por carretera o por el interior de las obras. Los camiones de transporte por carretera están obligados a cumplir todos los requisitos establecidos por la normativa de tráfico, como las limitaciones de tamaño y carga por eje. En cambio, los vehículos diseñados exclusivamente para circular por el interior de las obras no están sometidos a restricciones tan drásticas, por lo que pueden estar diseñados para soportar unas cargas por eje que pueden doblar, e incluso triplicar, las admisibles en carretera. Por lo general, están diseñados para soportar la circulación por los terrenos accidentados que tan habituales son en las obras.

La caja de los camiones puede ser fija, basculante o especial, como los remolques y las cajas equipadas con aparatos o mecanismos de carga/descarga. Los camiones diseñados específicamente para transportar grandes unidades de maquinaria reciben el nombre de plataformas. Suelen estar equipados con rampas incorporadas o acoplables para facilitar las operaciones de carga y descarga; otros disponen de un sistema de montacargas para izar la máquina sobre la plataforma.

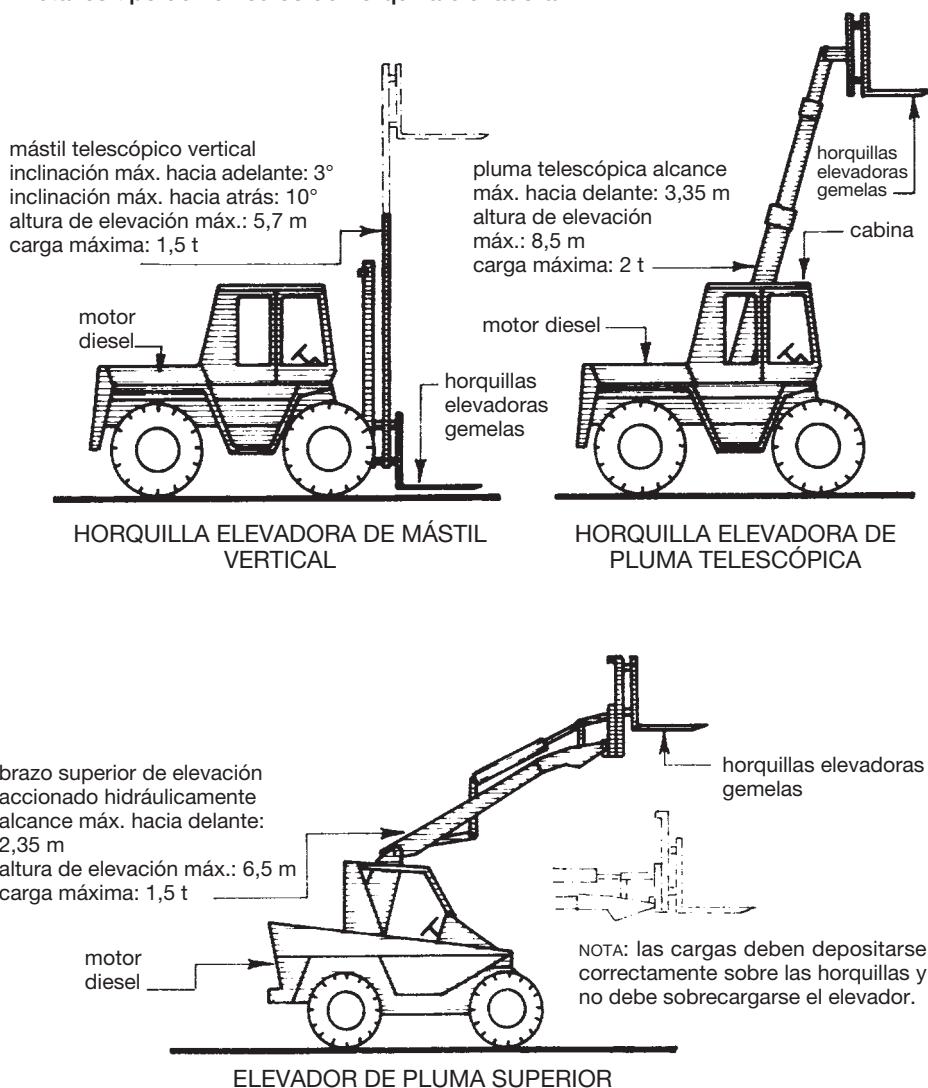
**Dúmpers o volquetes:** se utilizan para el transporte horizontal de materiales dentro y fuera de la obra, y cuentan con una cubeta basculante montada sobre un chasis auto-motor. Los dúmpers habilitados para circular por carretera son similares a los de obra pero de mayor tamaño, se emplean para transportar materiales tales como tierras de excavación, por ejemplo. Existe una amplia gama de dúmpers de diversas capacidades y variadas opciones de diseño, como los de manejo de descarga por gravedad o hidráulico, con equipamiento de basculamiento frontal o lateral, etc. También existen dúmpers de formato especial dotados de plataforma plana, otros con equipo adecuado para transportar materiales, cubas para transportar hormigón, e incluso se pueden obtener dúmpers equipados con una pequeña pluma. Todas estas máquinas están diseñadas para transitar por terrenos accidentados, pero no para el transporte de personas, abuso que es causa de numerosos accidentes.

### Detalles de dúmpers tipo



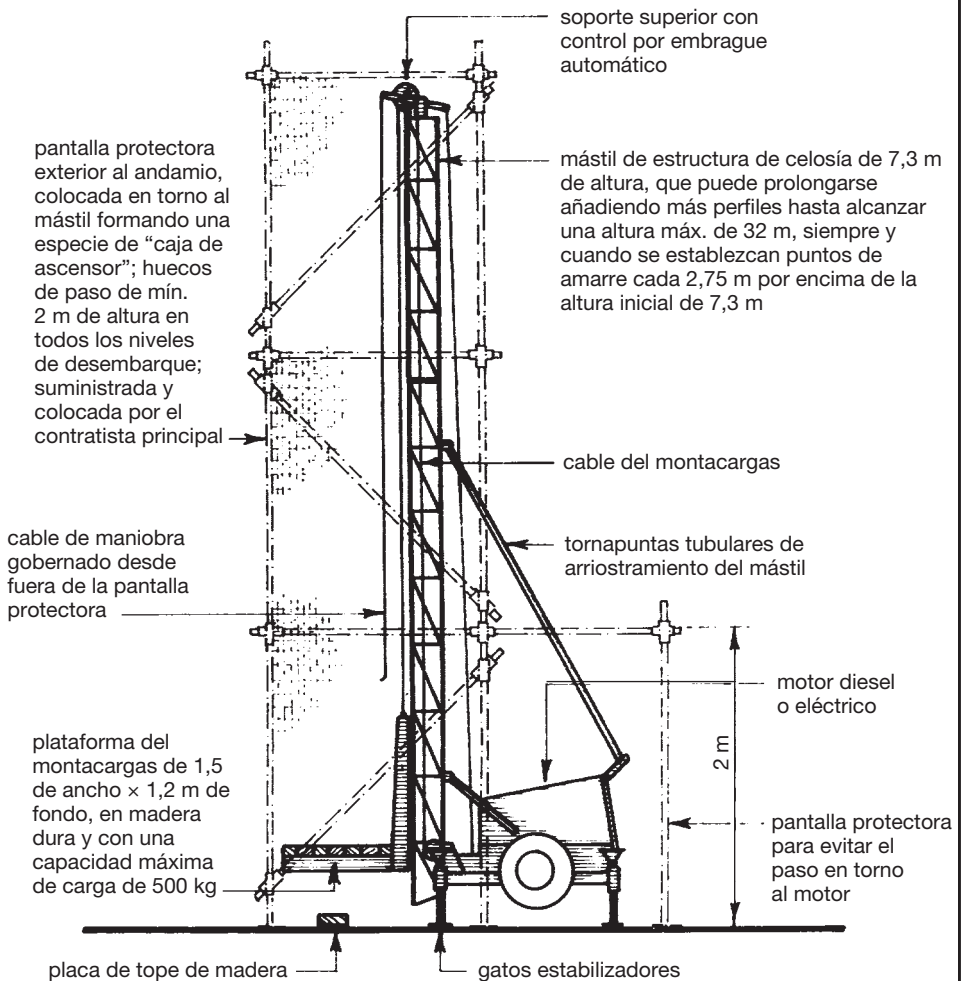
**Vehículos de horquilla elevadora:** se emplean para la elevación y transporte horizontal de materiales colocados sobre palés o empaquetados con flejes, como los ladrillos. Por lo general, son adecuados para obras cuya altura no exceda las tres plantas. Aunque por diseño pueden circular por lugares accidentados, son más eficaces en terrenos firmes y llanos. Existen tres tipos básicos de vehículos de horquilla elevadora: de mástil vertical, de pluma superior y de pluma telescópica, con diversas capacidades de altura, alcance y elevación. Los andamios sobre los que se debe colocar la carga deben reforzarse localmente; alternatively, podría construirse una torre de carga al efecto, adosada al andamio principal o como parte integrante del mismo.

### Detalles tipo de vehículos de horquilla elevadora



**Montacargas:** aparatos elevadores para transporte vertical de materiales, pasajeros o ambos (véase página siguiente). Los de materiales deben cumplir un fin específico (el transporte vertical de materiales) y bajo ningún concepto serán utilizados para transportar personas. La mayor parte de los montacargas de materiales tiene un formato movable, y pueden desmontarse y trasladarse dentro de la misma obra o a otra distinta, bien por sus propios medios, bien cargados en un vehículo auxiliar de transporte. Durante su uso, los montacargas precisan ser estabilizados y/o ligados a la estructura, y deben ser cercados mediante una pantalla protectora.

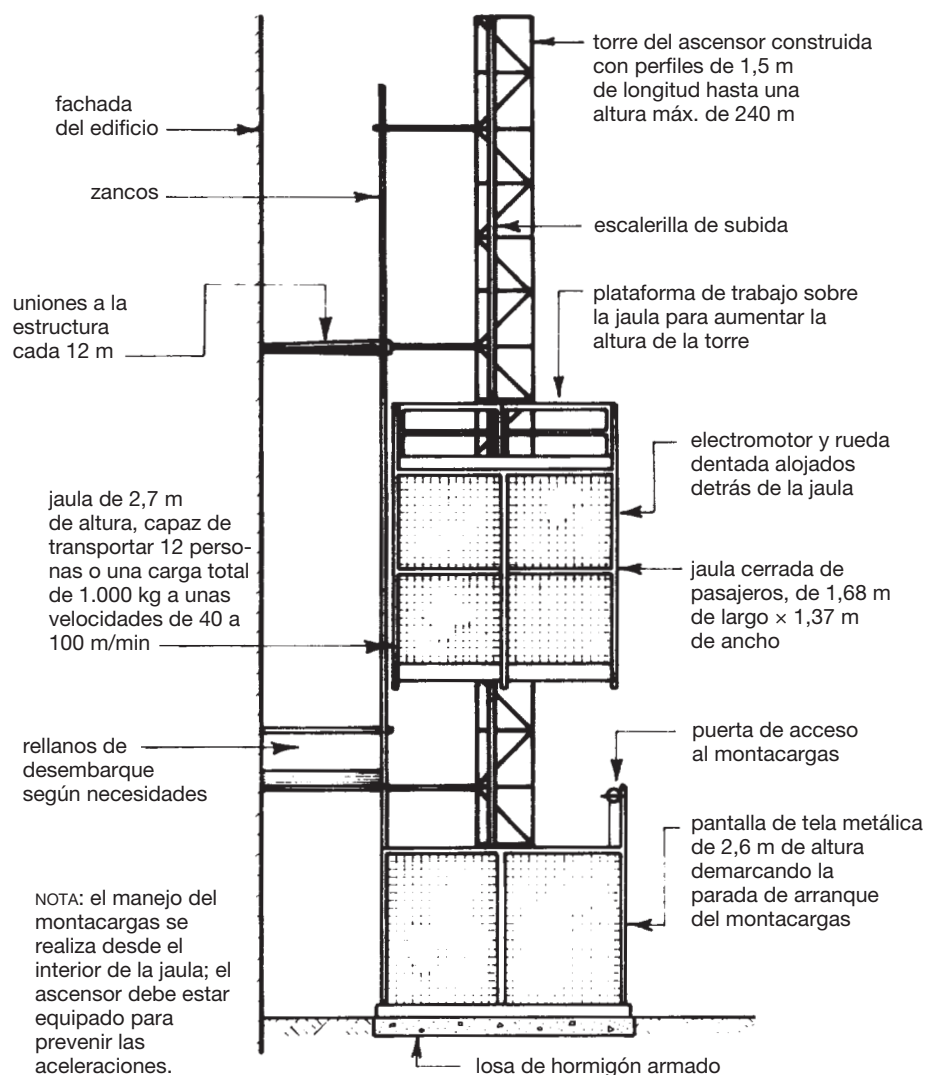
### Detalles tipo de un montacargas de materiales



## Montacargas

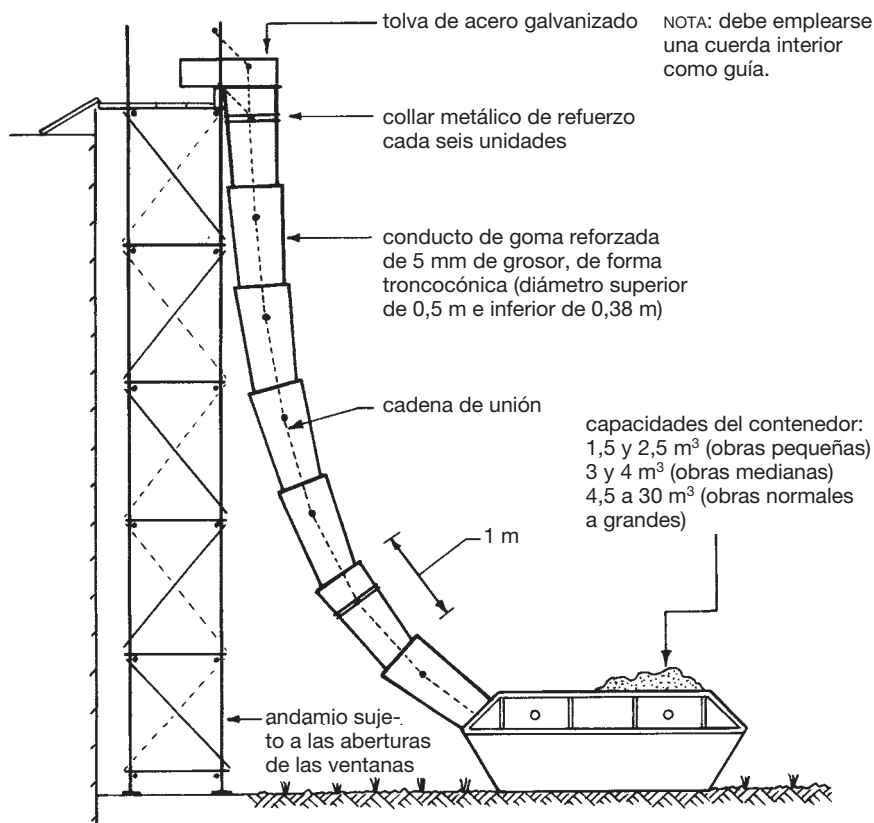
**Montacargas para personas:** diseñados para transportar pasajeros, aunque la mayoría de ellos puede admitir, dentro de la capacidad elevadora del ascensor, el transporte de una carga combinada de materiales y pasajeros. El mercado ofrece una amplia variedad, desde una sola jaula con suspensión por cable hasta dos jaulas gemelas con funcionamiento por engranaje de cremallera montadas a ambos lados de una torre.

### Detalles tipo de un montacargas para personas



**Conductos de evacuación de escombros:** se utilizan únicamente en obras de demolición, reparación, mantenimiento y restauración. La sencilla idea de conectar entre sí varios cubos de basura con el fondo perforado para evacuar los cascotes de manera cómoda y segura debió de ocurrírsele, sin duda, a un jefe de obra ingenioso.

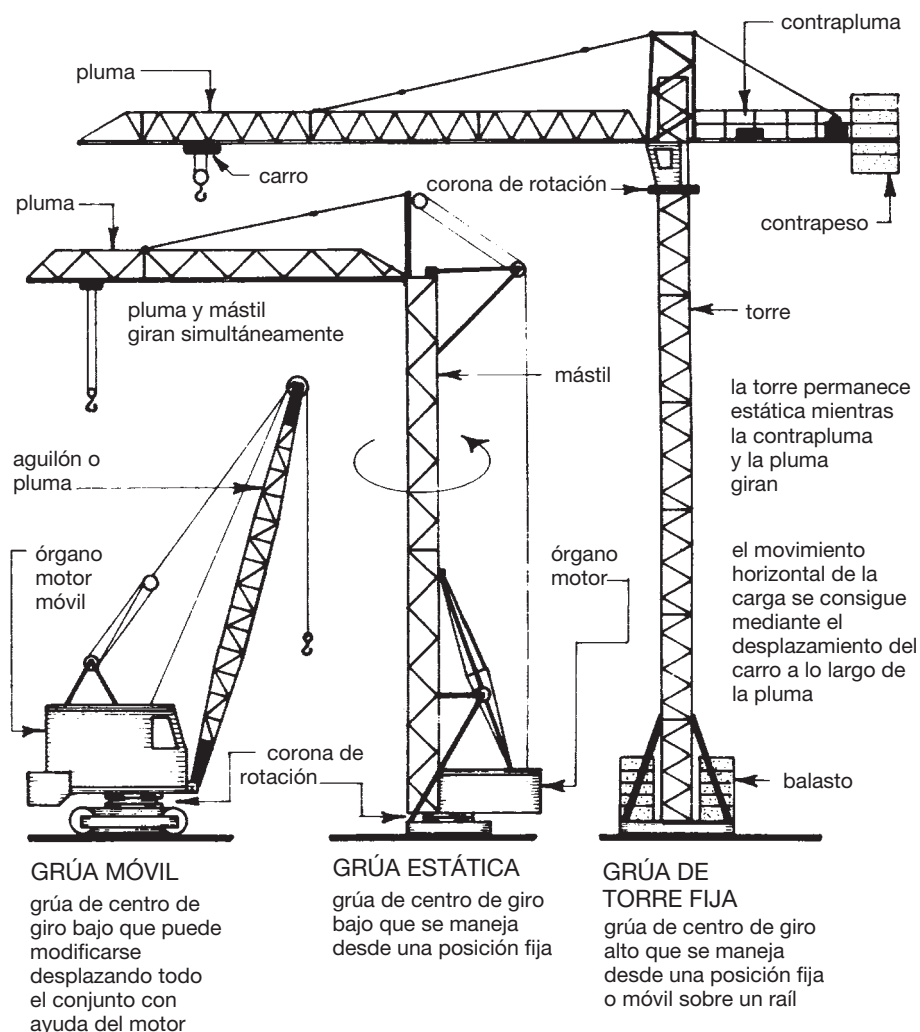
Consisten en una serie de cilindros ligeramente cónicos de goma reforzada, conectados entre sí con una cadena. Los elementos componentes suelen tener una longitud nominal de unos 1,1 m, siendo la longitud efectiva de 1 m. Existen piezas especiales para resolver la tolva superior y las embocaduras laterales.



NOTA: por lo general, el uso de conductos y contenedores de evacuación de escombros en la vía pública requiere licencia municipal. Si los trabajos se realizan por la noche, la zona debe estar convenientemente iluminada. En ciertos casos, puede ser preciso un sistema provisional de semáforos para regular el paso de vehículos.

**Grúas:** aparatos manejados por cable y diseñados para elevar materiales y desplazar la carga horizontalmente dentro de los límites de alcance de cada máquina particular. La gama de grúas existente es muy amplia, de modo que su elección debe basarse en las cargas que se necesita elevar, la altura y la distancia horizontal que debe abarcar, el período de tiempo de las operaciones de izado, los factores de utilización y el grado de movilidad requerido. La tipología de grúas abarca desde un simple juego de cable y polea hasta la compleja grúa de torre, aunque la mayor parte de ellas puede encuadrarse en alguno de los siguientes tres grupos: grúas móviles, grúas estáticas y grúas de torre.

## Tipos de grúa



NOTA: las grúas estáticas y las grúas de torre deben situarse más ajustadas a la fachada del edificio que las grúas móviles de centro de giro bajo.

**Grúas motorizadas:** son grúas móviles montadas sobre un chasis con ruedas; se manejan desde una única posición, desde la que el operador controla la grúa y conduce el vehículo. La velocidad máxima que estos vehículos por carretera no suele exceder los 30 km/h. Existe una amplia variedad de grúas motorizadas que abarca desde las grúas de pluma tornapuntada de longitud fija y altura de elevación limitada hasta las de pluma de estructura de celosía y longitud variable, que admiten acoplar a su extremo una pluma volante.

### Detalles tipo de una grúa motorizada

#### Especificaciones tipo:

longitud máx. de la pluma principal: 38 m

capacidades de elevación para una pluma principal de 24 m:

estabilizada sobre gatos:

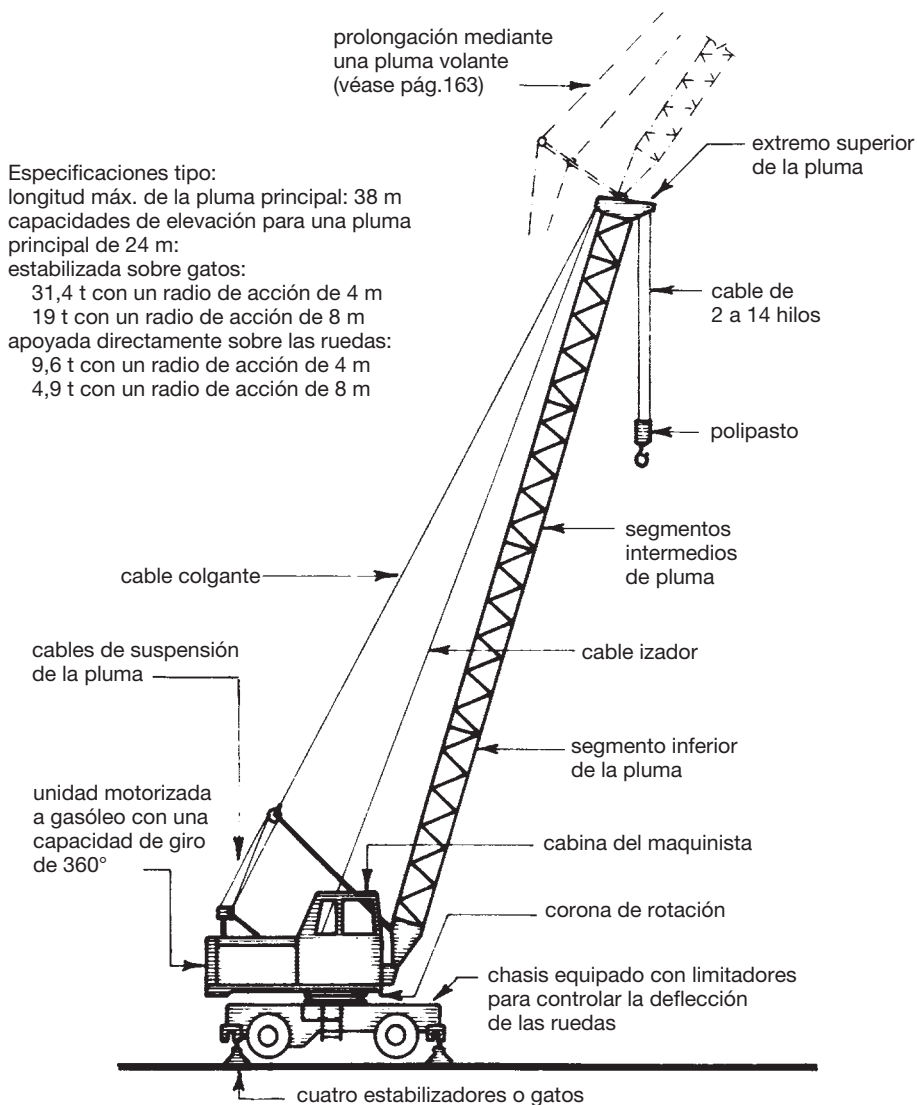
31,4 t con un radio de acción de 4 m

19 t con un radio de acción de 8 m

apoyada directamente sobre las ruedas:

9,6 t con un radio de acción de 4 m

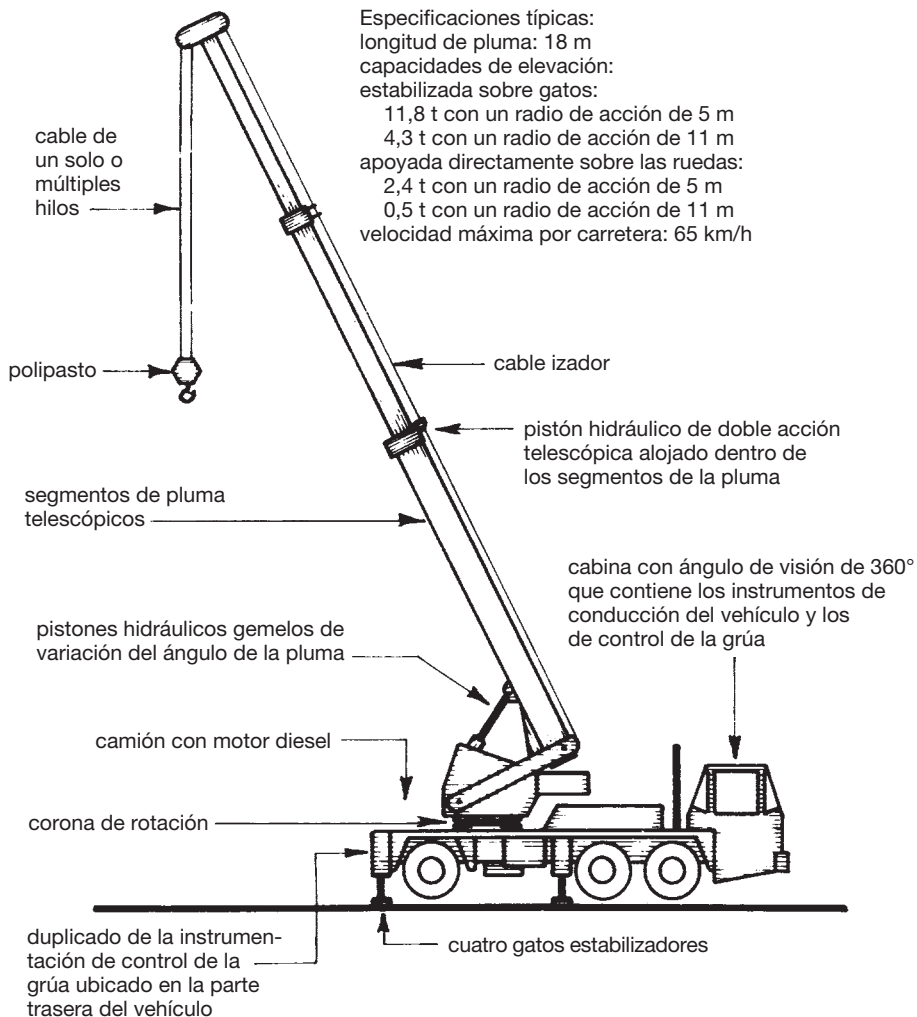
4,9 t con un radio de acción de 8 m





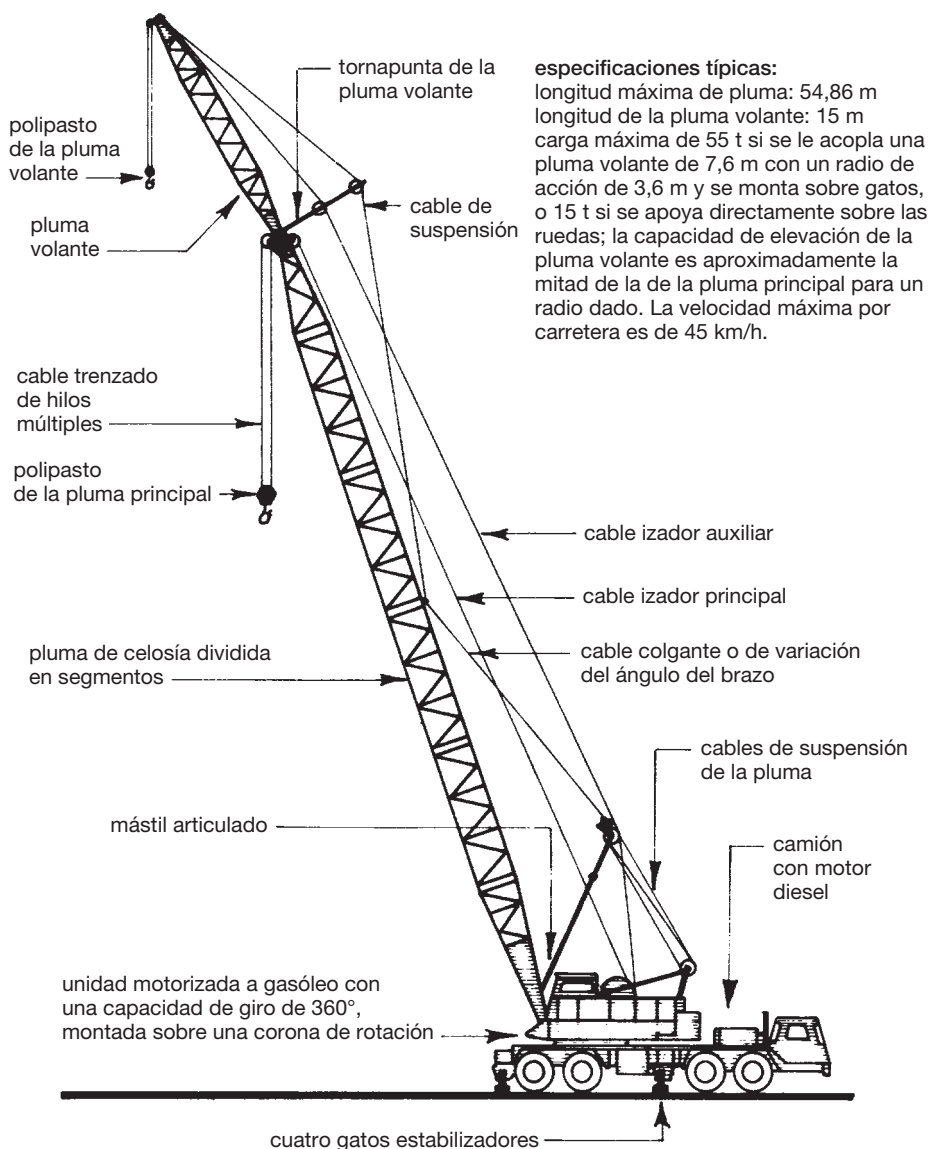
**Grúas montadas sobre camión:** son grúas móviles que consisten en una pluma de celosía o aguilón telescópico montado sobre un camión adaptado especialmente a este uso. Su control se realiza desde dos puestos diferentes: el camión se conduce desde una cabina convencional y la grúa se maneja desde otro lugar. La capacidad de elevación de estas grúas puede aumentarse utilizando gatos estabilizadores, mientras que la distancia de aproximación a la fachada del edificio puede reducirse acoplando una pluma volante al extremo de la pluma. Las grúas telescópicas montadas sobre camión requieren una superficie firme desde la que operar y, debido a la rapidez de su puesta en obra, son ideales para alquilar durante períodos cortos.

#### Detalles tipo de una grúa telescópica montada sobre camión



**Grúas de pluma de celosía montadas sobre camión:** obedecen a los mismos principios básicos que las grúas telescópicas montadas sobre camión, aunque se diferencian de estas por tener la pluma de armadura de celosía y por su capacidad de elevación más elevada, por encima de las 100 t. Estas grúas requieren una superficie de operaciones firme y llana, pudiendo tener una pluma plegable o segmentada, lo que significa que exigen un montaje en obra previo a su uso.

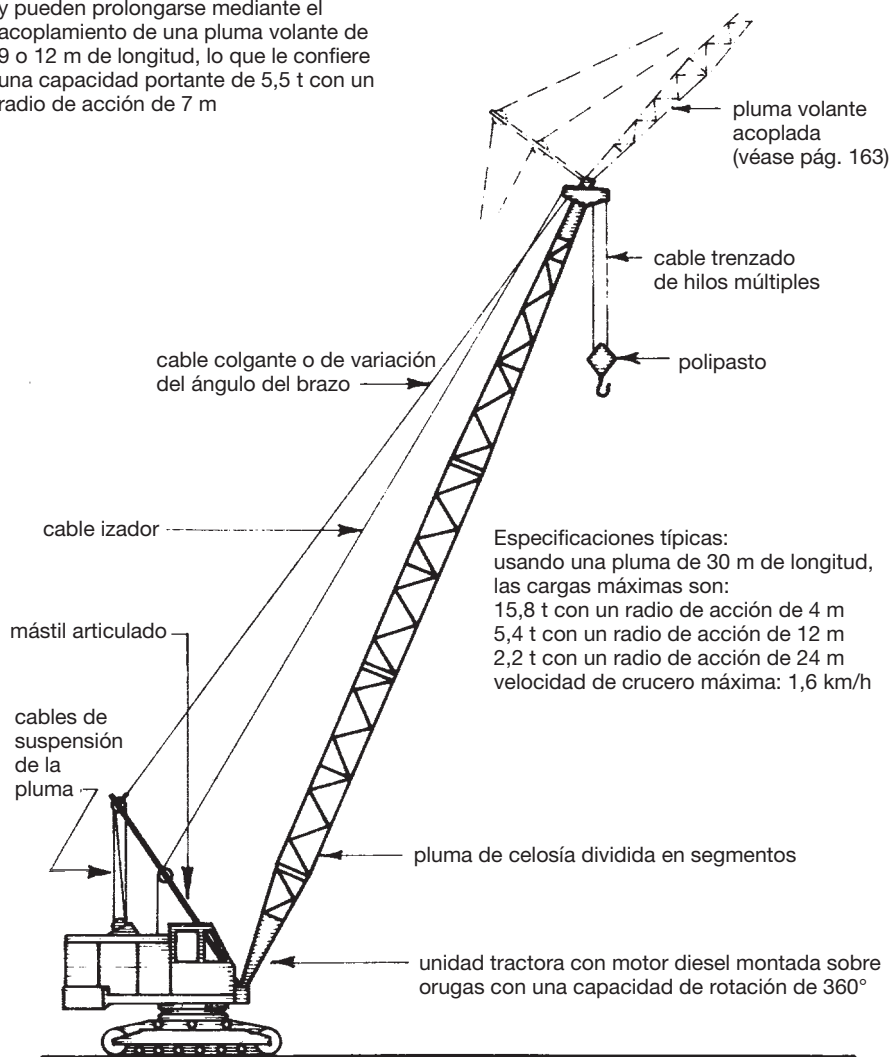
#### Detalles tipo de una grúa de pluma de celosía montada sobre camión



**Grúas montadas sobre orugas:** pueden basarse en una unidad tractora universal dotada de un equipo de grúa (pág. 152) o diseñarse específicamente como grúa montada sobre orugas, con o sin pluma volante. Por lo general, este último tipo es más potente y llega a desarrollar una capacidad de elevación de hasta 45 t. Las grúas montadas sobre orugas pueden trasladarse y realizar operaciones en casi cualquier emplazamiento sin necesidad de una calzada especial ni de una plataforma de apoyo, pero su transporte por carretera debe realizarse en un camión plataforma y hay que montarlas una vez descargadas del camión.

### Detalles tipo de una grúa montada sobre orugas

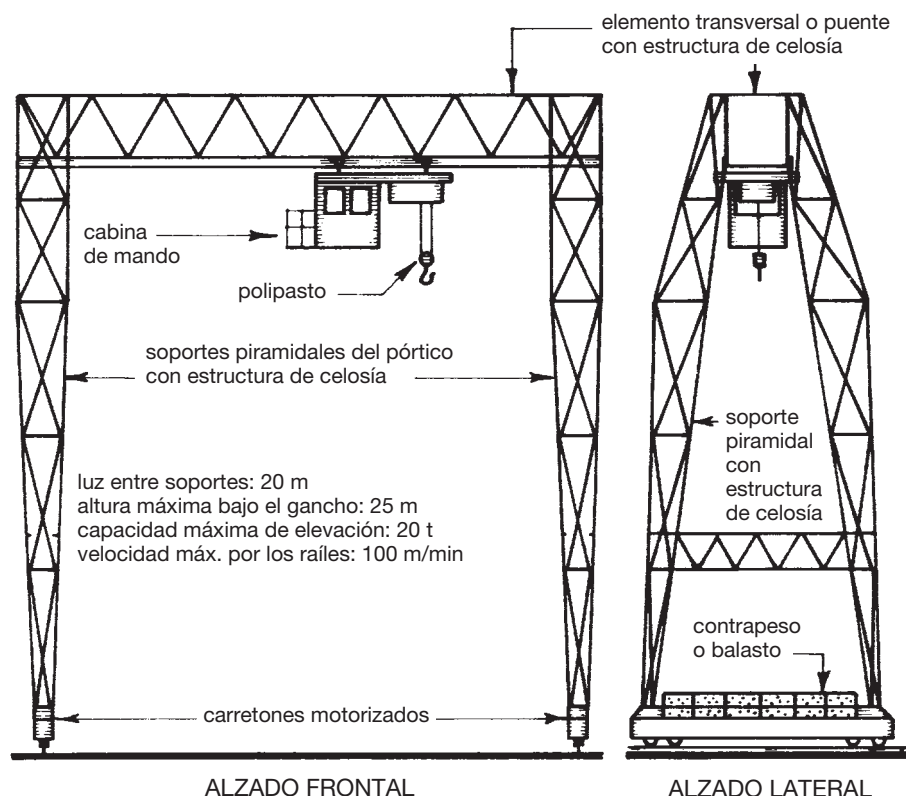
longitud máxima de pluma: 30 m,  
y pueden prolongarse mediante el  
acoplamiento de una pluma volante  
de 9 o 12 m de longitud, lo que le confiere  
una capacidad portante de 5,5 t con un  
radio de acción de 7 m



**Grúas de pórtico:** consisten básicamente en dos soportes en pirámide unidos entre sí con un elemento transversal o puente sobre el que discurre el carro elevador. En las grúas de pórtico pequeñas (de hasta 10 t de capacidad de elevación), los soportes en pirámide suelen estar montados sobre ruedas e impulsados manualmente, mientras que en las grúas de pórtico grandes (de hasta 100 t de capacidad de elevación) se montan sobre carretones que discurren sobre carriles; la cabina de conducción y el motor elevador están montados en alto, sobre el elemento transversal del pórtico. Las grúas de pórtico de pequeño tamaño suelen emplearse principalmente en operaciones de carga y descarga en almacenes de materiales, mientras que las de tipo medio y las grandes se utilizan para dominar toda la zona de trabajo, como sucede en la construcción de una central eléctrica o en obras repetitivas de baja o media altura. Todas las grúas de pórtico tienen la ventaja del movimiento tridireccional:

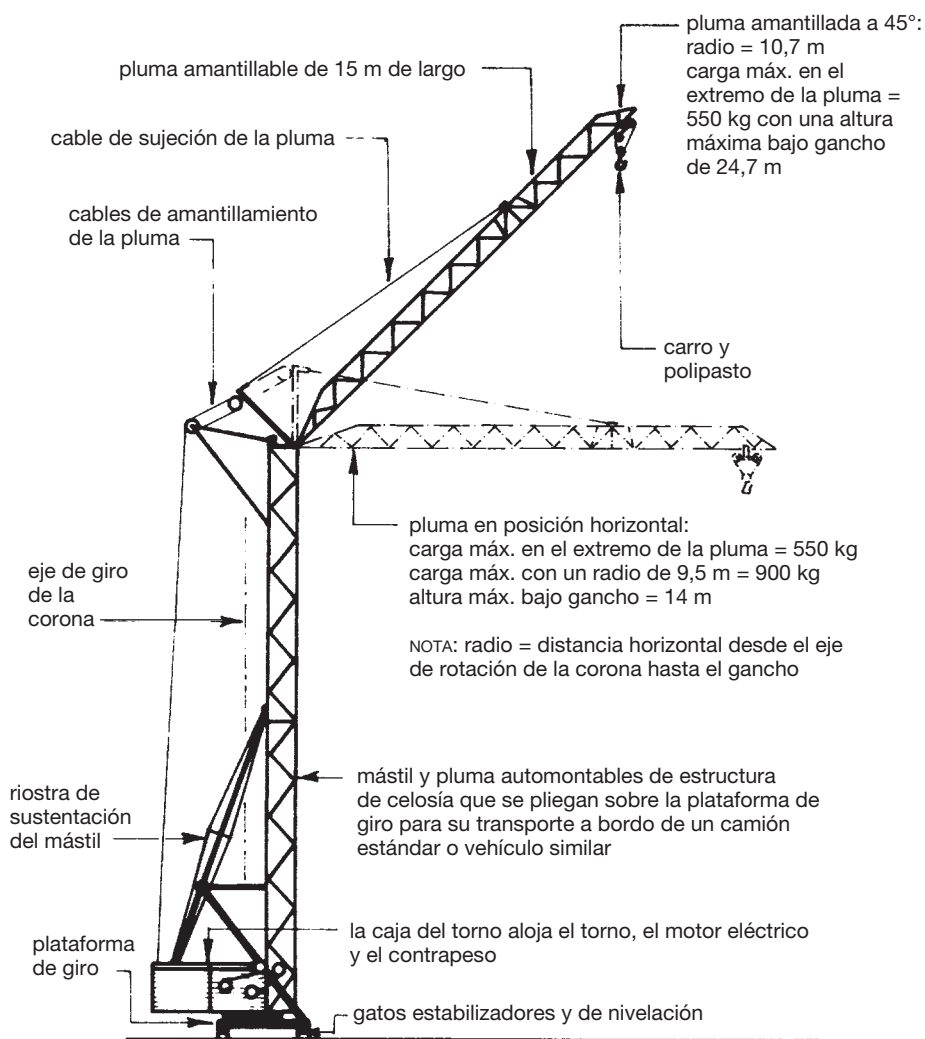
1. Transversal, desplazando horizontalmente el carro a lo largo del puente.
2. Vertical, izando y arriando el polipasto.
3. Horizontal, desplazando hacia adelante y hacia atrás el conjunto de la grúa pórtico.

#### Detalles tipo de una grúa de pórtico



**Grúas de mástil:** también conocida como grúa Derrick, pues su aspecto es similar a la conocida grúa torre, pero se diferencia de ella en que el mástil o torre está montado sobre la corona de rotación, de modo que gira todo el conjunto, mientras que en la grúa torre la corona de rotación está situada en lo alto de la torre, de modo que solo gira la pluma. A menudo las grúas de mástil son móviles, automontables, de capacidad de elevación relativamente baja y normalmente están equipadas con una pluma amantillable. Existe una amplia variedad de modelos. Este tipo de grúa tiene la ventaja sobre la mayor parte de las grúas de centro de giro bajo de poder aproximarse más a la fachada del edificio.

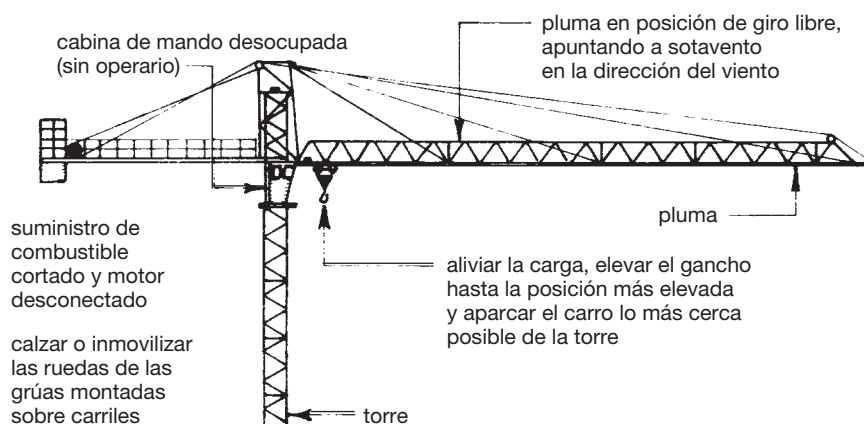
#### Detalles tipo de una grúa de mástil



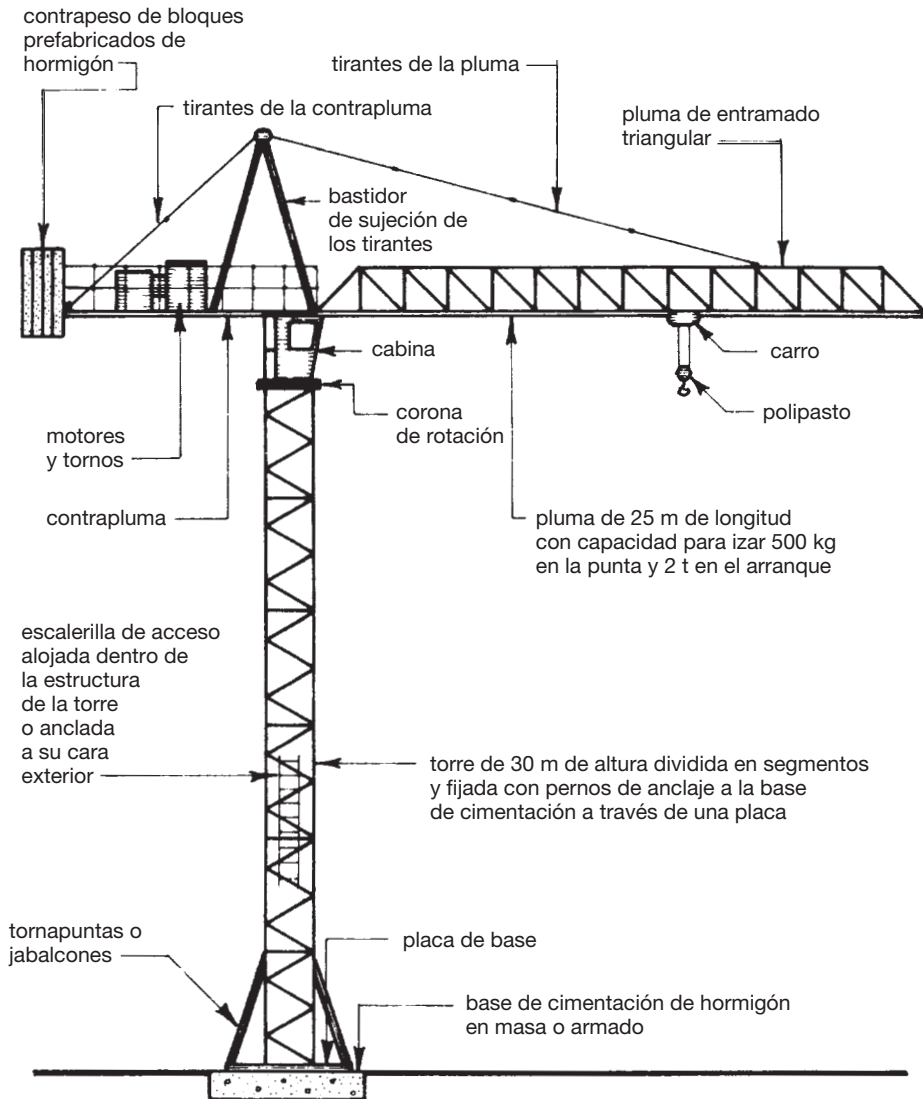
**Grúas de torre:** la mayor parte de las grúas de torre deben montarse y erigirse en obra antes de entrar en servicio y admiten ser equipadas con una pluma horizontal o una amantillable. La gran variedad de modelos existente a menudo dificulta la elección de la grúa idónea para cada obra particular, pero casi todas ellas pueden encuadrarse en uno de los cuatro grupos siguientes:

1. Grúas de torre estáticas autoportantes: gran capacidad de elevación; el mástil o torre está fijado a una base de cimentación. Son idóneas para solares cercados y abiertos (véase pág. 168).
2. Grúas de torre estáticas ancladas a la estructura: similares conceptualmente a las autoportantes, se utilizan cuando se requiere elevar cargas a gran altura, ya que, al ligar el mástil o torre a la estructura a intervalos regulares, se refuerza la estabilidad del conjunto (véase pág. 169).
3. Grúas de torre locomóviles: son grúas de torre montadas sobre carretes motorizados que se desplazan sobre raíles de ferrocarril de vía ancha para obtener una mayor cobertura del solar. Sólo admiten pendientes muy suaves, por lo que se precisa un emplazamiento bastante llano o una vía férrea construida ex profeso (véase pág. 170).
4. Grúas trepadoras: se utilizan en grandes edificios o estructuras. El mástil trepador se aloja en el interior de la estructura y se va elevando conforme aumenta la altura de la misma. Al terminar la obra, la grúa se desmonta en pequeños segmentos y se arría por la fachada del edificio (véase pág. 171).

Todas las grúas de torre deben colocarse en posición “fuera de servicio” cuando no se usen o en condiciones de viento fuerte; estas últimas varían con los diferentes modelos, pero, en general, siempre que la velocidad del viento supere los 60 km/h, la grúa deberá estar en posición de reposo o “fuera de servicio” de la siguiente manera:



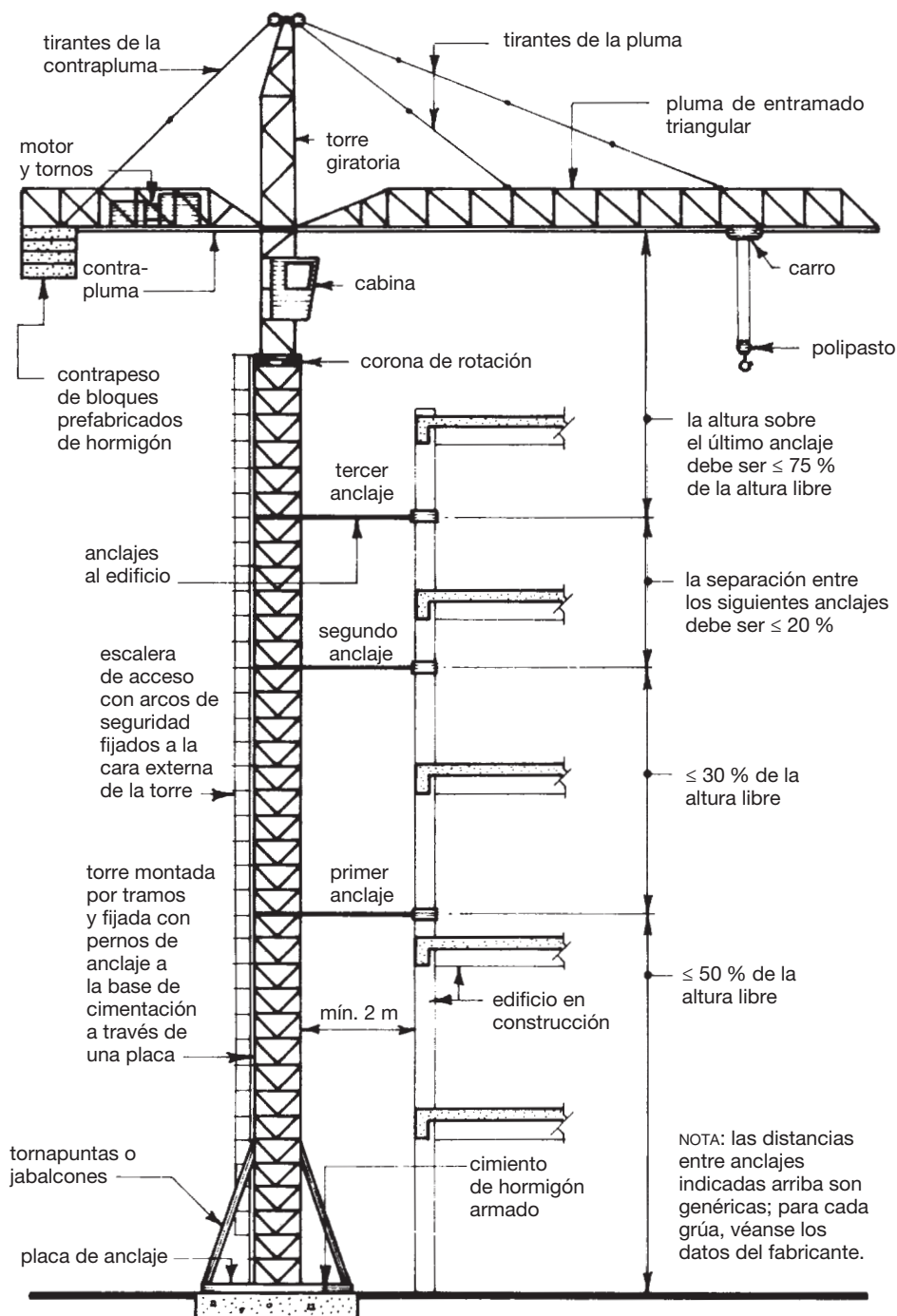
### Detalles tipo de una grúa de torre estática autoportante



#### Manejo de la grúa: se utilizan dos métodos:

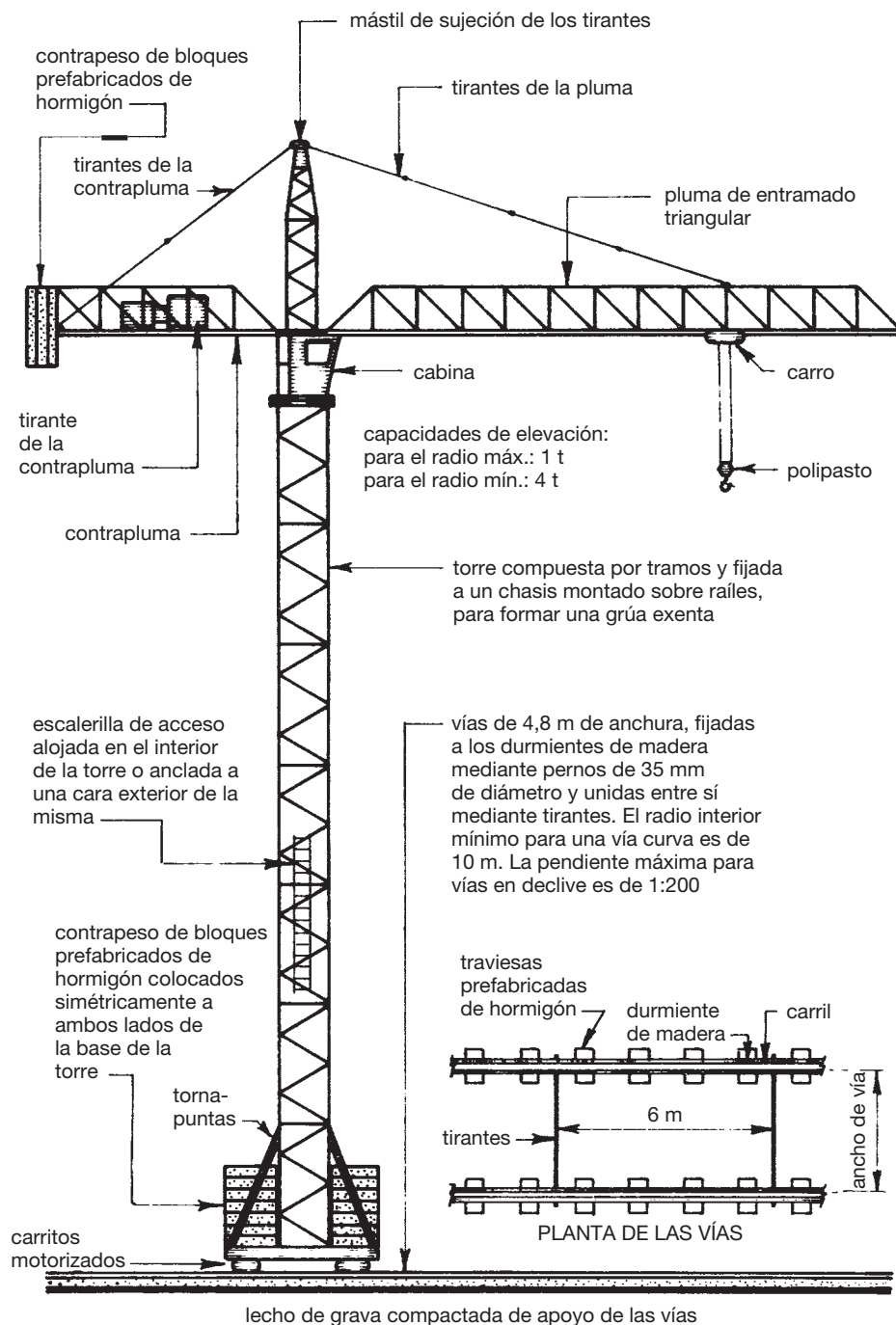
1. Control desde la cabina: el operador tiene una buena visión de las operaciones de izado desde la cabina montada en lo alto de la torre, pero se requiere una segunda persona para transmitirle unas señales claras y para cargar la grúa.
2. Control remoto: el operador lleva consigo una caja de control unida con un cable a los mandos de la grúa.

### Detalles tipo de una grúa de torre estática anclada a la estructura





### Datos tipo de una grúa de torre locomóvil montada sobre raíles



### Detalles tipo de una grúa trepadora

grúa erigida en tramos de una o dos plantas, según el tipo de grúa y las necesidades concretas

grúa erigida hasta una nueva posición de trabajo, una vez hormigonado y fraguado el hormigón de los forjados

contrapeso de bloques prefabricados de hormigón

mástil de sujeción de los tirantes

tirantes de la pluma

pluma de entramado triangular

tirantes de la contrapluma

cabina

carro

motores y tornos

corona de rotación

polipasto

contrapluma

forjado en construcción

torre montada por tramos  
anclaje del cable de ascensión

tambor del torno  
motor eléctrico  
plataforma

cable de ascensión

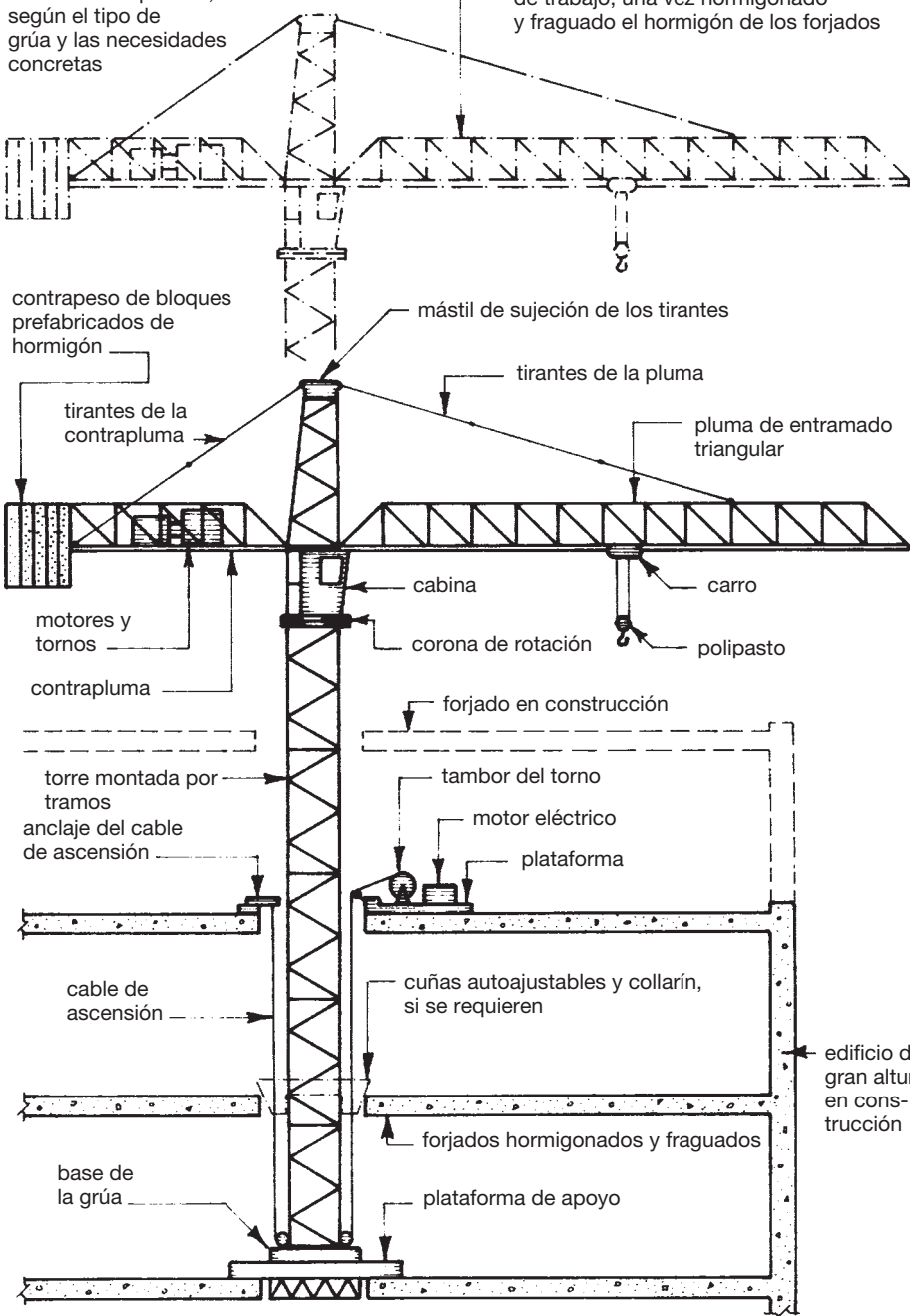
cuñas autoajustables y collarín, si se requieren

base de la grúa

forjados hormigonados y fraguados

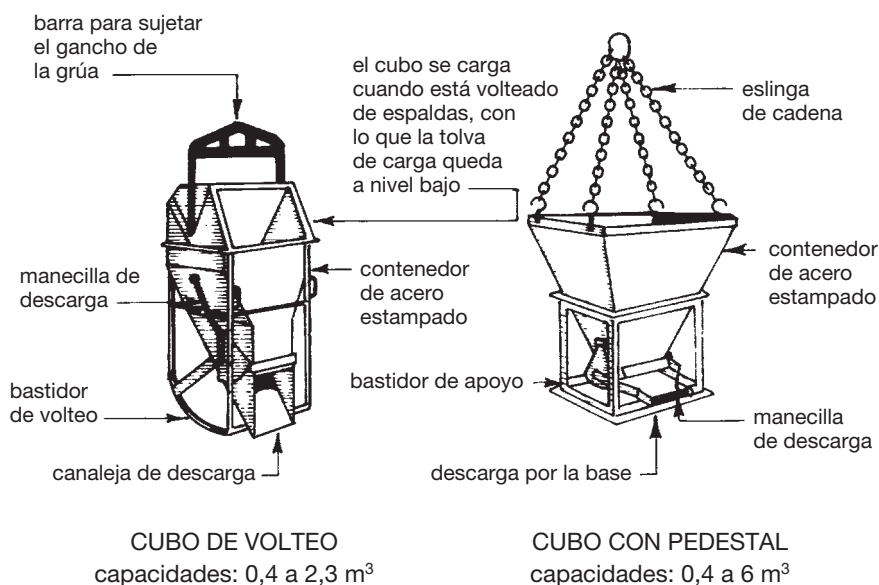
plataforma de apoyo

edificio de gran altura en construcción



El **hormigonado** comprende cuatro procesos básicos:

1. Suministro de materiales y almacenamiento: recepción en obra de los materiales básicos (cemento, arena y grava) y su almacenamiento en condiciones satisfactorias (véase Fabricación de hormigón. Materiales, en págs. 258 y 259).
2. Mezcla: cuando se lleva a cabo en pequeñas amasadas, solo se precisan herramientas manuales sencillas, mientras que si la demanda exige una producción mayor puede recurrirse a las hormigoneras o a los hormigones mezclados en fábrica. (Véase Fabricación de hormigón, en págs. 260-262, y hormigoneras en págs. 173-182).
3. Transporte: para pequeñas cantidades, esta actividad puede abarcar desde el uso de un simple cubo hasta el de carretillas y dúmpers. Para cargas mayores, especialmente cuando estas se requieran en puntos situados a niveles altos, pueden emplearse cubos de grúa:



Para el transporte de grandes cantidades de hormigón a lo largo de un trayecto limitado pueden usarse los camiones bomba (véase pág. 176).

4. Puesta en obra del hormigón: esta actividad comprende el vertido del hormigón fresco en las zanjas de excavación, encofrados o moldes, el manejo de la masa en torno a las armaduras de refuerzo, el vibrado y/o apisonado y el curado, todo ello de acuerdo con las recomendaciones establecidas en la "Instrucción para el empleo de hormigones en masa o armados" (EH-91), en la que también se tratan las operaciones de desencofrado (véanse Maquinaria de hormigonado, en pág. 177, y Encofrados, en pág. 482).

**Hormigoneras:** dejando a un lado las hormigoneras de gran producción, la mayor parte de las hormigoneras de uso general tienen un tambor giratorio diseñado para producir hormigón sin segregaciones de la mezcla.

La selección de la **maquinaria de hormigonado** tiene en consideración tres actividades distintas:

1. Mezcla.
2. Transporte.
3. Puesta en obra.

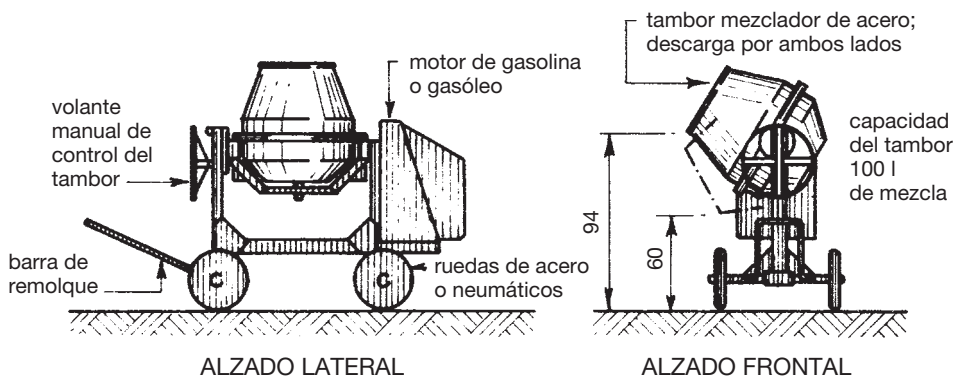
Para la **elección de la hormigonera** se tienen en cuenta los siguientes factores:

1. Producción máxima requerida ( $\text{m}^3/\text{hora}$ ).
2. Cantidad total requerida ( $\text{m}^3$ ).
3. Tipo o método de transporte de la mezcla de hormigón.
4. Altura de descarga de la hormigonera (compatibilidad con el método de transporte).

Por lo general, los tipos de hormigonera tienen que ver con el rendimiento para el que están diseñados; por tanto, cuando se tenga la respuesta a la pregunta “¿Qué volumen de hormigón puede ponerse en obra en un tiempo determinado?” –o, alternativamente, “¿Qué métodos de mezcla y de puesta en obra se van a emplear para mezclar y verter en obra una cierta cantidad de hormigón en un tiempo dado?”–, entonces podremos elegir el tipo de hormigonera que conviene emplear. Como base para la estimación del rendimiento de la hormigonera, se considera aceptable un tiempo de amasada de 5 min por ciclo o 12 amasadas/h.

**Hormigoneras pequeñas:** especie de carretón con ruedas sobre el que va montada la cuba mezcladora, su producción puede alcanzar hasta los 200 l por amasada, con lo que se pueden poner en obra de 2 a 3  $\text{m}^3$  de hormigón por hora. La mayoría de ellas son de tambor basculante. Por lo general, estas mezcladoras se cargan manualmente, lo que dificulta la regulación del control de calidad de las sucesivas amasadas.

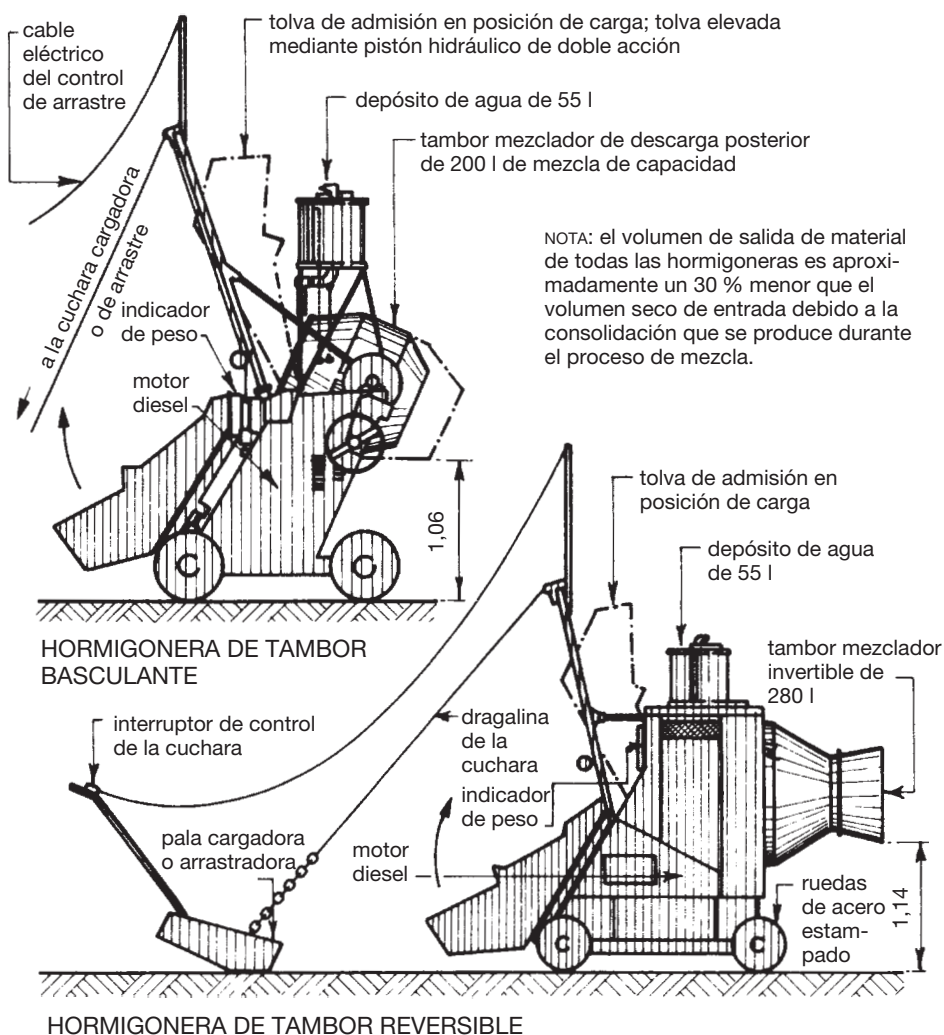
### Ejemplo tipo



**Hormigoneras de tamaño medio:** sus rendimientos varían entre 200 y 750 l. Las que ocupan el extremo inferior de la escala pueden consistir en un mezclador de tambor basculante, aunque lo habitual en toda la gama es que el tambor mezclador no sea basculante, pudiendo efectuarse la descarga por inversión del tambor o mediante una canaleja; generalmente, con esta última solución la altura de descarga es menor.

Habitualmente, estas hormigoneras están equipadas con tolvas pesadoras, cucharas de arrastre y depósitos de agua, de modo que se consigue un control de calidad más efectivo que con las hormigoneras pequeñas. Por lo general, son demasiado grandes para ser transportadas como carretones.

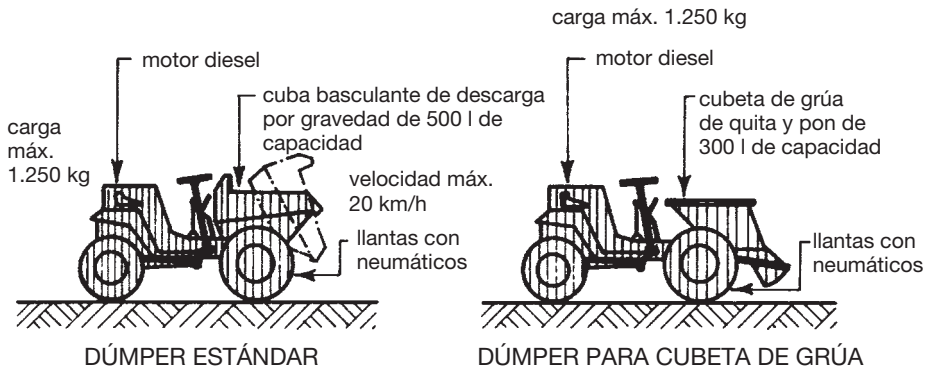
## Ejemplos tipo



**Transporte del hormigón:** el medio habitual de transporte del hormigón producido en una hormigonera pequeña es mediante carretillas. El recorrido desde el lugar de fabricación hasta el de puesta en obra debe ser lo más corto y liso posible, lo que puede obligar a emplear planchas o materiales similares con objeto de evitar vibraciones que podrían producir la segregación de la mezcla dentro de la carretilla.

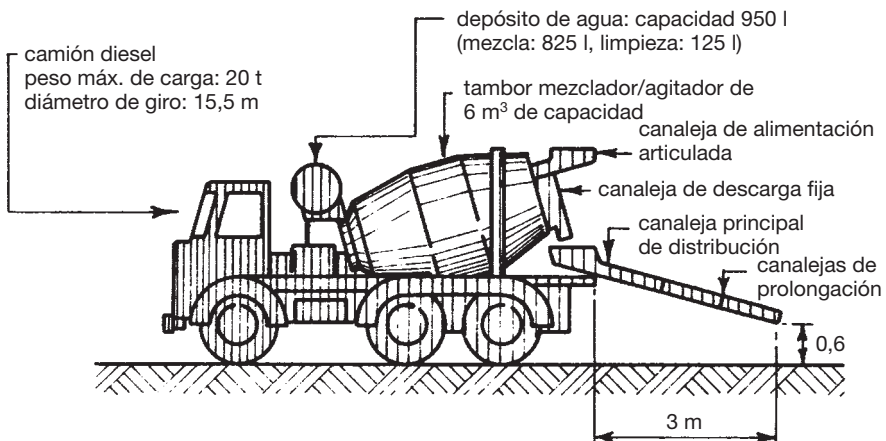
**Dúmpers:** pueden utilizarse para transportar el hormigón desde la hormigonera; sus capacidades pueden ser de hasta 600 l, en caso de estar equipadas de una cuba solidaria, o inferiores si están diseñadas para transportar la cubeta de una grúa.

### Ejemplos tipo



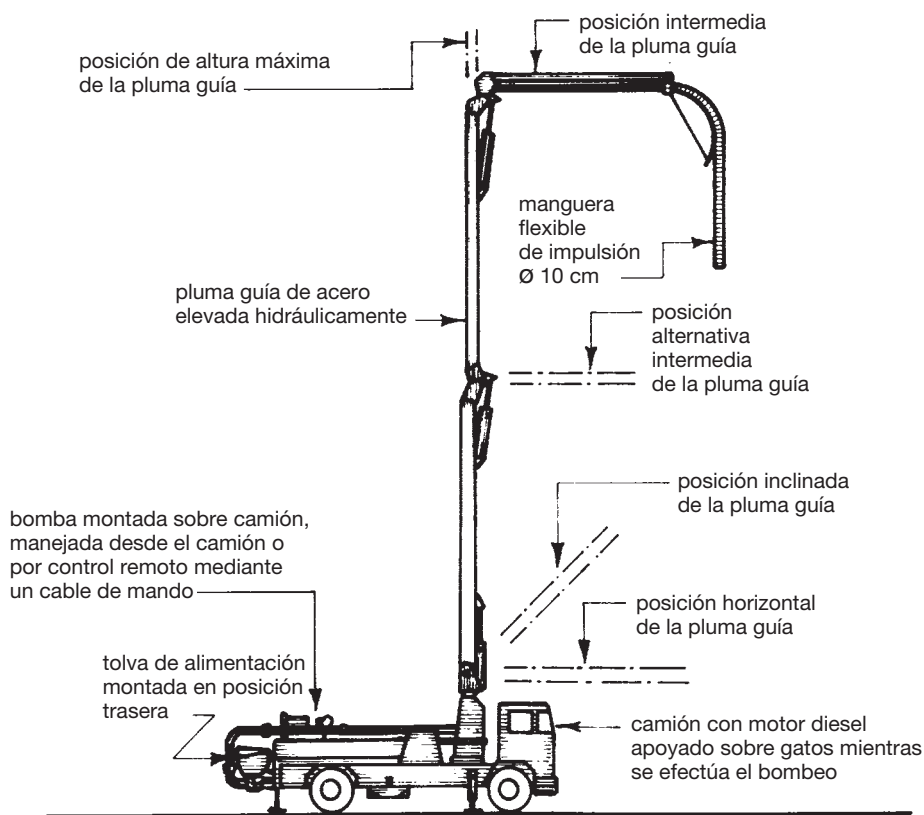
**Camiones cuba:** se utilizan para transportar el hormigón desde la planta o central de fabricación hasta la obra. La capacidad usual de estos camiones es de 4 a 6 m<sup>3</sup>. La descarga puede ser directa sobre el lugar de puesta en obra mediante una canaleja, o indirecta a otra forma de transporte, como un dúmper, la cubeta de una grúa o una bomba de hormigonado.

### Detalles tipo



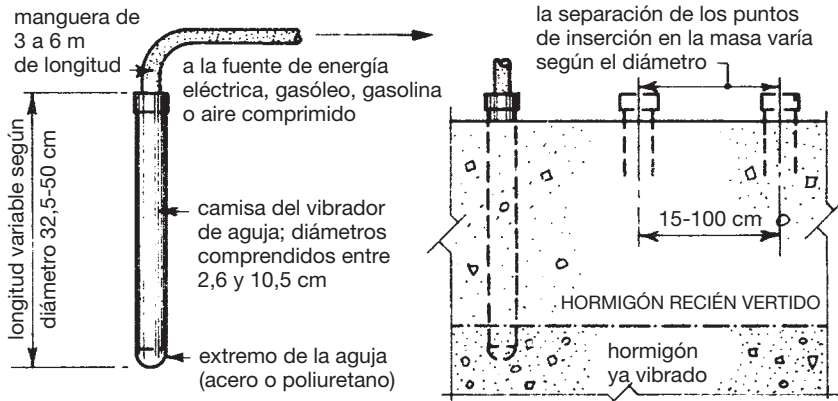
**Coches bomba de impeler hormigón:** se utilizan para transportar grandes volúmenes de hormigón en períodos de tiempo cortos (hasta 100 m<sup>3</sup>/h) en ambas direcciones –vertical y horizontal–, desde el punto de ubicación de la bomba hasta el lugar de puesta en obra. Las bombas de impeler hormigón pueden montarse en un remolque o en un camión, y generalmente consisten en un doble cilindro accionado hidráulicamente y una manguera impelente de pequeña sección (10 cm de diámetro) con capacidad para bombear el hormigón verticalmente a una altura de hasta 85 m y horizontalmente a una distancia de hasta 200 m, todo ello según el tipo de bomba empleado y la combinación de distancias verticales y horizontales. Por lo general, se requieren 45 min para poner en posición la bomba en obra, incluyendo el revestimiento del alma de la manguera con una lechada de cemento, antes de proceder al bombeo del hormigón. Durante todo el período de hormigonado, la bomba es alimentada a través de un flujo ininterrumpido de camiones cuba de hormigón preparado en central. Una vez terminado el hormigonado, se vacía y limpia el interior de la manguera. Generalmente, el camión bomba y sus operarios se alquilan durante el período de tiempo requerido.

### Detalles tipo de una bomba de hormigonado



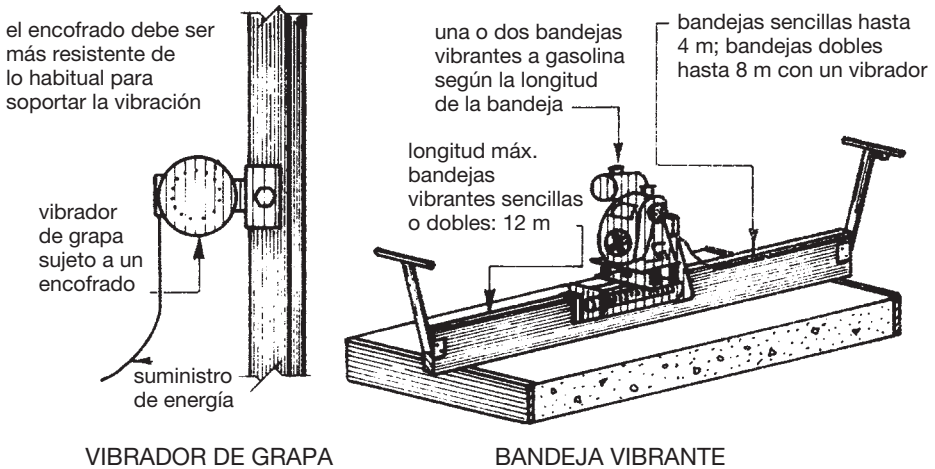
**Puesta en obra del hormigón:** generalmente se lleva a cabo manualmente y consiste en llenar el molde, encofrado o área excavada hasta la profundidad correcta, manejar el hormigón para que rellene todos los intersticios entre las armaduras o refuerzos y, finalmente, compactarlo hasta alcanzar el grado de consolidación deseado. La compactación del hormigón puede llevarse a cabo utilizando simples pisones o con la ayuda de elementos de maquinaria tales como los vibradores.

**Vibradores de aguja:** consisten en una camisa de acero con una turbina giratoria en su interior que entra en vibración cuando su cabezal se pone en contacto con la camisa.



Los vibradores de aguja deben introducirse verticalmente en la masa y penetrar 75 mm en la última capa vibrada

**Vibradores de grapa y bandejas vibrantes:** los vibradores de grapa funcionan con aire comprimido o electricidad, mientras que las bandejas vibrantes funcionan generalmente con gasolina.



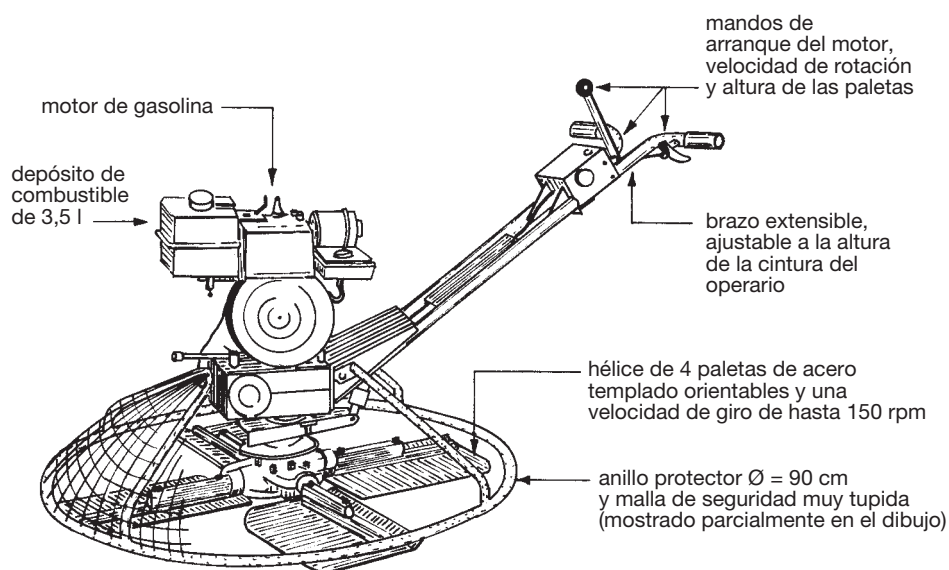


**Aplanadora mecánica:** consiste en un motor eléctrico o de gasolina accionado manualmente montado sobre una niveladora mecánica. Está provista de un disco giratorio intercambiable y de un juego de paletas similares a las hélices de un helicóptero. Con este aparato se consigue que un lecho de hormigón vertido in situ tenga un acabado superficial liso, compacto y homogéneo.

Las ventajas que proporciona la aplanadora mecánica compensan sobradamente el coste de su compra o alquiler:

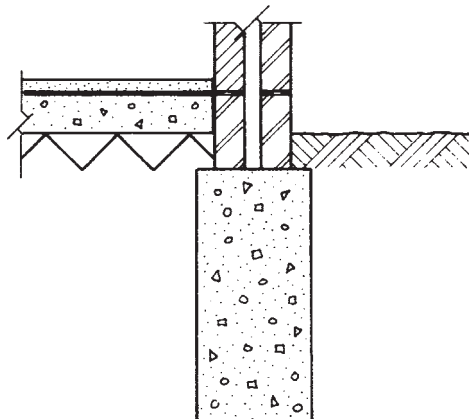
- Elimina el tiempo y los materiales necesarios para realizar un acabado enrasado.
- El proceso es más rápido y precisa menos mano de obra que el extendido con la llana.

**Aplicación:** una vez apisonado, el hormigón se deja fraguar parcialmente unas horas. El tiempo necesario de fraguado dependerá de una serie de variables, entre las que se cuentan la temperatura y la humedad, las proporciones de la mezcla y el peso de la máquina. A modo de orientación, las huellas de pisadas en el hormigón deben tener una profundidad de 3-4 mm. Inicialmente, se usará un disco desbastador para eliminar las líneas de apisonado; a continuación, se realizarán dos pasadas con paletas distintas, antes del pulido final de la superficie.



APLANADORA MECÁNICA

## 4. INFRAESTRUCTURA



CIMENTACIONES: FUNCIÓN, MATERIALES Y DIMENSIONADO

CIMENTACIONES POR PILOTES CORTOS

CIMENTACIONES POR LOSA LIGERA

TIPOS DE CIMENTACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ADECUADA

PILOTAJES

MUROS DE CONTENCIÓN

GAVIONES Y COLCHONES RENO

CONSTRUCCIÓN DE SÓTANOS

IMPERMEABILIZACIÓN DE SOTANÓS

EXCAVACIONES

FABRICACIÓN DE HORMIGÓN

ATAGUÍAS

CAJONES DE CIMENTACIÓN

RECALCES

CONTROL DEL AGUA DEL SUBSUELO

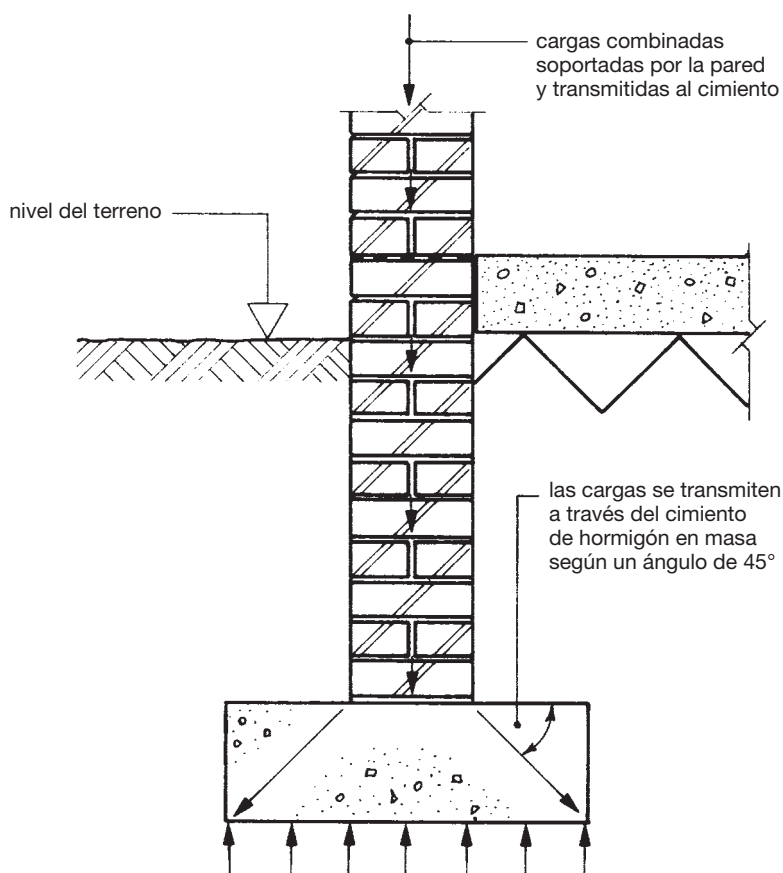
ESTABILIZACIÓN Y MEJORA DEL SUELO

RECUPERACIÓN DE TERRENOS BALDÍOS

TRATAMIENTO DE SUBSUELOS CONTAMINADOS

**Cimentaciones:** la función de todo cimiento es soportar y transmitir al terreno sobre el que descansa las cargas debidas al peso propio y a las sobrecargas, de modo que no se produzcan asentamientos diferenciales u otros movimientos que puedan comprometer la estabilidad o causar daños al edificio.

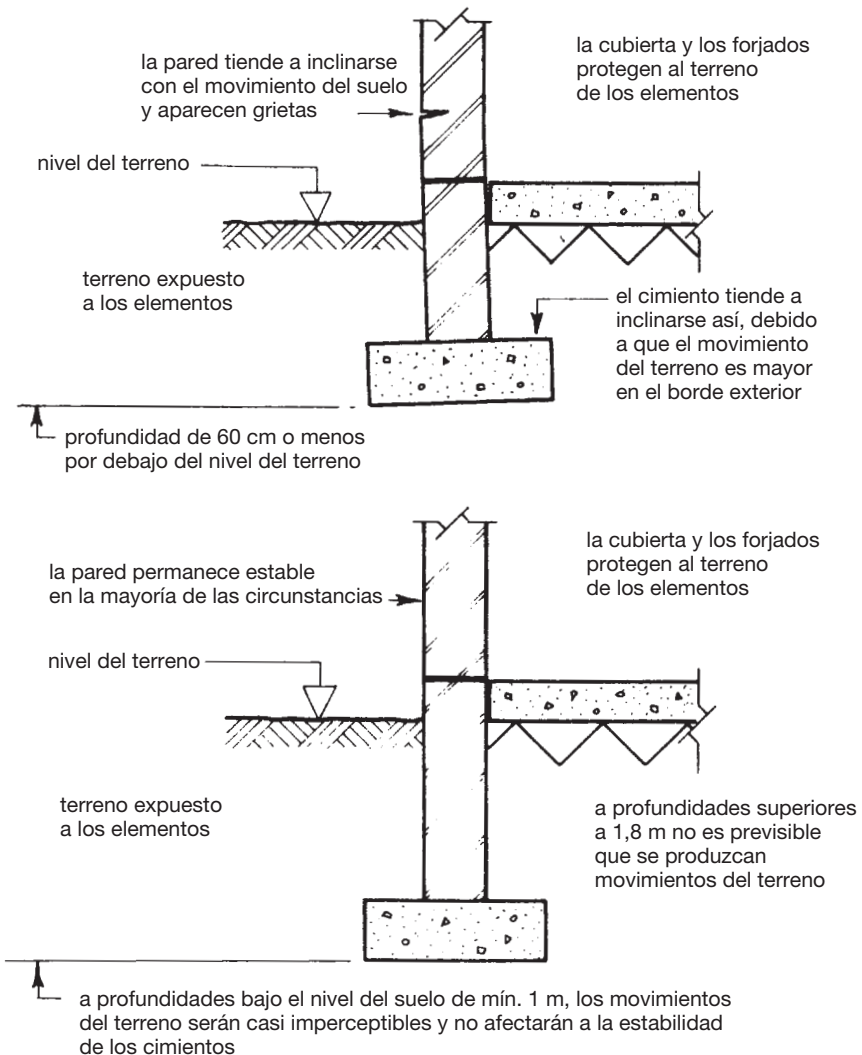
### Ejemplo



El subsuelo sobre el que se apoya el cimiento se comprime y reacciona ejerciendo una presión hacia arriba para resistir la carga del cimiento. Si la carga del cimiento supera la presión máxima admisible por el terreno (es decir, su capacidad portante), se producirá un desplazamiento del cimiento hacia abajo. La solución es aumentar la superficie en planta del cimiento para reducir la carga por unidad de superficie o disminuir las cargas transmitidas al cimiento.

**Movimientos del subsuelo:** se deben fundamentalmente a cambios de volumen cuando el subsuelo se humedece o se seca; se producen en las proximidades de la superficie del terreno. Los suelos granulares compactos, como las gravas, sufren pocos movimientos de este tipo, mientras que los suelos cohesivos, como los arcillosos, experimentan cambios volumétricos cerca de la superficie. La congelación del agua contenida en el subsuelo, con el consiguiente aumento de volumen, puede producir el levantamiento del terreno.

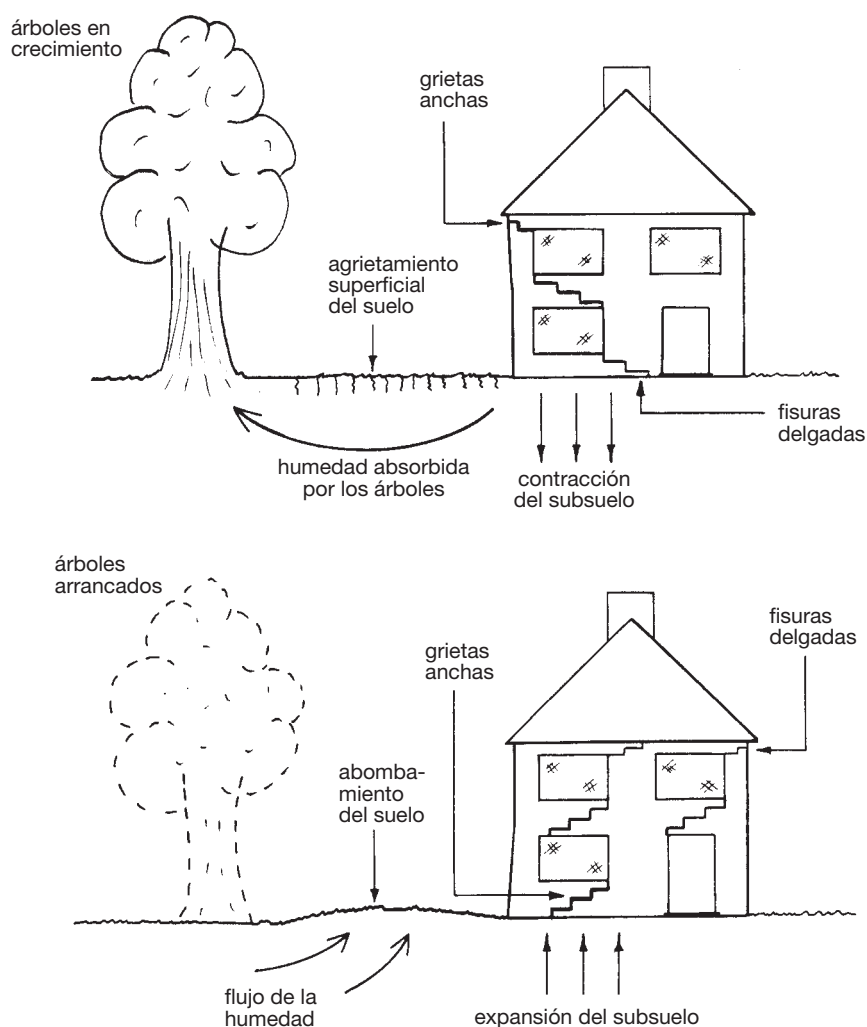
### Ejemplos tipo



**Árboles:** daños producidos a los cimientos. El contacto directo de las raíces de los árboles con los cimientos puede producir daños a los cimientos del edificio. No obstante, es más corriente, en especial en subsuelos arcillosos, el efecto indirecto de la retracción por desecación o del levantamiento del suelo.

La retracción se hace más patente en los períodos prolongados de tiempo seco, y es inducida por la absorción de humedad por parte de la vegetación, en especial si se trata de árboles de hoja ancha, como el roble, el olmo y el álamo, o de especies particularmente ávidas de agua, como el sauce.

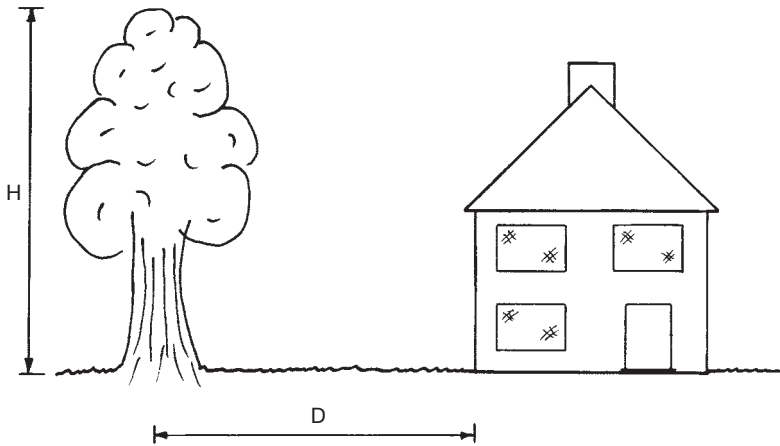
El fenómeno opuesto, el levantamiento del suelo, se produce durante las estaciones húmedas y viene favorecido por el arranque previo de árboles higromorfos o dependientes de la humedad que habrían contribuido así a drenar y equilibrar el subsuelo.



**Árboles:** los árboles pueden tener efectos sobre los cimientos en un radio de unos 30 m de distancia; por lo tanto, antes de establecer el sistema de cimentación, es conveniente informarse acerca de la política de control de la edificación de los organismos municipales.

El sistema de cimentación superficial por zapata continua es particularmente inadecuado a estos efectos. Sin embargo, si las zanjas de cimentación son suficientemente profundas, a partir de 2,5 o 3 m, este sistema puede ser apropiado, en especial si el hormigón se arma convenientemente. El sistema más económico en estos casos posiblemente sea el de cimentación por pilotes cortos, resultando idóneo para profundidades superiores a 3 m.

Únicamente a modo de orientación, se presenta una ilustración y una tabla donde se indican profundidades de cimentación en subsuelos susceptibles de sufrir retracción.



H = altura de un árbol maduro  
D = distancia del cimiento al eje del tronco

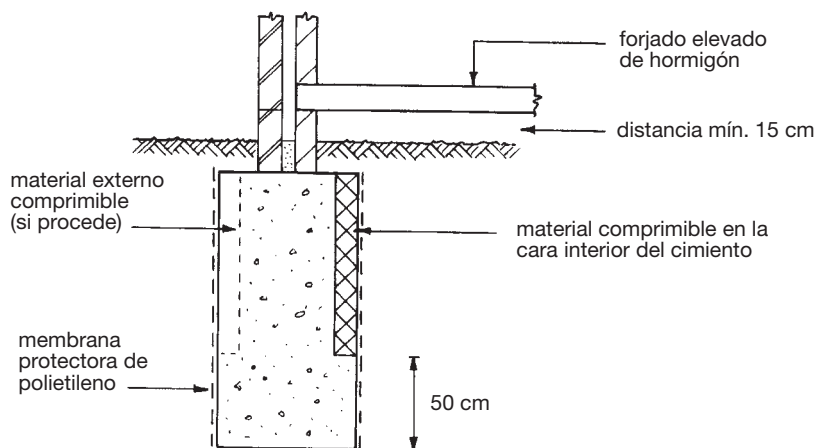
D/H: distancia del árbol/altura del árbol

| Especies de árboles        | 0,1 | 0,25 | 0,33 | 0,5 | 0,66 | 0,75 | 1   |
|----------------------------|-----|------|------|-----|------|------|-----|
| Roble, olmo, álamo y sauce | 3   | 2,8  | 2,6  | 2,3 | 2,1  | 1,9  | 1,5 |
| Otros                      | 2,8 | 2,4  | 2,1  | 1,8 | 1,5  | 1,2  | 1   |

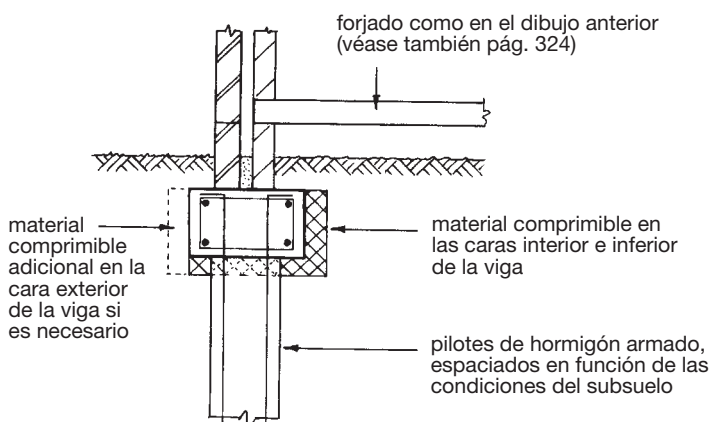
Profundidad mínima de la cimentación (m)

**Árboles:** las órdenes de conservación (véase pág. 99) pueden ser revocadas por las autoridades urbanísticas. La licencia para arrancar árboles debe solicitarse por escrito y podría ser estimada por las autoridades urbanísticas si la urbanización propuesta se considerase de interés general para la comunidad. Sin embargo, la tala de árboles solo se considerará aceptable si el promotor se compromete a restituirlos por otros en el mismo solar.

En semejantes circunstancias, cabe la posibilidad de que se produzcan abombamientos del suelo dentro de las “huellas” de los árboles talados. Para resistir esos movimientos, los cimientos deben incorporar una capa absorbente o un relleno comprimible y el forjado de la planta baja debe estar elevado sobre el terreno.



CIMENTACIÓN POR ZAPATA CONTINUA PROFUNDA



CIMENTACIÓN POR PILOTES CORTOS

**Grietas en muros:** la causa de las grietas es la aplicación de esfuerzos superiores a los que un edificio es capaz de soportar. La mayor parte de las grietas es superficial y aparece por desecación y subsiguiente contracción del material. Este tipo de fisura superficial suele tener un ancho inferior a 2 mm y se repara mediante una masilla adecuada.

Las grietas importantes en los muros pueden ser ocasionadas por un hundimiento del terreno debido a un diseño incorrecto o a un daño físico. Las grietas pueden causar problemas posteriores tales como:

- Inestabilidad estructural.
- Penetración de agua.
- Infiltración de aire.
- Pérdida de calor.
- Pérdida de aislamiento acústico.
- Depreciación estética.

En caso de aparición de grietas importantes, debe efectuarse un reconocimiento para determinar:

1. La causa de las grietas, es decir:

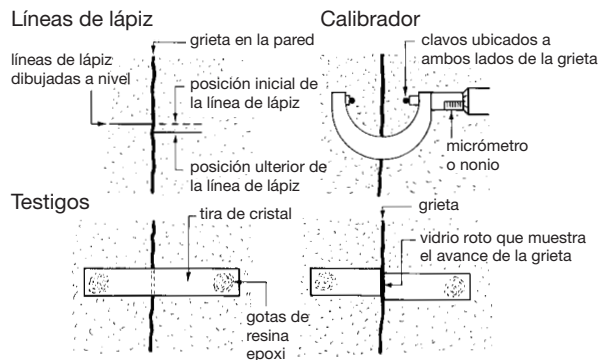
- Cargas aplicadas externamente (raíces de árboles, movimientos del subsuelo).
- Cambios de clima/temperatura (movimiento térmico).
- Cambios en el contenido de humedad (impermeabilización deficiente, fugas de agua en el edificio).
- Vibraciones (obra adyacente, tráfico).
- Cambios en la composición física (formación de sal o hielo).
- Cambios químicos (corrosión, sulfatación).
- Cambios biológicos (pudrición de la madera).

2. Los efectos sobre el comportamiento del edificio (estructural y ambiental).

3. La naturaleza del movimiento, si ya ha cesado, si prosigue o si es intermitente (estacional).

La observación durante un período de varios meses, preferiblemente un año, ayudará a determinar si la grieta es nueva o preexistente y si progresa o se ha estabilizado.

### Métodos sencillos para controlar grietas





**Materiales de cimentación:** de lo expuesto en la pág. 180 se desprende que una de las funciones del cimientó es repartir uniformemente la carga que recibe sobre el sub-suelo donde se apoya. Naturalmente, debe estar construido con materiales duraderos y que tengan la resistencia adecuada. La experiencia nos demuestra que el material más adecuado para ello es el hormigón.

El hormigón es una mezcla de cemento, áridos y agua en proporciones controladas.

### CEMENTO

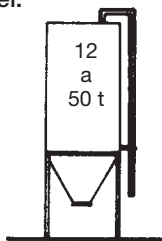
Fabricado con piedras arcillosas y calizas, es el conglomerante de la mezcla de la que saldrá el hormigón. El cemento en polvo puede suministrarse en sacos o a granel.

#### Sacos:



Sacos de papel sellados al vacío que requieren un almacenamiento seco, sin humedades.

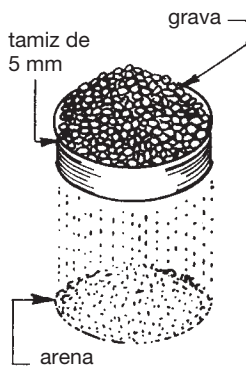
#### A granel:



Suministrado por camiones cisterna y bombeado para su acopio en silos.

### ÁRIDOS

La grava puede definirse como el árido que queda retenido en un tamiz de 5 mm.



La arena se define como el árido que pasa a través del tamiz de 5 mm.

Los áridos pueden proceder de rocas naturales que se han desintegrado o de piedra o grava machacada.

### AGUA

Debe tener una calidad tal que sea potable.

### MEZCLAS

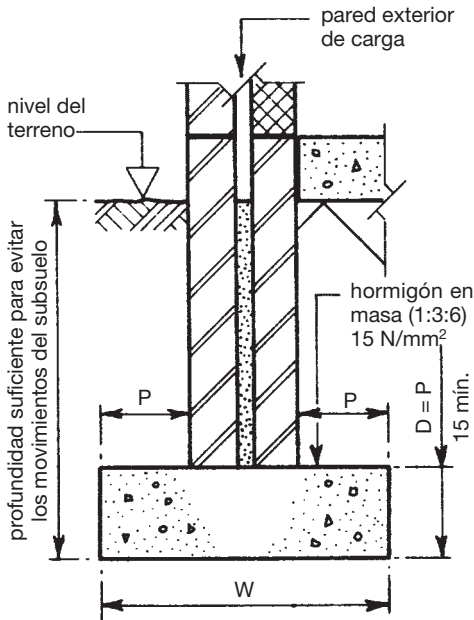
Se expresan mediante una relación tal como esta: 1:3:6/20 mm, lo que significa:

Una parte de cemento.  
Tres partes de arena.  
Seis partes de grava.  
20 mm: tamaño máximo del árido contenido en la mezcla.

El agua se añade para desencadenar la reacción química («fraguado») y para proporcionar la adecuada docilidad a la mezcla.

La cantidad de agua empleada se llama «Relación agua/cemento» y habitualmente es de 0,4 o 0,5.

Una cantidad excesiva de agua produce un hormigón débil, de baja resistencia, mientras que una cantidad de agua demasiado reducida produce un hormigón de baja e inadecuada docilidad.

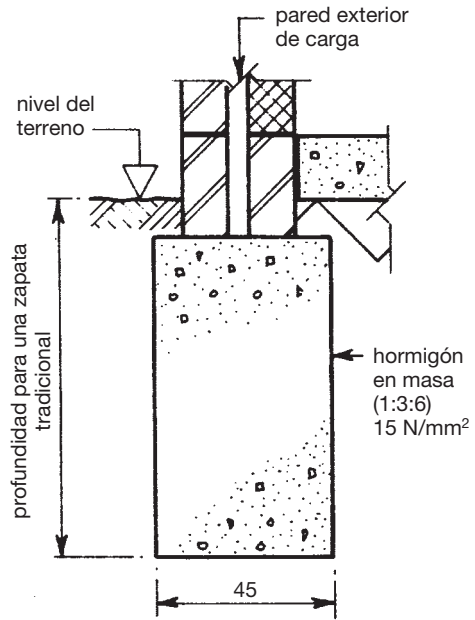


$$W = \frac{\text{carga por metro lineal}}{\text{capacidad portante del suelo}}$$

o  $W \geq$  que el dado en la tabla de la pág. 191

NOTA: en cualquier caso, la anchura de la zapata  $W$  debe dejar espacio suficiente para trabajar, siendo las medidas mínimas usuales de 45 a 60 cm según la profundidad de la excavación.

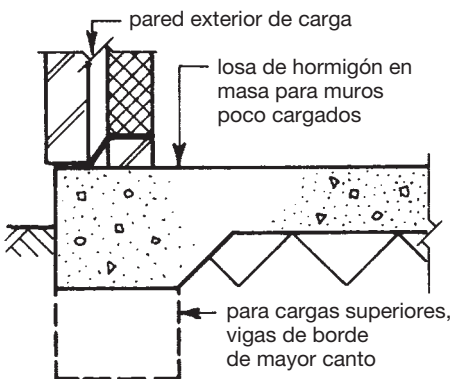
#### ZAPATA LINEAL TRADICIONAL



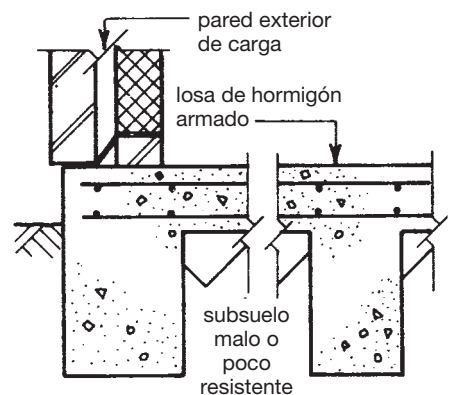
En general, se considera que este sistema es más barato que la zapata lineal tradicional, por las siguientes razones:

1. Se requiere menos mano de obra.
2. Requiere técnicas menos especializadas.
3. Se utiliza hormigón preparado en central y no requiere darle especiales condiciones de docilidad o manejabilidad.

#### ZAPATA LINEAL PROFUNDA (DE GRAN CANTO)

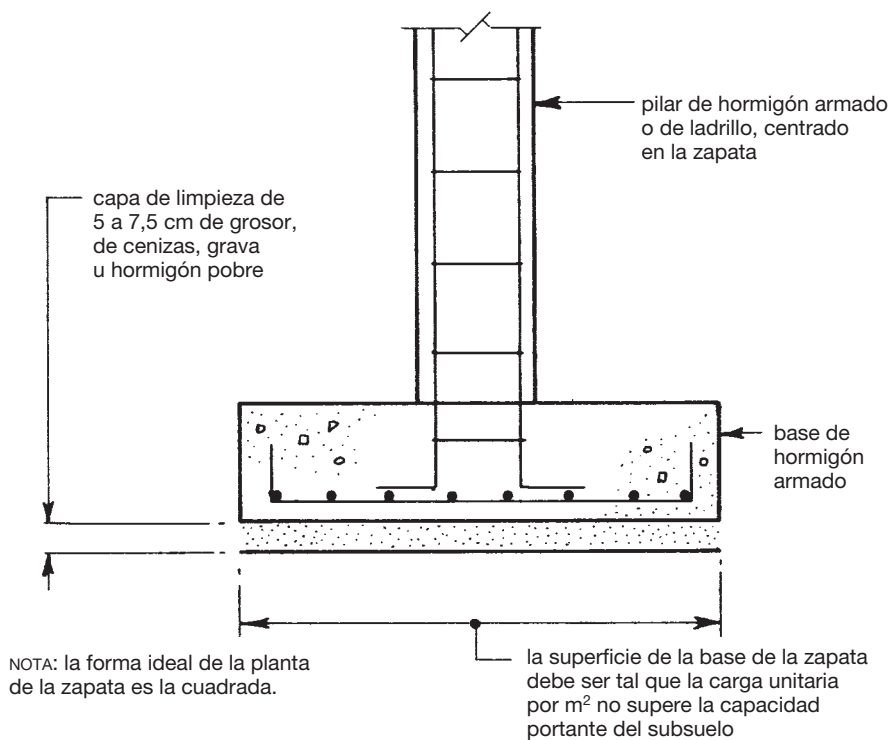


#### LOSA MACIZA DE CIMENTACIÓN

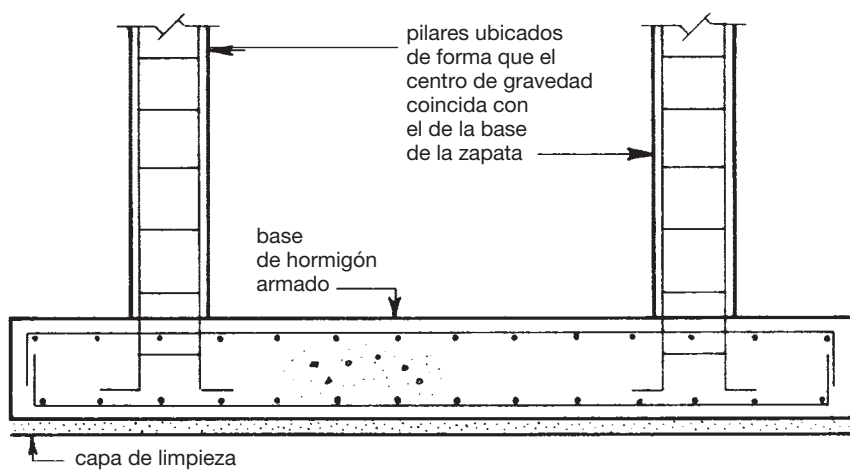


#### LOSA Y JÁCENAS DE CIMENTACIÓN

## Tipos de cimentación



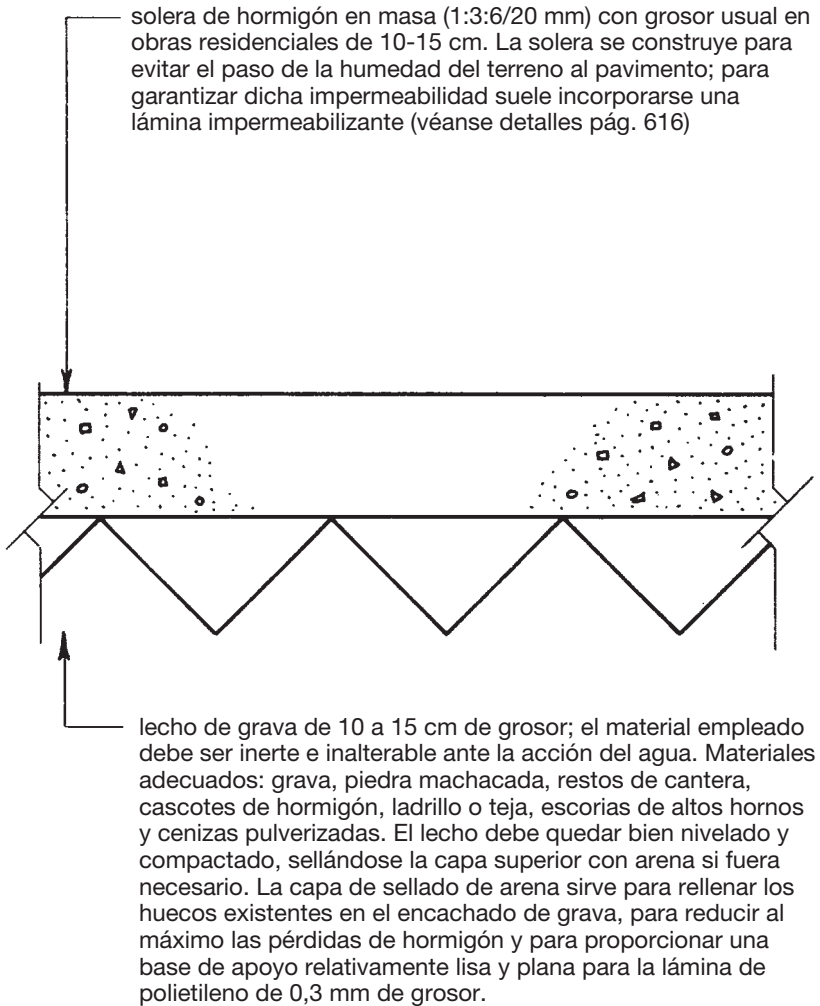
### ZAPATA AISLADA



### ZAPATA COMBINADA

**Solera de cimentación:** losa de hormigón que descansa y se apoya sobre el subsuelo formando generalmente el suelo de la planta baja. El tendido de las soleras suele realizarse sobre un lecho de grava que se utiliza para compensar el rebaje producido por la excavación, elevando así la cota de la losa sobre el nivel del terreno.

### Ejemplo tipo



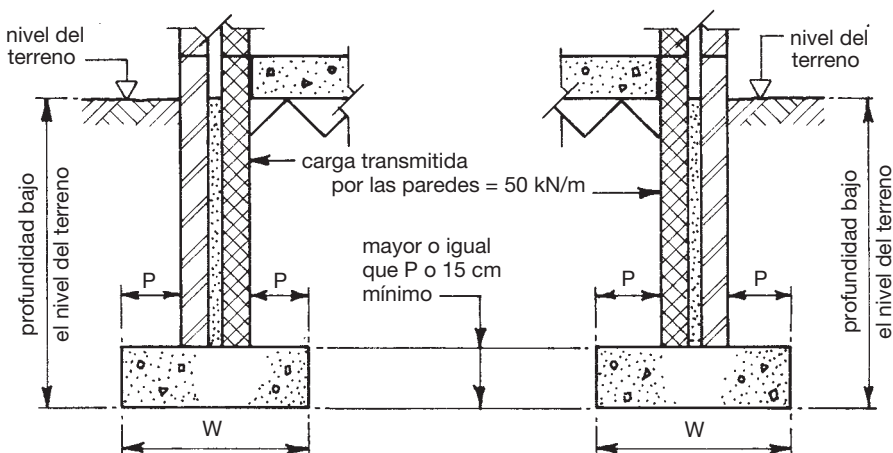
## Cimentaciones. Dimensionado básico

**Dimensionado básico:** las dimensiones de un cimiento dependen básicamente de dos factores:

1. Carga transmitida, máx. 70 kN/m (viviendas de hasta tres plantas).
2. Capacidad portante del subsuelo situado debajo del cimiento.

Las capacidades portantes de los diferentes tipos de suelo pueden obtenerse mediante tablas o a través de estudios geotécnicos.

### Ejemplos tipo



capacidad portante admisible del subsuelo de grava compactada = 100 kN/m<sup>2</sup>

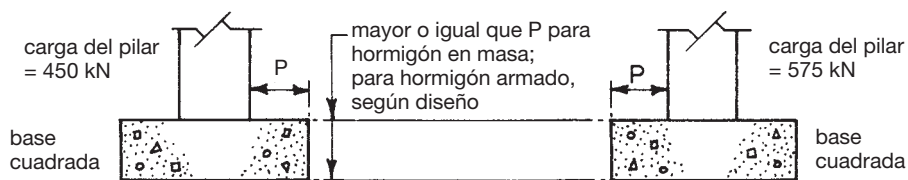
$$W = \frac{\text{carga}}{\text{capacidad portante}} = \frac{50}{100} = 50 \text{ cm mínimo}$$

capacidad portante admisible del subsuelo de arcilla = 80 kN/m<sup>2</sup>

$$W = \frac{\text{carga}}{\text{capacidad portante}} = \frac{50}{80} = 62,5 \text{ cm mínimo}$$

Si con las anchuras obtenidas no se consigue espacio suficiente para trabajar, será preciso aumentarlos hasta conseguirlo.

En la tabla de la página siguiente se da una orientación sobre anchuras mínimas para diversos casos.



capacidad portante del subsuelo = 150 kN/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{área de la base} &= \frac{\text{carga}}{\text{capacidad portante}} \\ &= \frac{450}{150} = 3 \text{ m}^2; \end{aligned}$$

$$\text{lado zapata} = \sqrt{3} = 1,732 \text{ m mín.}$$

capacidad portante del subsuelo = 85 kN/m<sup>2</sup>

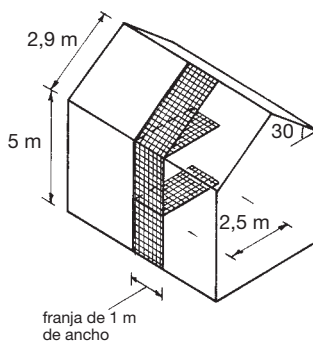
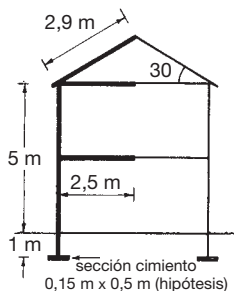
$$\begin{aligned} \text{área de la base} &= \frac{\text{carga}}{\text{capacidad portante}} \\ &= \frac{575}{85} = 6,765 \text{ m}^2; \end{aligned}$$

$$\text{lado zapata} = \sqrt{6,765} = 2,6 \text{ m mín.}$$

## Predimensionado orientativo de cimentaciones lineales

| Tipo de suelo   | Condiciones del subsuelo                    | Prueba en obra                                                                                                 | Carga lineal máx. sobre un muro de carga (kN/m)                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
|-----------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
|                 |                                             |                                                                                                                | 20                                                                                                                                                                                                                                      | 30 | 40                                                                                                | 50 | 60 | 70 |
|                 |                                             |                                                                                                                | Ancho mínimo (cm)                                                                                                                                                                                                                       |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Roca            | No inferior a arenisca, caliza o yeso firme | La excavación requiere maquinaria                                                                              | Anchura mayor o igual que la del muro                                                                                                                                                                                                   |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Grava           | Densidad media                              | La excavación requiere pico. Clavar una estaca de 5 x 5 cm de base a una profundidad > 15 cm                   | 25                                                                                                                                                                                                                                      | 30 | 40                                                                                                | 50 | 60 | 65 |
| Arena           | Compacta                                    |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Arcilla         | Dura                                        | La excavación requiere pico o maquinaria. Rascando el terreno con el dedo solo se logra hacer un pequeño surco | 25                                                                                                                                                                                                                                      | 30 | 40                                                                                                | 50 | 60 | 65 |
| Arcilla arenosa | Dura                                        |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Arcilla         | Sólida                                      | Puede ser moldeado presionando fuertemente con los dedos                                                       | 30                                                                                                                                                                                                                                      | 35 | 45                                                                                                | 60 | 75 | 85 |
| Arcilla arenosa | Sólida                                      |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Arena           | Suelta                                      | Admite excavación con pala. Una estaca de 5 x 5 cm de base se clava con facilidad                              | 40                                                                                                                                                                                                                                      | 60 | El sistema convencional de cimentación lineal es inadecuado para una carga total mayor de 30 kN/m |    |    |    |
| Arena limosa    | Suelta                                      |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Arena arcillosa | Suelta                                      |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Limo            | Blanda                                      | Un dedo se hinca 1 cm. Se moldea fácilmente con los dedos                                                      | 45                                                                                                                                                                                                                                      | 65 |                                                                                                   |    |    |    |
| Arcilla         | Blanda                                      |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Arcilla arenosa | Blanda                                      |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Arcilla limosa  | Blanda                                      |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Limo            | Muy blanda                                  | Un dedo se hunde fácilmente unos 25 mm. Al apretar una muestra húmeda, el agua rezuma entre los dedos          | El sistema convencional de cimentación lineal es inadecuado. Contando con un asesoramiento especializado, puede cimentarse con zapatas lineales de hormigón armado de base muy ancha, con zapatas lineales muy profundas, o con pilotes |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Arcilla         | Muy blanda                                  |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Arcilla arenosa | Muy blanda                                  |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |
| Arcilla limosa  | Muy blanda                                  |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                         |    |                                                                                                   |    |    |    |

**Procedimiento tipo (orientativo)**



Pesos propios por metro lineal\* (véanse págs. 34 y 35)

|                                                                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Cimentación de fábrica de ladrillo: $1 \times 1 \text{ m} \times 476 \text{ kg/m}^2$                                 | = 476 kg   |
| ... cámara hormigón (e: 5 cm): $1 \times 1 \times 0,05 \text{ m} \times 2.300 \text{ kg/m}^3$                        | = 115 kg   |
| Cimiento hormigón: $0,15 \times 1 \times 0,5 \text{ m} \times 2.300 \text{ kg/m}^3$                                  | = 173 kg   |
| Cimentación de ladrillo: $5 \times 1 \text{ m} \times 221 \text{ kg/m}^2$                                            | = 1.105 kg |
| ... fábrica de bloque + aislamiento: $5 \times 1 \text{ m} \times 79 \text{ kg/m}^2$                                 | = 395 kg   |
| ... dos capas de enlucido: $5 \times 1 \text{ m} \times 22 \text{ kg/m}^2$                                           | = 110 kg   |
| Forjado (techo PB) + piso de madera +<br>placas de cartón yeso: $2,5 \times 1 \text{ m} \times 42,75 \text{ kg/m}^2$ | = 107 kg   |
| Forjado (techo PP) + placas de cartón yeso +<br>aislamiento: $2,5 \times 1 \text{ m} \times 19,87 \text{ kg/m}^2$    | = 50 kg    |
| Estructura de la cubierta (cabios, correas, imp.):<br>$2,9 \times 1 \text{ m} \times 12,12 \text{ kg/m}^2$           | = 35 kg    |
| Tejado (solape sencillo): $2,9 \times 1 \text{ m} \times 49 \text{ kg/m}^2$                                          | = 142 kg   |
|                                                                                                                      | <hr/>      |
|                                                                                                                      | 2.708 kg   |

NOTA:  $1 \text{ kg} \times 9,81 = 1 \text{ Newton}$

Por lo tanto:  $2.708 \text{ kg} \times 9,81 = 26.565 \text{ N}$  o  $26,56 \text{ kN}$

Sobrecargas de uso por metro lineal\*:

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Forjado (techo PB): $2,5 \times 1 \text{ m} \times 1,5 \text{ kN/m}^2$ | = 3,75 kN |
| Cubierta (nieve): $2,9 \times 1 \text{ m} \times 1,5 \text{ kN/m}^2$   | = 4,05 kN |
|                                                                        | <hr/>     |
|                                                                        | 7,8 kN    |

NOTA: para pendientes de cubierta  $> 30^\circ$ : sobrecarga de nieve =  $0,75 \text{ kN/m}^2$

Peso propio + sobrecarga de uso =  $26,56 + 7,80 \text{ kN} = 34,36 \text{ kN}$

Si adoptamos la hipótesis de que el subsuelo tiene una capacidad portante de  $75 \text{ kN/m}^2$ , entonces:

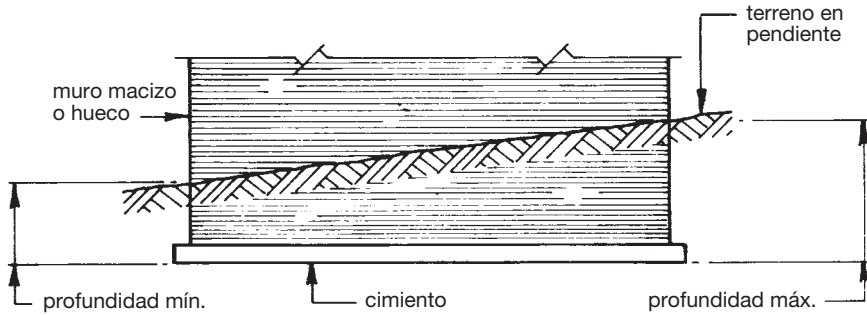
Ancho zapata =  $A = \text{carga lineal total (kN/ml)} / \text{capacidad portante (kN/m}^2) = 34,36 / 75 = 0,458 \text{ m}$  o  $45,8 \text{ cm}$

Por lo tanto, redondeando, se precisa una zapata lineal de 50 cm de ancho.

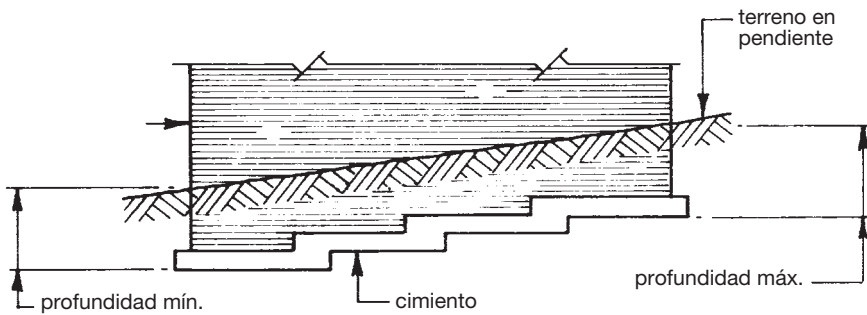
\* En España, las hipótesis de acciones (pesos propios, empujes, sobrecargas, etc.) para adoptar en el cálculo de cualquier edificio vienen reguladas en el Código Técnico de la Edificación por el DB-SE AE Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación.

**Cimientos escalonados:** por lo general, aparecen en el contexto de las cimentaciones lineales y se emplean principalmente en terrenos en pendiente, para reducir el volumen de excavación y los materiales necesarios para una cimentación adecuada.

### Comparativa

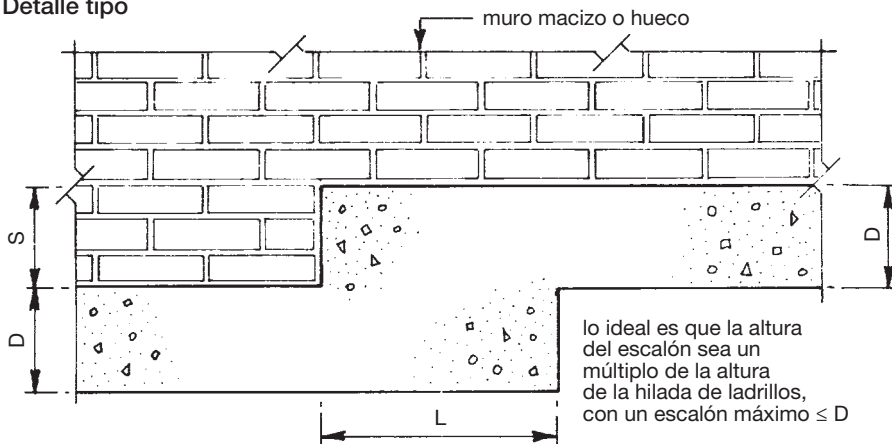


CIMIENTO LLANO



CIMIENTO ESCALONADO

### Detalle tipo



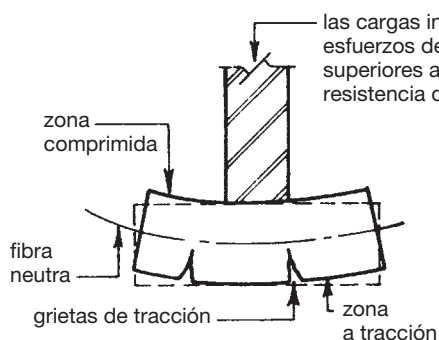
solape mínimo ( $L$ ) =  $2 \times S$ ;  $D$  o 30 cm (el mayor de ellos)



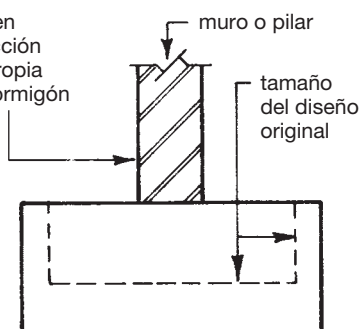
## Cimientos sencillos de hormigón armado

**Cimientos de hormigón:** el hormigón es un material con una gran resistencia a compresión, pero escasa a tracción. Si se supera su resistencia a tracción, el hormigón se agrieta y los cimientos son débiles e inadecuados. Un buen método para dotar a la pieza de resistencia a tracción es incluir en su masa armaduras de acero de refuerzo para que resista todas las fuerzas de tracción inducidas en la cimentación. El acero es un material fácilmente disponible y tiene una gran resistencia a la tracción.

### Comparativas

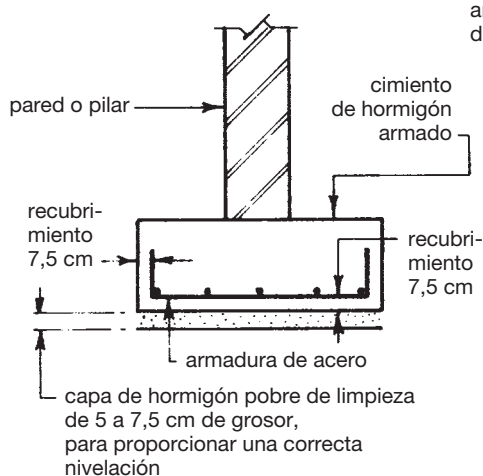


El cimiento tiende a flexionar; la cara superior del cimiento se comprime y acorta, mientras que la inferior se tensiona y alarga. Solución: aumentar el tamaño de la cimentación o diseñarla como cimiento de hormigón armado.

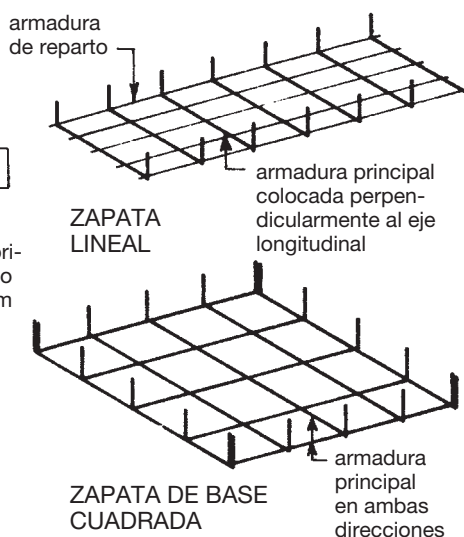


Se ha aumentado el tamaño del cimiento para que resista los esfuerzos inducidos de tracción; por lo general, el sistema es antieconómico debido al aumento de excavación y de materiales que requiere.

### Cimiento tipo de hormigón armado

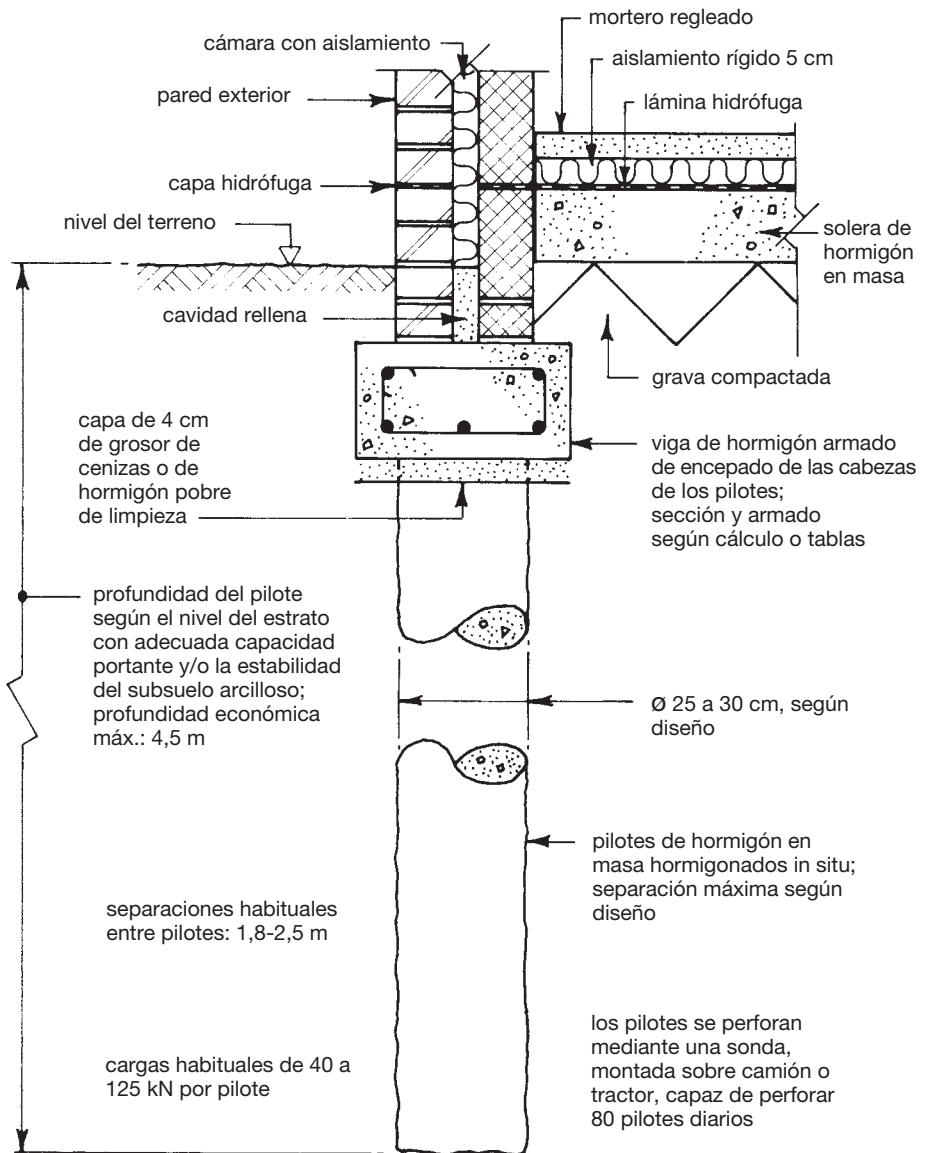


### Colocación de las armaduras



**Pilotes cortos:** cimentación adecuada para pequeñas cargas y subsuelos arcillosos donde sean previsibles movimientos del terreno por debajo de la cota de 1 m, la habitual de apoyo en los sistemas tradicionales de cimentación lineal o por zanjas. También pueden utilizarse cuando haya árboles situados junto al nuevo edificio, pues sus raíces podrían provocar futuros movimientos en el subsuelo debido al crecimiento y a la captación del agua subterránea. A la inversa, cuando se arrancan árboles se produce un esponjamiento del terreno.

### Detalles tipo



[illegible]

**Principios de diseño de la cimentación:** los objetivos principales del diseño de la cimentación son garantizar que las cargas de la estructura se transmiten al terreno de manera segura, económica y sin asentamientos diferenciales inaceptables, durante la construcción y la vida útil del edificio.

El **procedimiento de diseño básico** puede estudiarse como una serie de pasos o fases:

1. Valoración de las condiciones del terreno en el contexto del informe sobre la inspección del terreno y la naturaleza del suelo.
2. Cálculo de las cargas estructurales previstas.
3. Selección del tipo de cimentación teniendo en cuenta:
  - a. Condiciones del suelo
  - b. Tipología de la estructura
  - c. Cargas estructurales
  - d. Factores económicos
  - e. Factores de tiempo relativos al plazo fijado en el contrato
  - f. Problemas constructivos
4. Dimensionado de la cimentación escogida en el contexto de las cargas, la capacidad portante del terreno y los posibles movimientos futuros del edificio o estructura.

**Tipos de cimentación:** dejando aparte las cimentaciones de edificios residenciales sencillos, la mayor parte de los tipos de cimentación se construye en hormigón armado, y pueden subdividirse en superficiales y profundos.

Casi todos los tipos de cimentación superficial se construyen a menos de 2 m de profundidad respecto al nivel del terreno, pero en ciertos casos puede ser necesario llevar toda o parte de una cimentación hasta una profundidad de 2 a 5 m, como es el caso de sótanos cuyos elementos estructurales deban soportar las cargas de la superestructura.

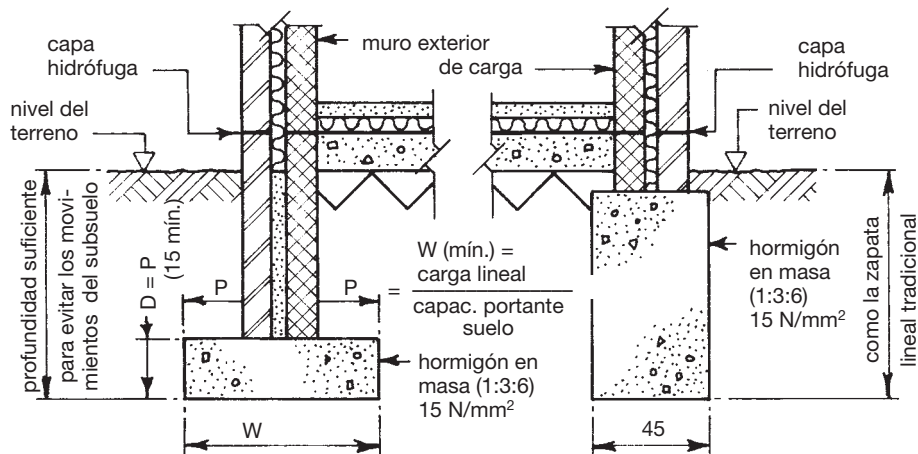
Por lo general, cuando haya que cimentar a profundidades superiores a 5 m, será más económico diseñar y emplear un sistema de cimentación por pilotes, y este sistema entra dentro de la clasificación de cimentaciones profundas (para Cimentaciones profundas, véanse págs. 202-221).

Los cimientos suelen clasificarse por su tipología como zapatas lineales y aisladas, losas y pilotes. También es factible combinar tipos de cimiento, como zapatas lineales conectadas mediante riostras a zapatas aisladas.

## Tipos de cimentación y selección de la adecuada

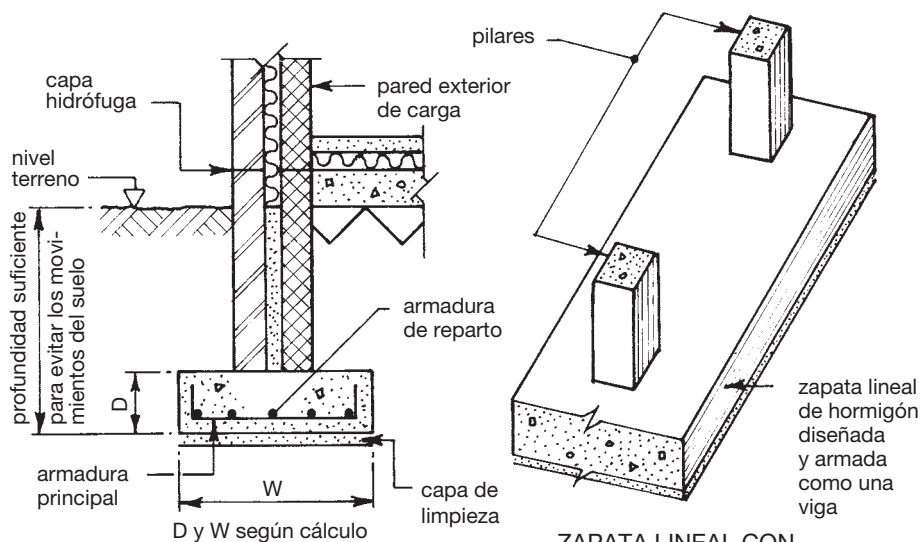
**Cimientos corridos tradicionales, zanjas o zapatas lineales:** son adecuadas para la mayor parte de los subsuelos y para cargas estructurales moderadas, como las que se dan en los edificios residenciales de baja y mediana altura, en los que se utilizan cimientos de hormigón en masa. En los demás casos suele utilizarse el hormigón armado.

### Tipos característicos de cimientos lineales



**ZAPATA LINEAL TRADICIONAL**  
edificios residenciales de baja  
altura o similares

**ZAPATA LINEAL PROFUNDA (GRAN CANTO)**  
alternativa a la zapata tradicional

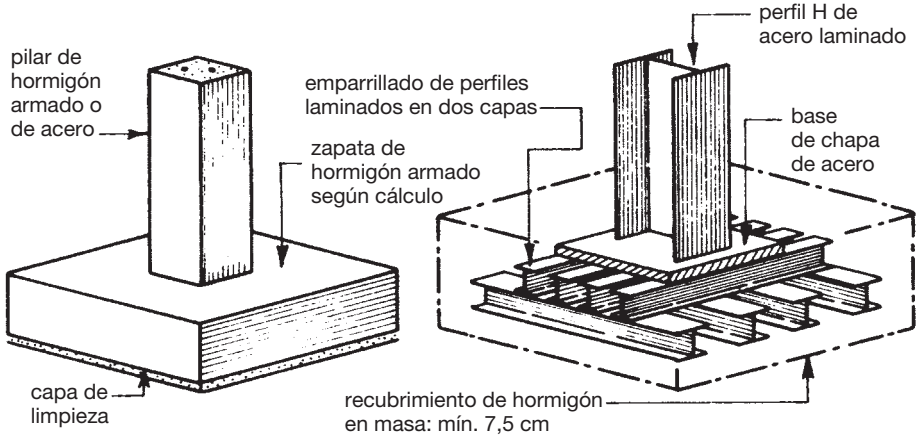


**ZAPATA LINEAL DE HORMIGÓN ARMADO**  
se emplea cuando las tracciones inducidas supe-  
ran la propia resistencia a tracción del hormigón

**ZAPATA LINEAL CON CARGA DISCONTINUA**  
se emplea cuando los pilares  
están muy juntos o para  
cimentar los pilares de borde

**Zapatas aisladas:** adecuadas para la mayor parte de los subsuelos, excepto los arenosos sueltos, las gravas sueltas y las zonas de relleno. Generalmente son de hormigón armado y de planta cuadrada.

### Tipos característicos de zapata aislada

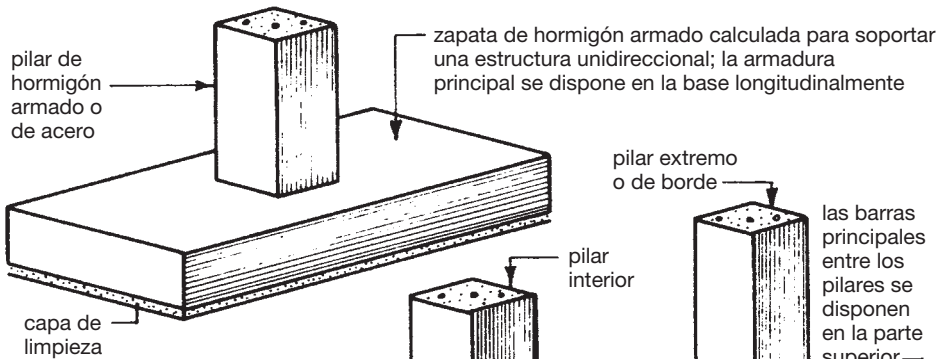


#### ZAPATA AISLADA

calculada para soportar estructuras bidireccionales; por tanto, la armadura principal se dispone en la base y en las dos direcciones

#### EMPARRILLADO DE ACERO

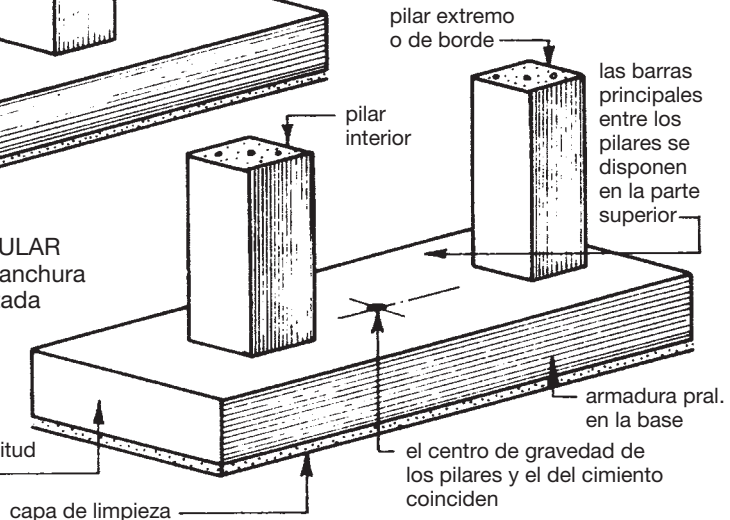
se emplea para soportar grandes cargas concentradas (en desuso en la actualidad)



#### ZAPATA RECTANGULAR

se utiliza cuando la anchura de la base está limitada

la planta puede ser rectangular o trapezoidal, si la longitud está limitada

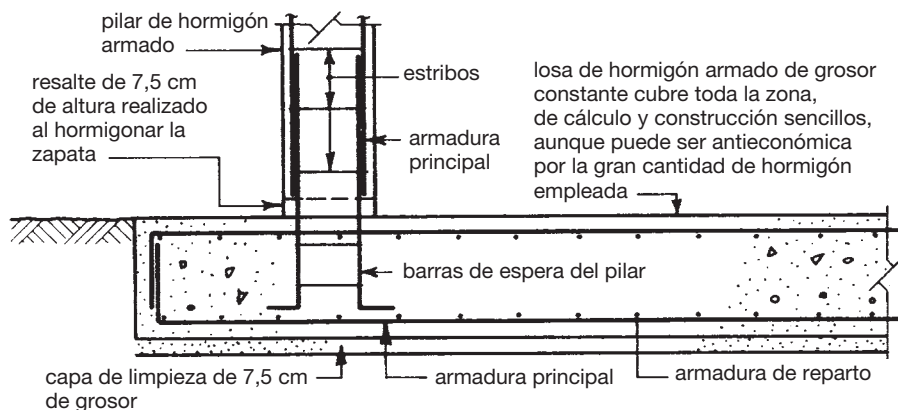


**ZAPATAS COMBINADAS:** pilares extremos junto al linde o muro existente

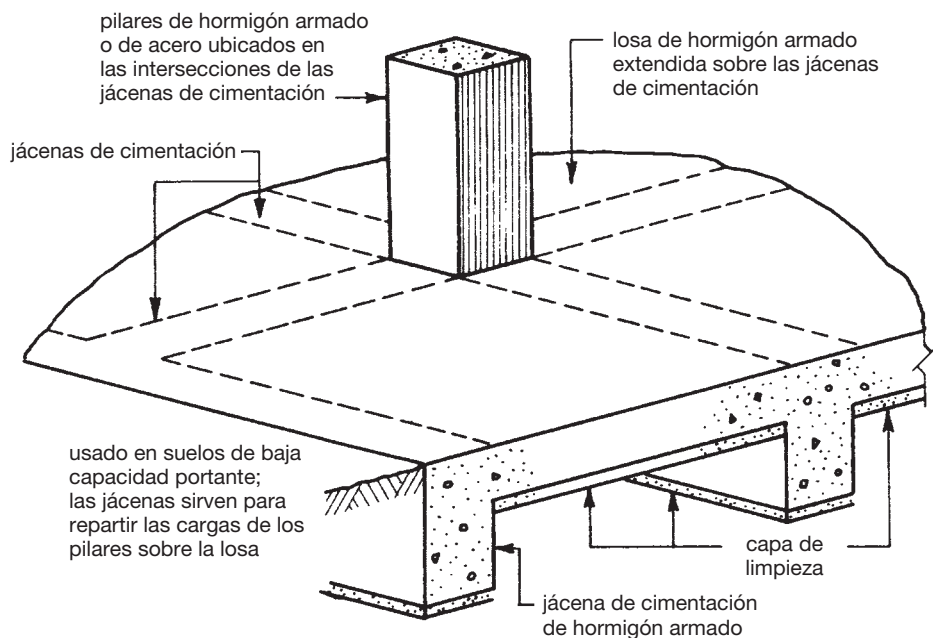
## Tipos de cimentación y selección de la adecuada

**Losas de cimentación:** se emplean para repartir la carga de la superestructura en una base mayor y reducir así la carga por unidad de superficie impuesta al terreno; esto resulta especialmente útil en suelos de baja capacidad portante con cargas puntuales elevadas.

### Tipos característicos de losas de cimentación



LOSA MACIZA FLOTANTE

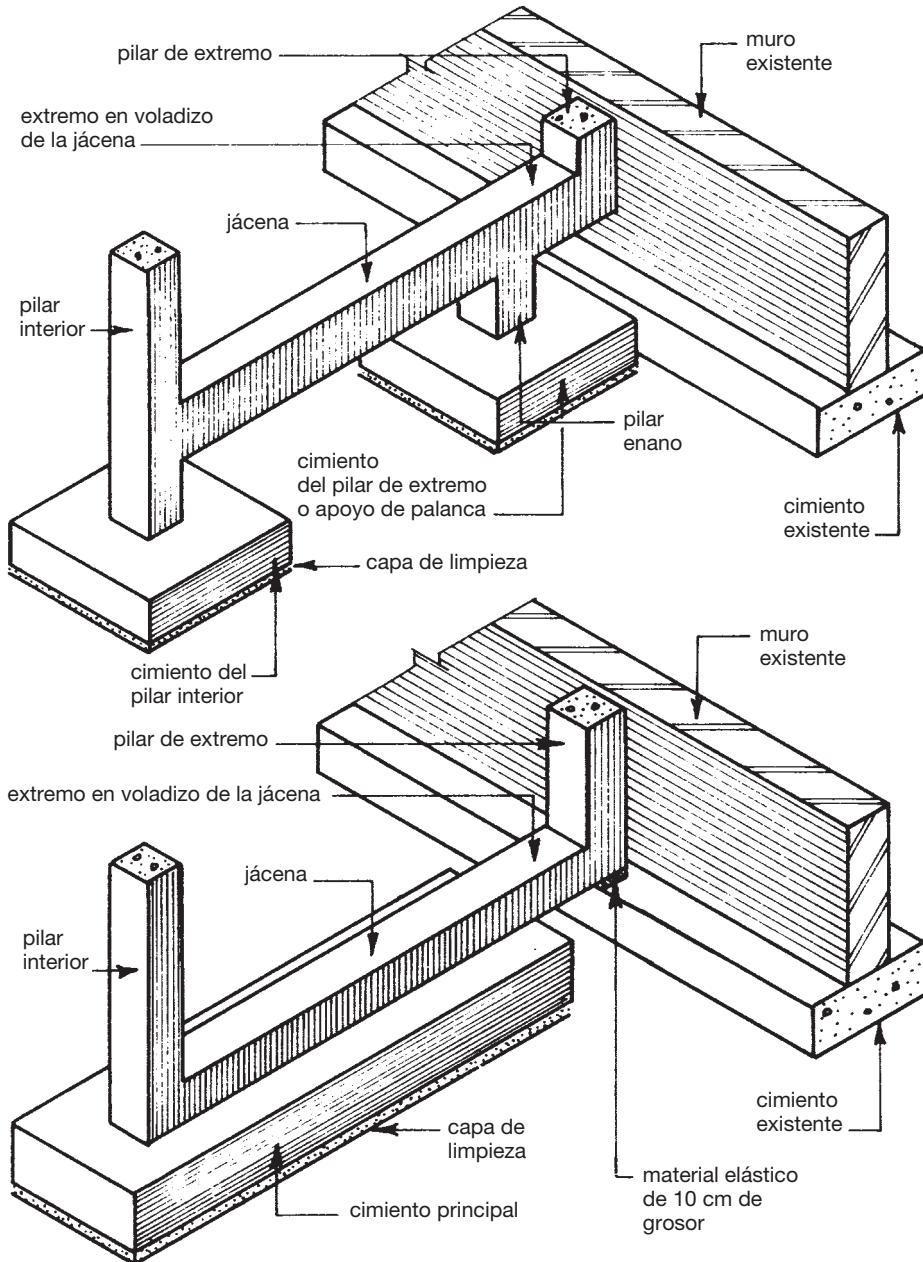


NOTA: las jácenas de cimentación pueden considerarse jácenas invertidas que soportan un forjado de hormigón suspendido a nivel del suelo.

JÁCENAS Y LOSA DE CIMENTACIÓN

**Cimentaciones en voladizo:** suelen emplearse cuando es preciso evitar la transmisión de cargas a un cimiento vecino o a una red de servicios enterrada.

**Tipos característicos de cimentación en voladizo**



CIMENTOS EN VOLADIZO PROYECTADOS Y CONSTRUIDOS EN HORMIGÓN ARMADO

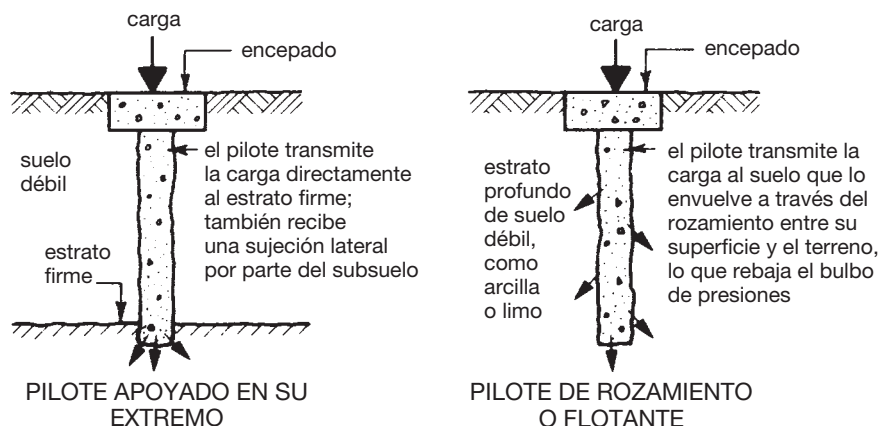


## Pilotajes

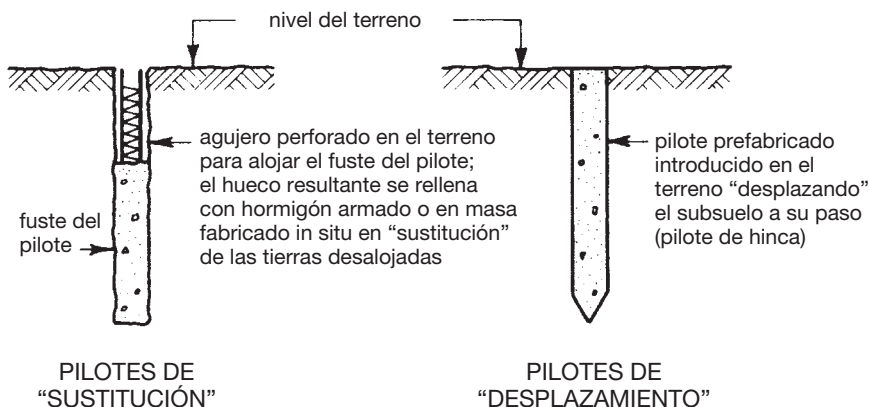
**Pilotajes:** pueden definirse como un conjunto de pilares construidos o insertados en el terreno para transmitir las cargas de la estructura a un nivel inferior del subsuelo. Suelen emplearse en casos de deficientes condiciones para cimentar en la superficie del terreno o cerca de ella, lo que convierte en antieconómico el empleo de zapatas profundas tradicionales. La carencia de buenas condiciones de cimentación puede ser debida a:

1. Baja capacidad portante del subsuelo natural.
2. Nivel de la capa freática alto que producirían costes elevados de agotamiento.
3. Existencia de estratos de subsuelo de alta compresibilidad, como turbas y materiales de relleno de reciente colocación que todavía no se han consolidado suficientemente.
4. Subsuelo susceptible de sufrir movimientos debido a humedades o rotura plástica.

**Clasificación de los pilotes:** los pilotes pueden clasificarse según su función básica de proyecto o al método utilizado en su construcción:

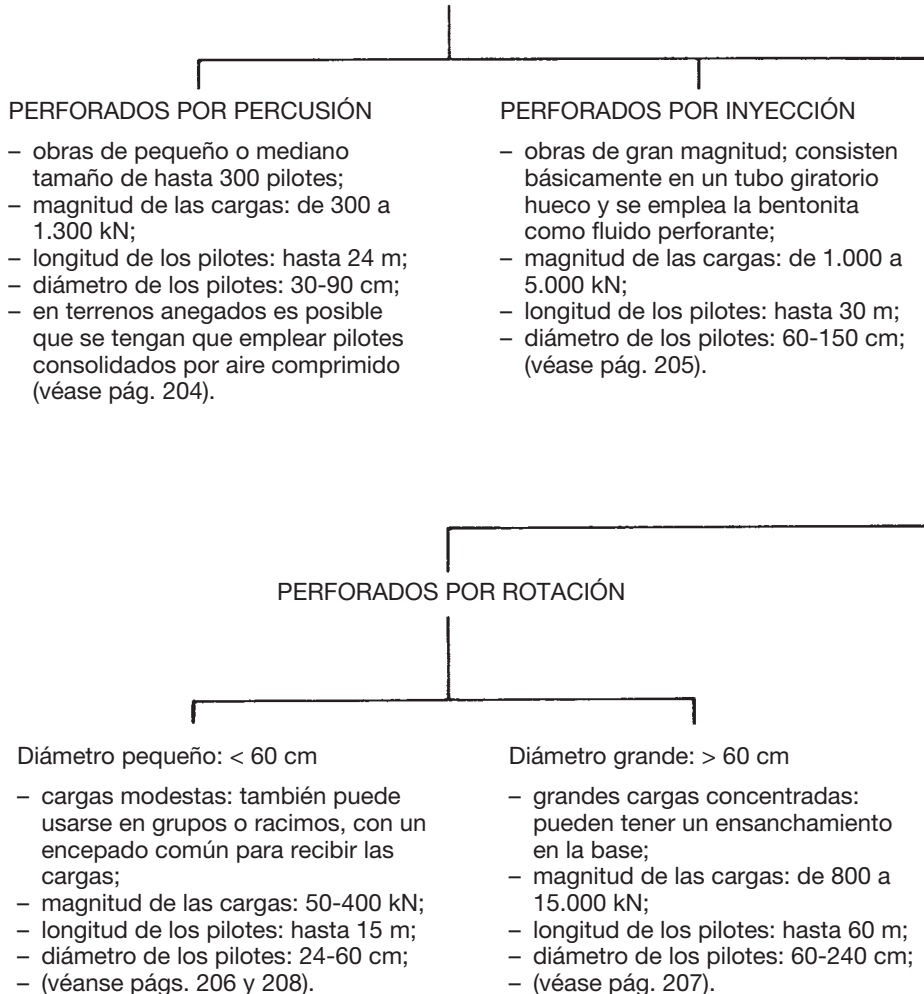


NOTA: el trabajo de los pilotes puede ser una combinación de las anteriores funciones de proyecto.

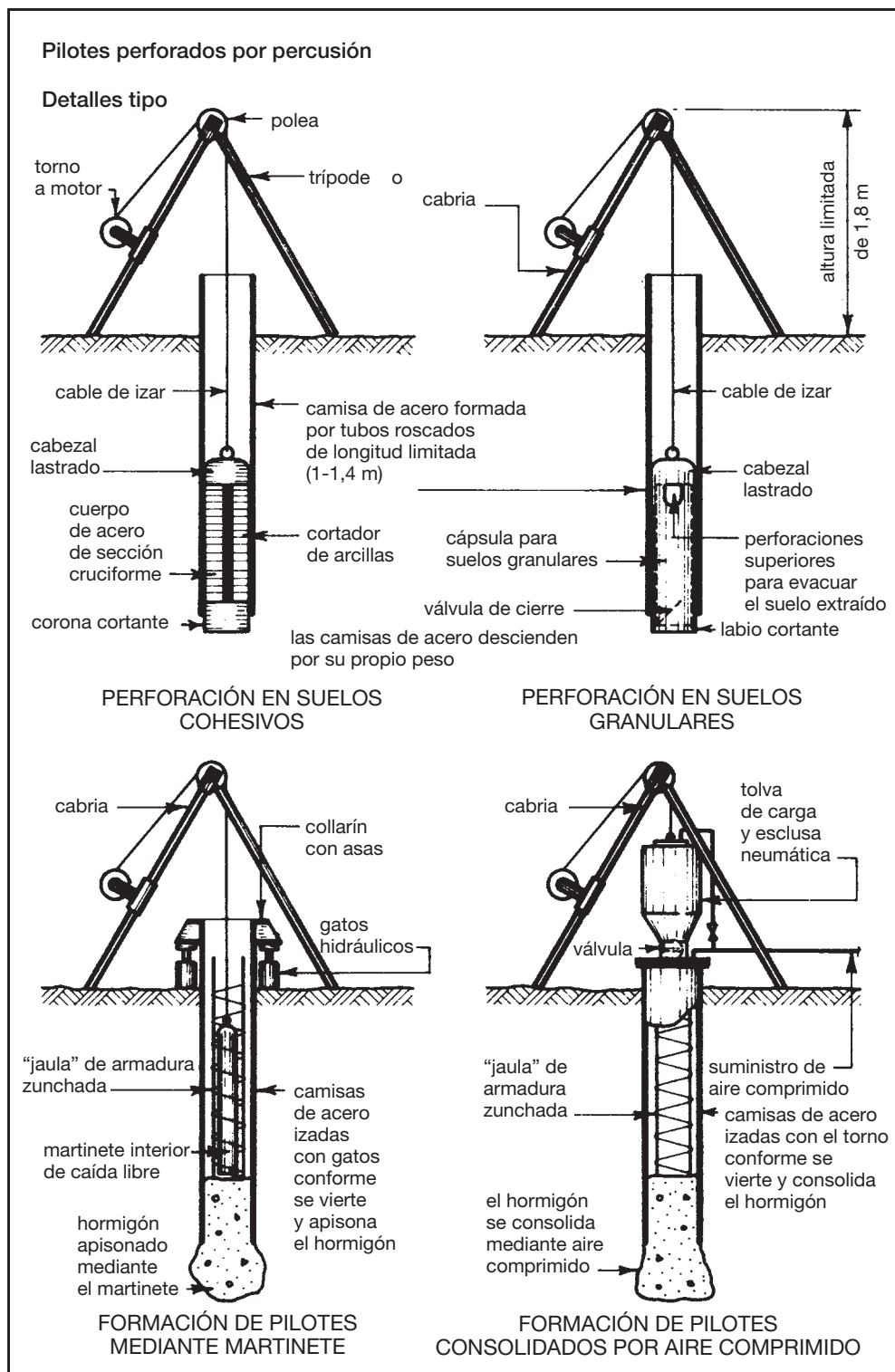


**Pilotes de sustitución:** a menudo reciben el nombre de pilotes perforados, porque la evacuación de las tierras para formar el agujero siempre se lleva a cabo mediante una técnica de sondeo o perforación. Se usan principalmente en suelos cohesivos para formar pilotes de rozamiento, así como en recalces o al efectuar pilotajes cerca de edificios existentes, pues en estos casos el nivel de ruidos y/o vibraciones tolerable es limitado.

#### Tipos de pilotes de sustitución



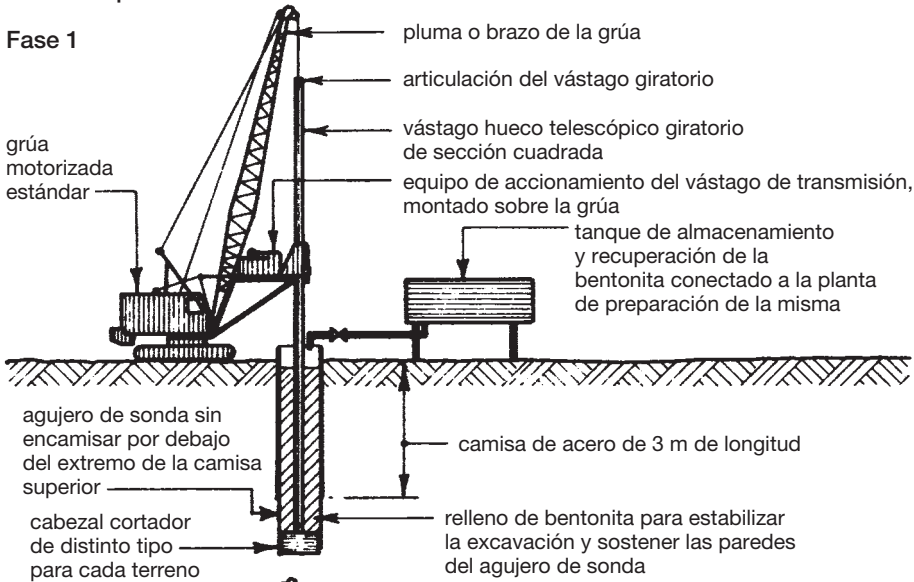
NOTA: los datos anteriores describen límites de actuación económicos; en una misma obra puede utilizarse más de un tipo de pilote.



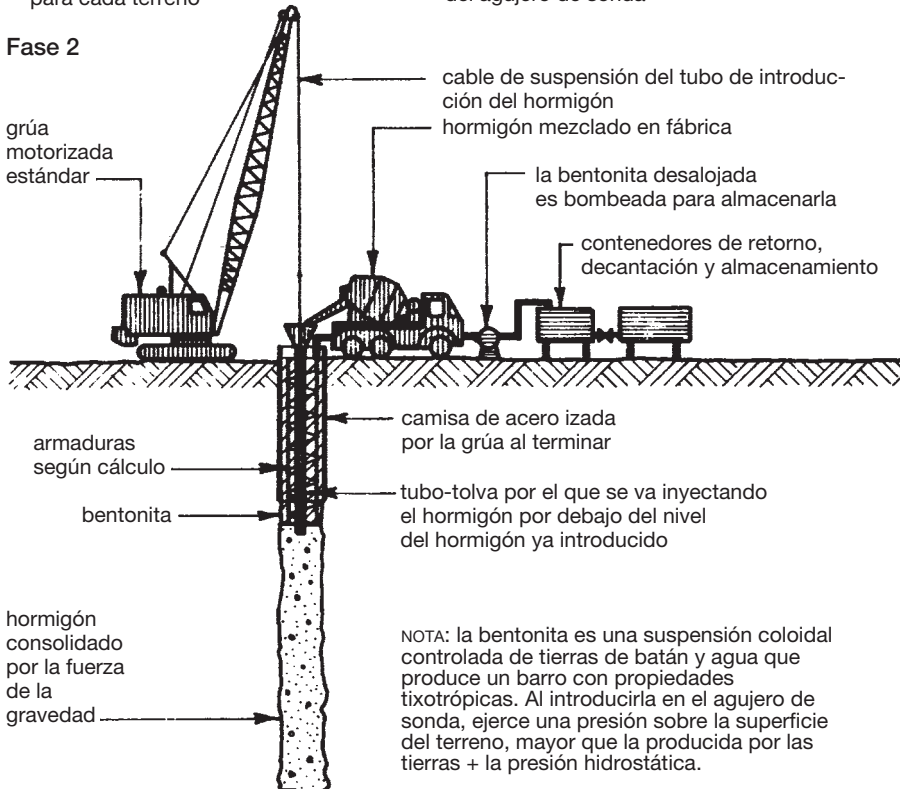
## Pilotes perforados por inyección

### Detalles tipo

#### Fase 1

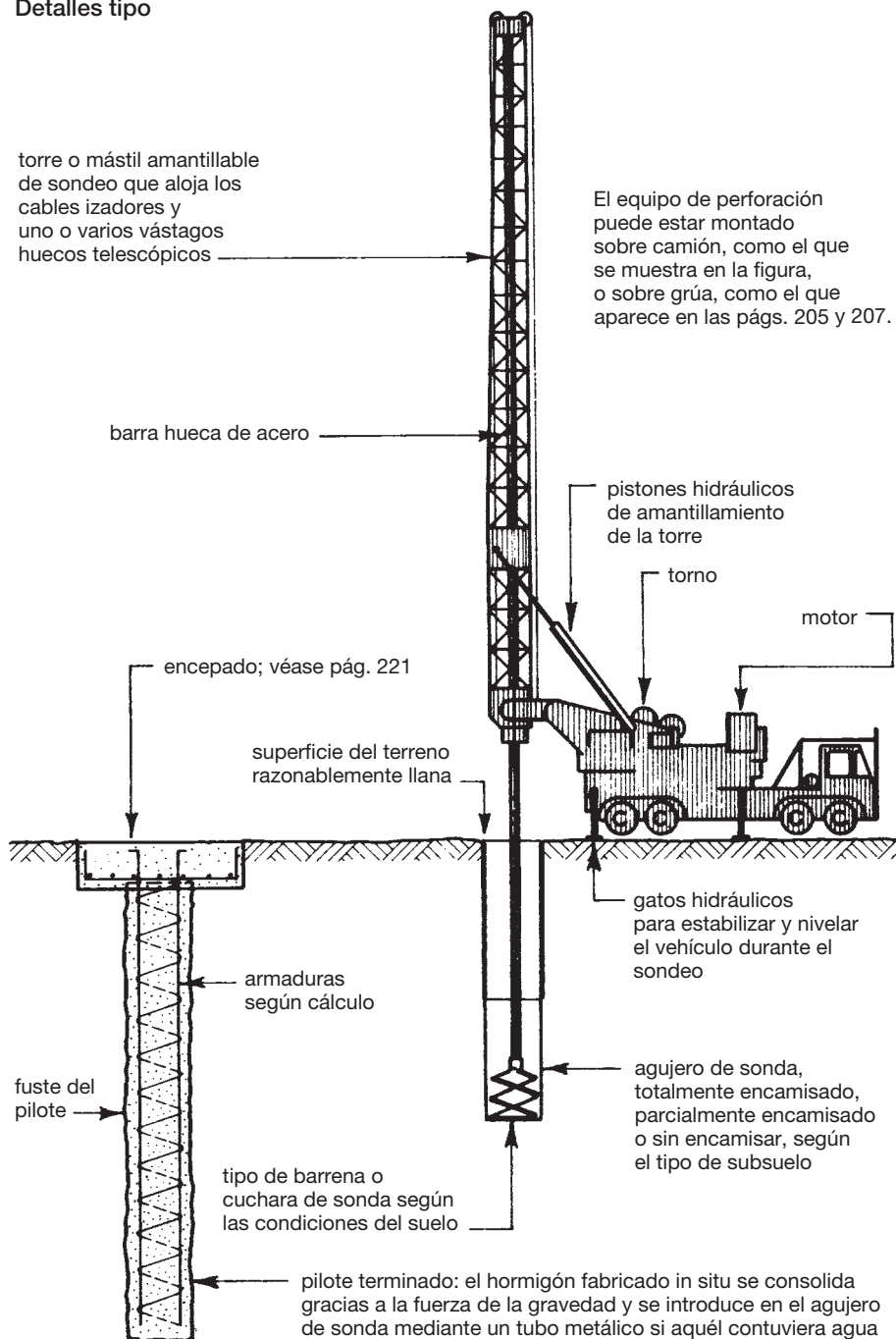


#### Fase 2



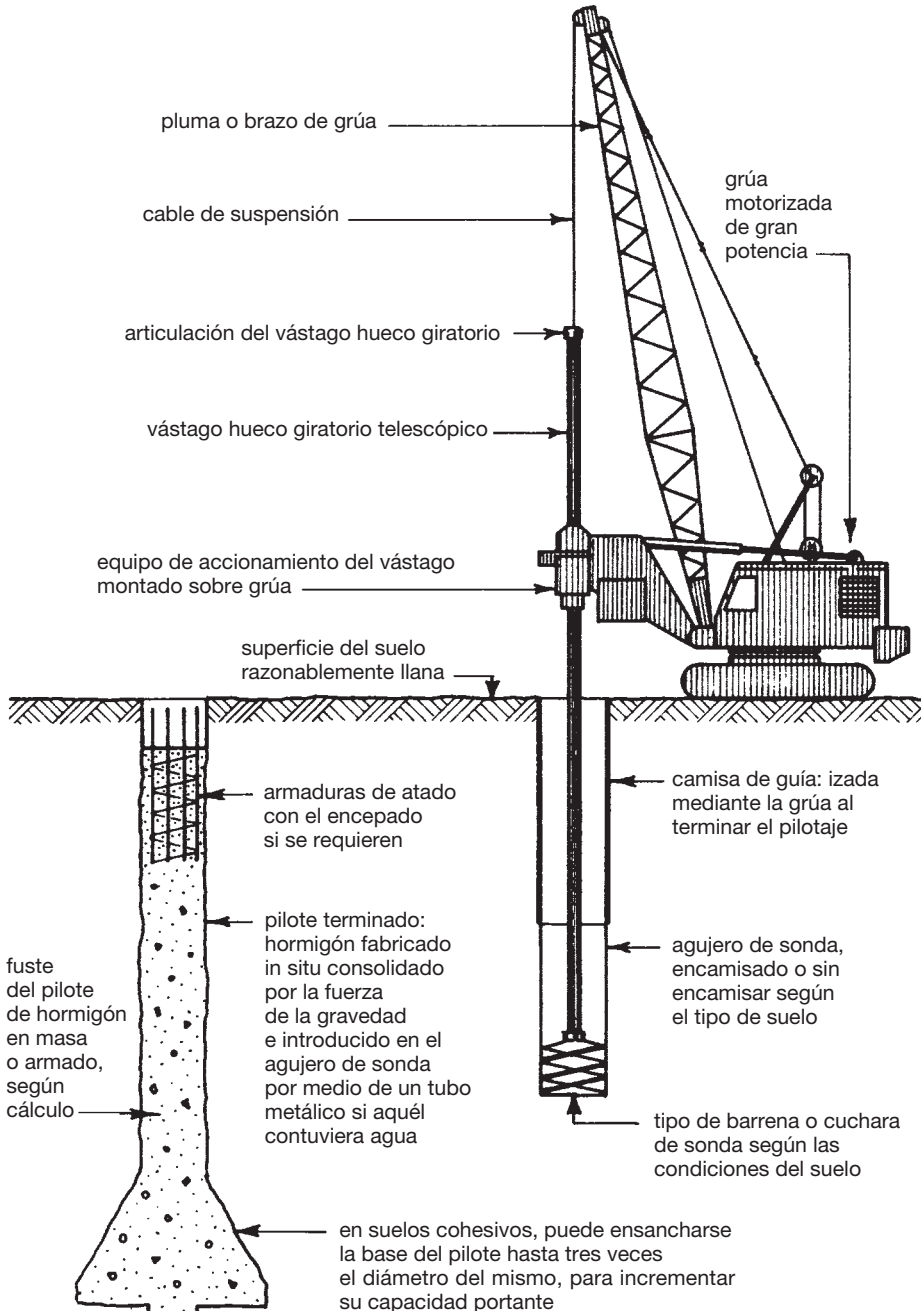
## Pilotes de pequeño diámetro perforados por rotación

### Detalles tipo



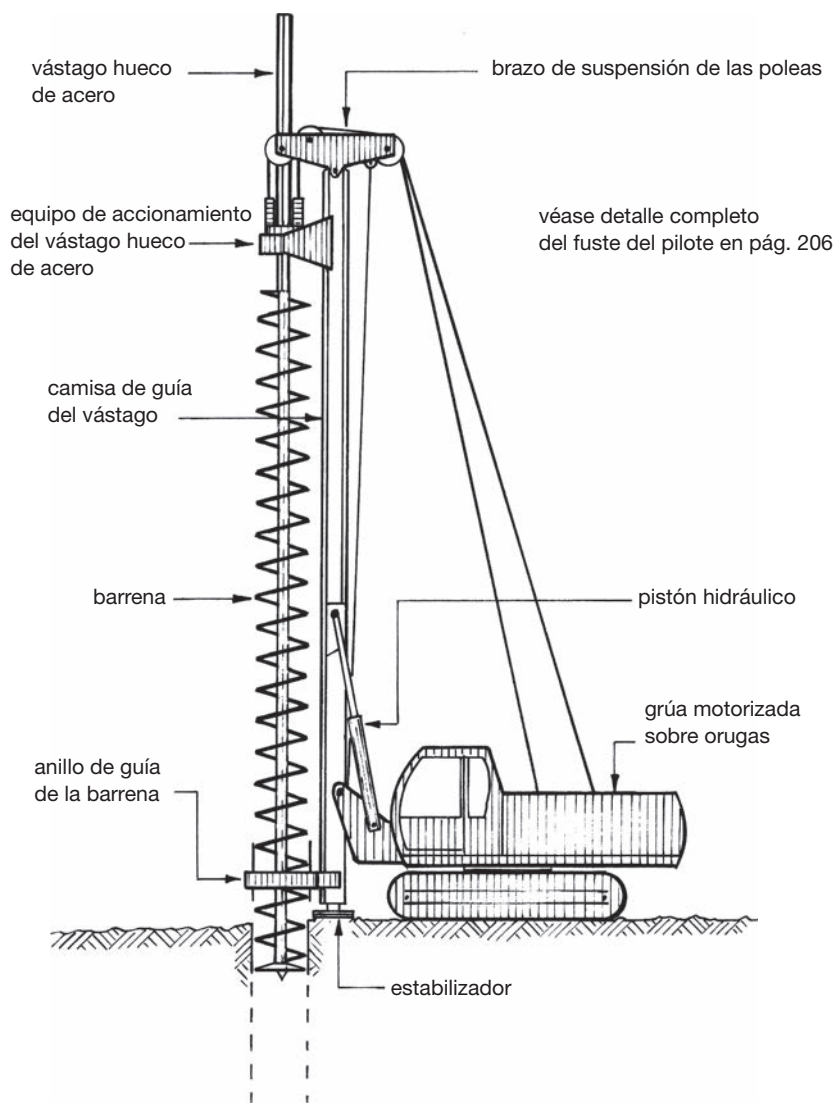
## Pilotes de gran diámetro perforados por rotación

### Detalles tipo



## Pilotes perforados por rotación de barrena continua

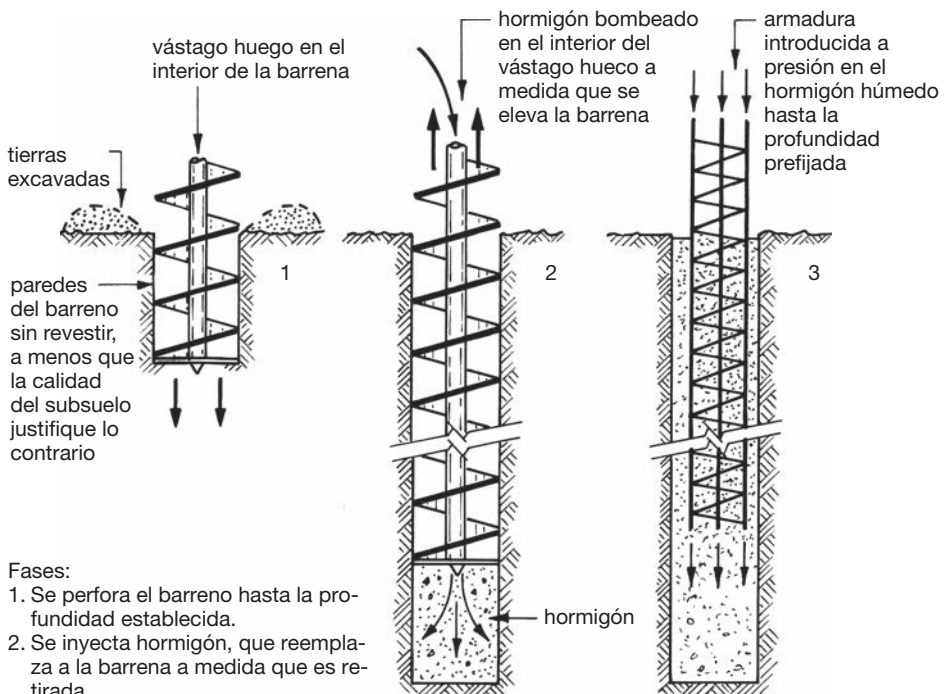
### Detalles tipo



Los diámetros normalizados de los pilotes son 30, 45 y 60 cm. Profundidad del pozo de sondeo de unos 15 m.

### Pilotes de inyección de mortero de cemento

Variante de los pilotes perforados por rotación de barrena continua donde el vástago de la barrena es un tubo con los extremos abiertos. Una vez perforado el terreno hasta la profundidad deseada, se introduce la lechada de cemento por el extremo superior del vástago hueco, al tiempo que la barrena se va retrayendo hacia la superficie. La tierra de la excavación se desplaza hacia la superficie y se retira manualmente. En la mayor parte de los casos, no es necesario "forrar" la superficie interna de los barrenos, ya que el suelo tiene poco tiempo para desmoronarse. Entonces se introduce la "jaula" de armadura zunchada a presión en el mortero húmedo.



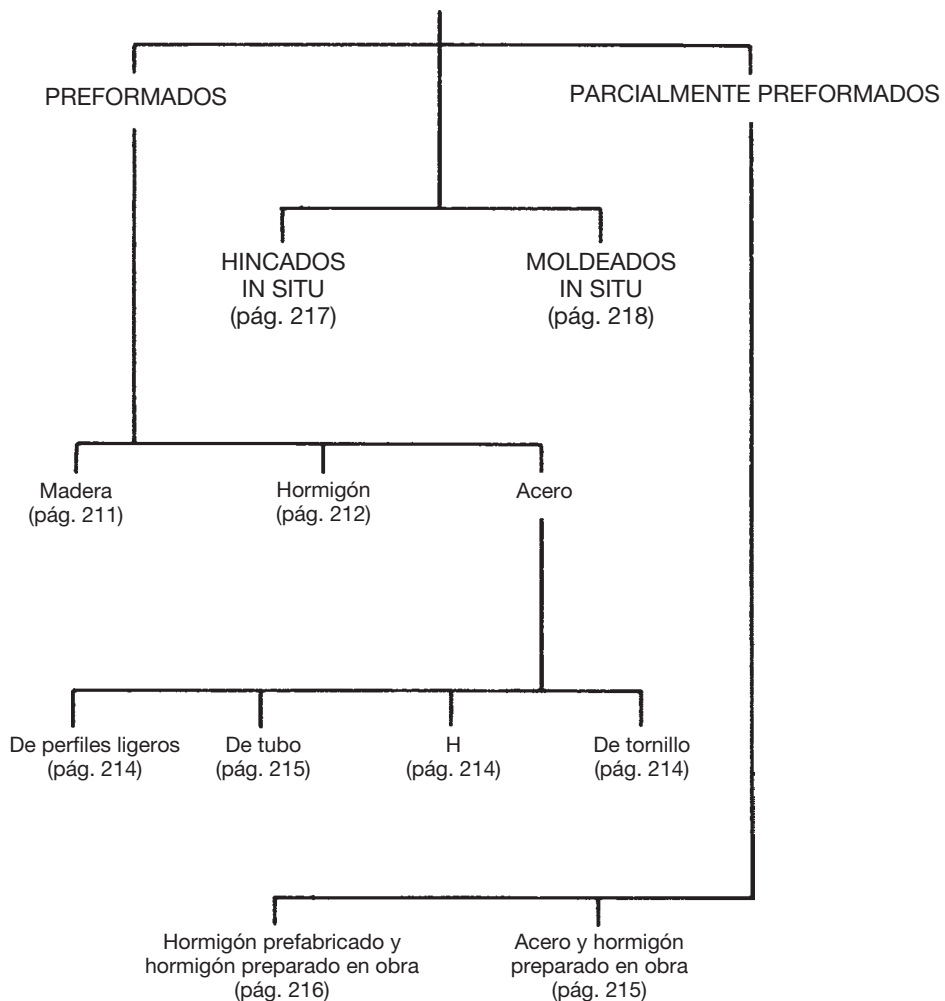
#### Fases:

1. Se perfora el barreno hasta la profundidad establecida.
2. Se inyecta hormigón, que reemplaza a la barrena a medida que es retirada.
3. Se introduce la "jaula" de armadura zunchada a presión en el mortero húmedo.



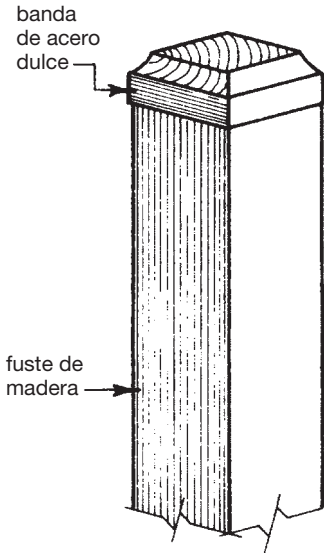
**Pilotes de “desplazamiento”:** también conocidos como pilotes de hinca porque generalmente se “hincan” en el terreno desplazando a su paso las tierras que quedan comprimidas a su alrededor. Estos pilotes pueden ser totalmente o parcialmente preformados, y están disponibles en una gran variedad de tipos y materiales. El pilote, o el tubo en el que irá embutido, se hinca en el terreno hasta una profundidad determinada o hasta el estrato de firmeza requerida, lo que nos dará la medida de la resistencia de los subsuelos a la penetración del pilote y, por tanto, de su capacidad portante, mediante la anotación de la penetración obtenida al aplicarle un número fijo de golpes de martinete.

### Tipos de pilote de desplazamiento



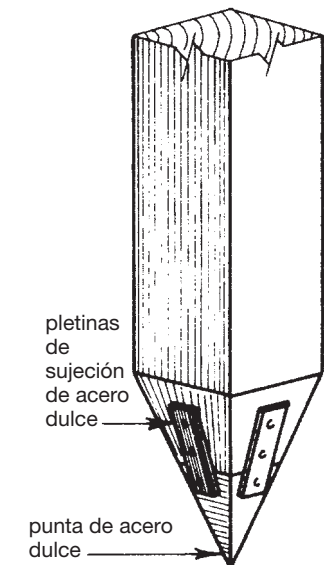
**Pilotes de madera:** generalmente de sección cuadrada, pueden utilizarse en obras de poca importancia y en lugares con yacimientos aluviales superficiales situados sobre un estrato de capacidad portante adecuada (p. ej., en orillas de ríos y estuarios). Todos los pilotes de madera se hincan por percusión.

### Ejemplo tipo



#### Datos tipo:

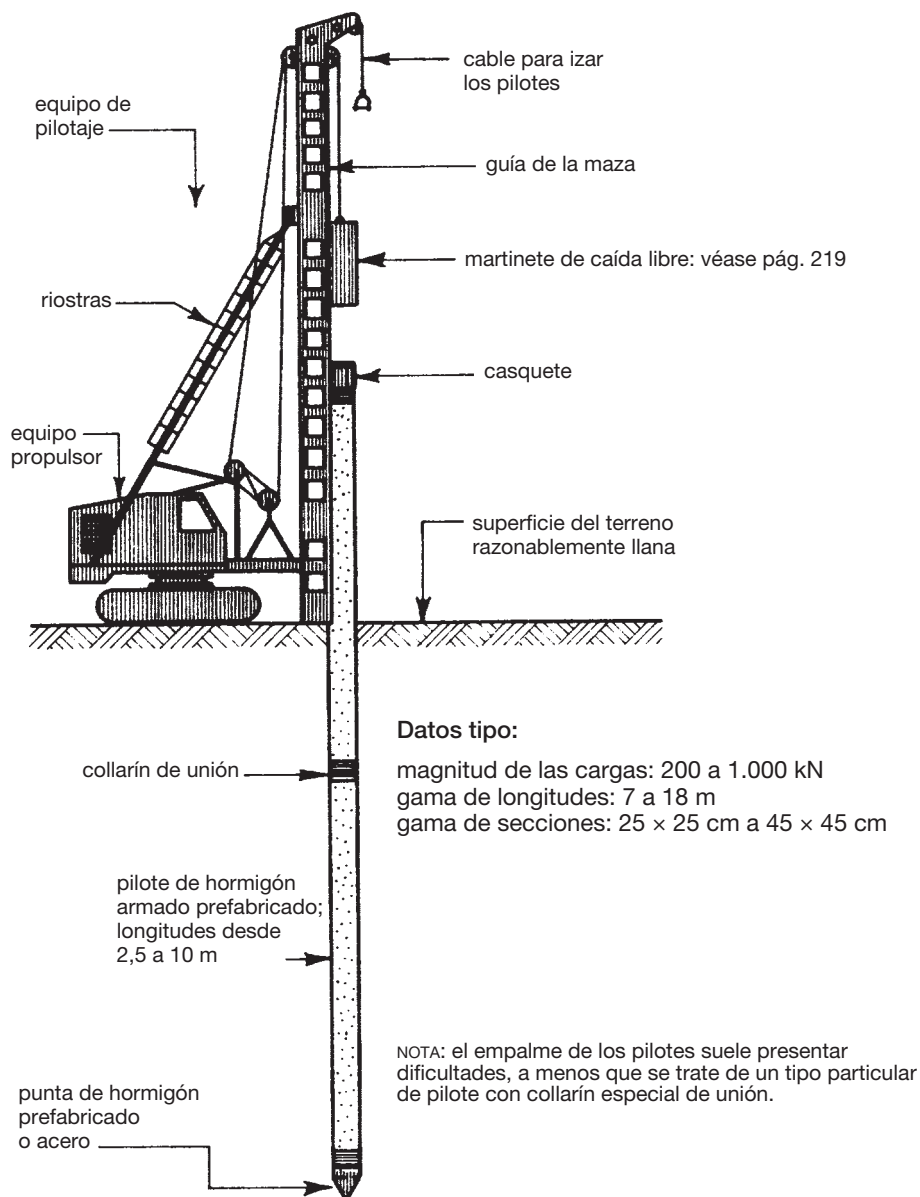
- magnitud de las cargas: de 50 a 350 kN
- gama de longitudes: hasta 12 m sin empalmes
- gama de escuadrías:
  - 22,5 × 22,5 cm
  - 30 × 30 \*
  - 35 × 35 \*
  - 40 × 40 \*
  - 45 × 45
  - 60 × 60
- \* escuadrías corrientes



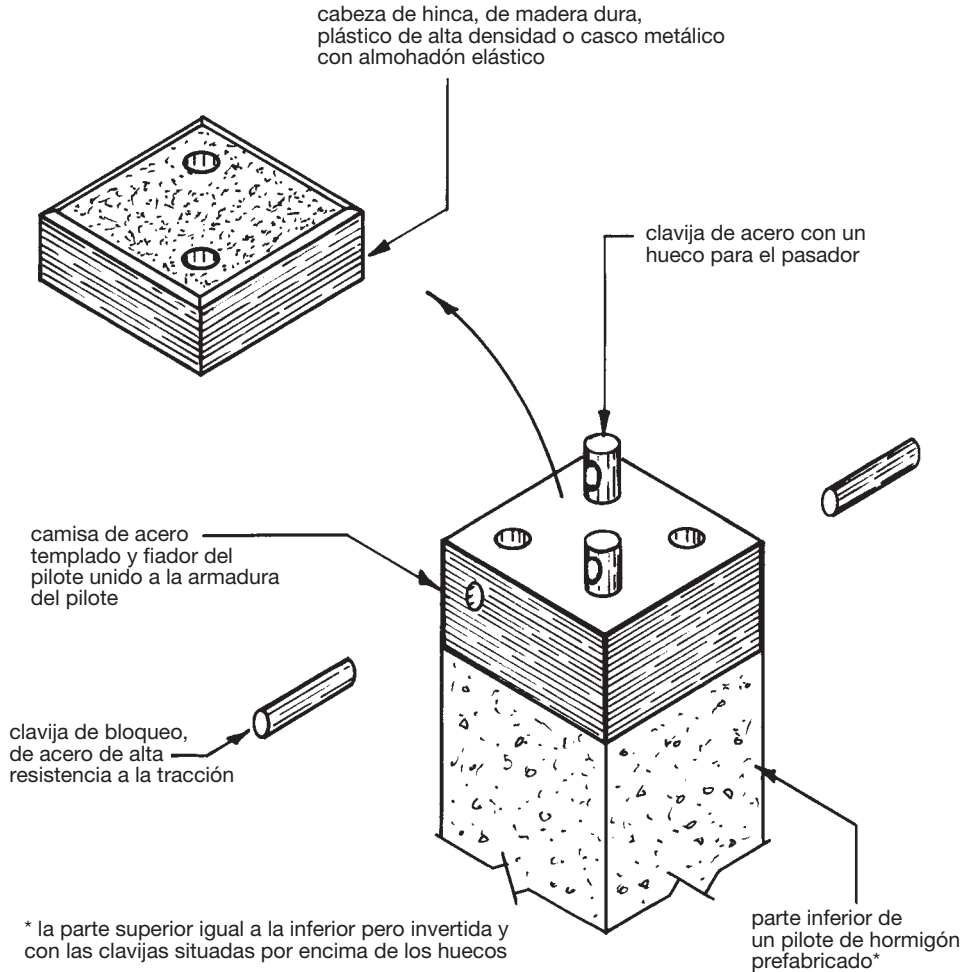
NOTA: los pilotes de madera no son fáciles de empalmar y cuando están sumergidos en agua son susceptibles de ser atacados por los moluscos bromas; en todo caso, siempre es conveniente tratarlos previamente con un protector adecuado antes de hincarlos.

**Pilotes preformados de hormigón:** existe una gran variedad y se emplean generalmente en obras de tamaño medio o grande que incluyan al menos cien pilotes, cuando existan estratos de suelo blando sobre una capa de suelo firme. Estos pilotes se hincan por percusión mediante un martinete de caída libre o uno de simple efecto.

**Ejemplo tipo (pilote modular de hormigón armado prefabricado de West)**



**Pilotes de hormigón prefabricado:** estos pilotes se acoplan entre sí mediante un collarín de unión (como el que se muestra en la página anterior) y resultan adecuados para la mayoría de las situaciones de carga centrada o directa. En los casos de pilotes muy largos y/o previsión de grandes esfuerzos de compresión, tracción y flexión inducidos por la superestructura o las condiciones del terreno, puede estudiarse la posibilidad de recurrir a los llamados pilotes encepados, formados por pilotes sencillos con coronaciones unidas por un macizo de hormigón.

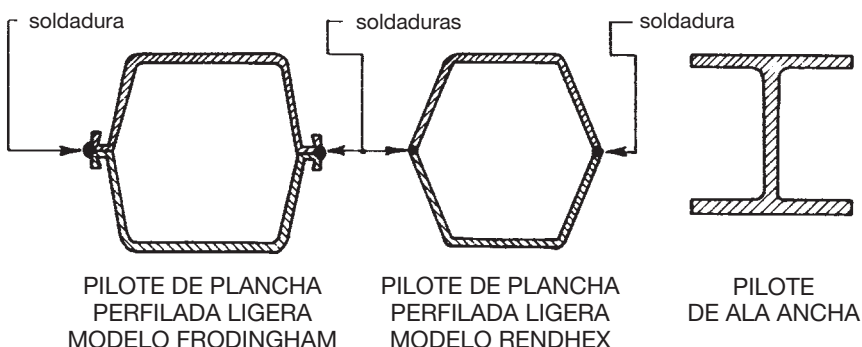


| Dimensiones del pilote (cm)         | Nº posible de clavijas de bloqueo por empalme |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 25 × 25, 30 × 30, 35 × 35 y 40 × 40 | 4                                             |
| 35 × 35, 40 × 40 y 45 × 45          | 8                                             |

## Pilotajes

**Pilotes de perfiles ligeros y pilotes H:** los pilotes de perfiles ligeros o de “caja” tienen su sección formada por dos planchas ligeras perfiladas de acero, unidas mediante soldadura para formar una “caja”, mientras que los pilotes H no son más que perfiles de ala ancha de acero laminado. Estos pilotes se hincan por percusión y se usan principalmente en obras marinas.

### Ejemplos tipo

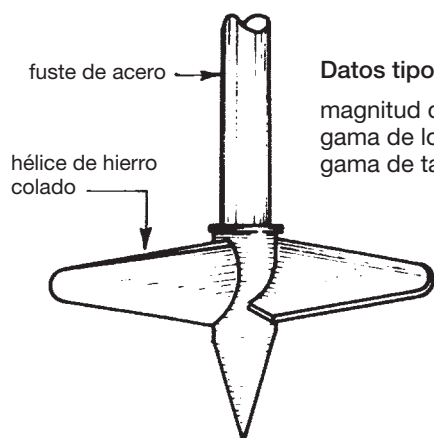


### Datos tipo:

magnitud de las cargas: pilotes de caja: 300 a 1.500 kN  
pilotes H: de 300 a 1.700 kN  
gama de longitudes: hasta 36 m  
gama de secciones: disponibles en una gama amplia y variada

**Pilotes de tornillo de acero:** se introducen por rotación y se emplean en obras de diques y muelles, cuando se requiere apoyo a poca profundidad en limos y arenas.

### Ejemplo tipo

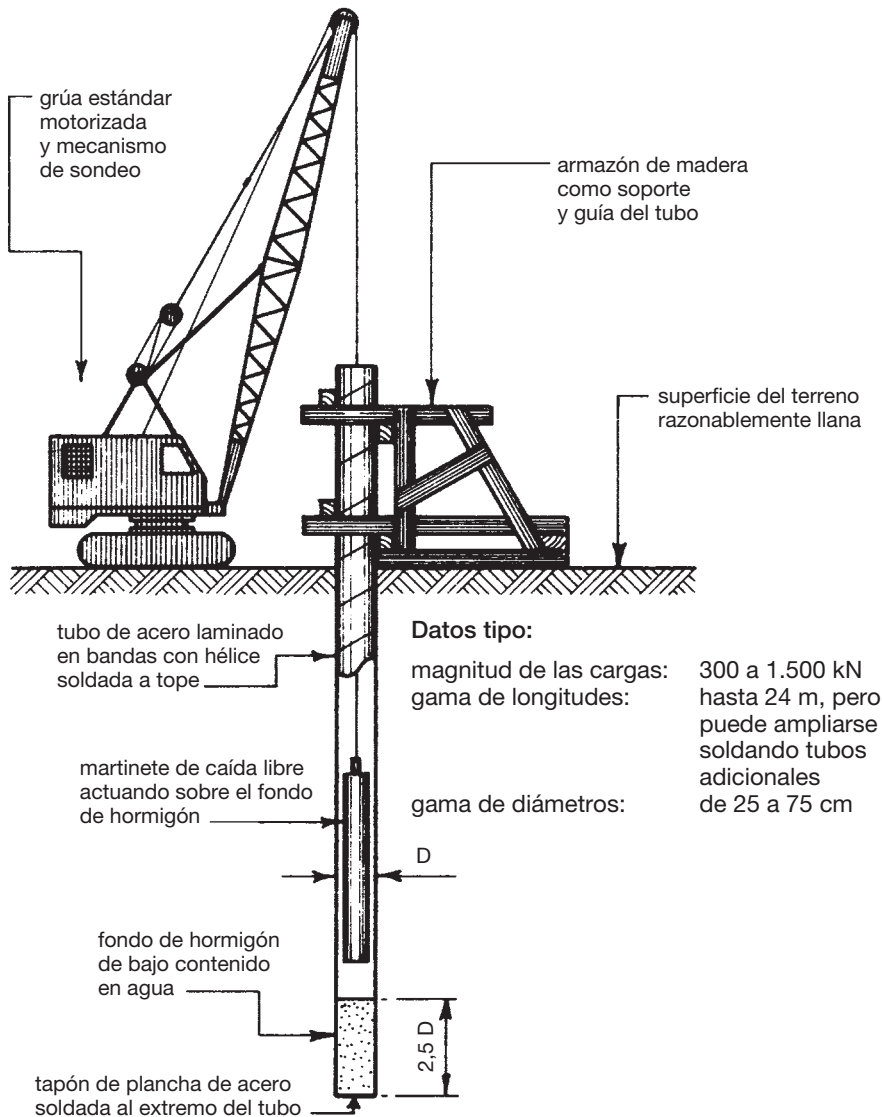


### Datos tipo:

magnitud de las cargas: de 400 a 3.000 kN  
gama de longitudes: hasta 24 m  
gama de tamaños: diámetros fuste 15 a 35 cm  
paletas hélice de 60 a 120 cm

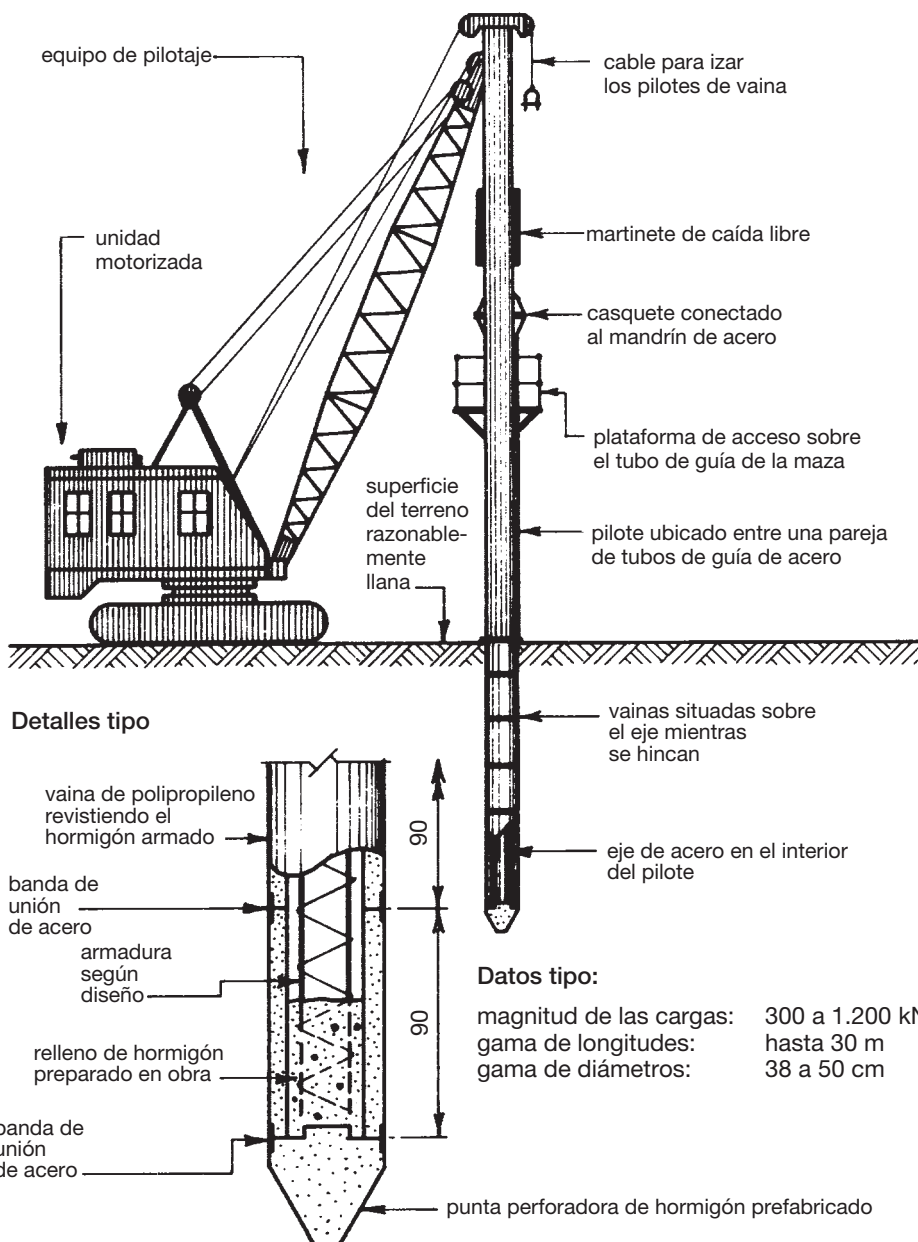
**Pilotes de tubo de acero:** se emplean en obras de pequeño a mediano tamaño, en estructuras y cimentaciones marinas con un subsuelo blando sobre una capa de capacidad portante adecuada. Los pilotes, de tubo de acero con fondo ciego, suelen introducirse golpeando interiormente la base con el martinete de caída libre. La carga podría ser resistida solo por el tubo, aunque es frecuente rellenarlo con hormigón en masa formando así un pilote compuesto. Generalmente no requieren armadura, excepto las barras de atado necesarias para el encepado.

### Ejemplo tipo (pilote enfundado BSP)



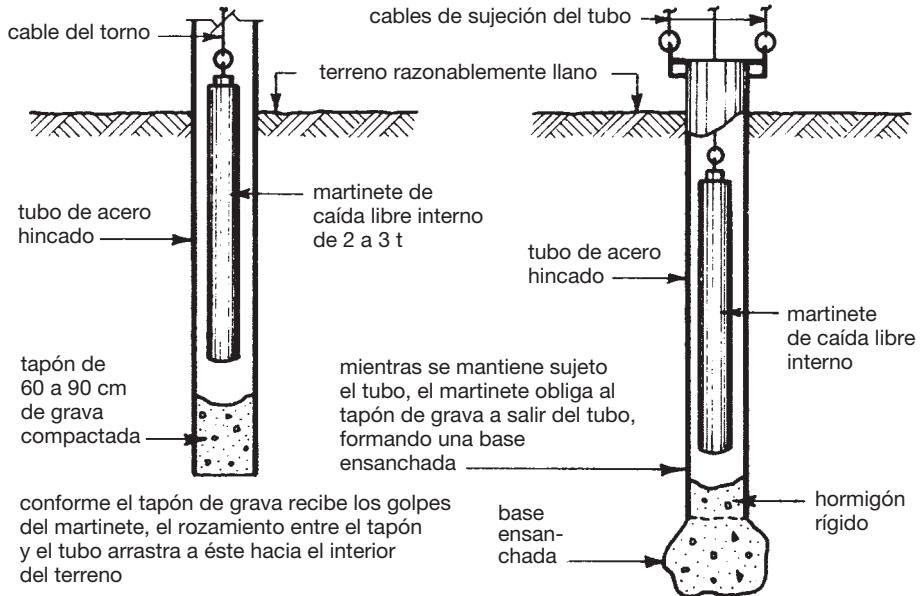
**Pilotes parcialmente preformados:** son pilotes compuestos de hormigón prefabricado y hormigón preparado en obra, o acero y hormigón preparado en obra (véase pág. 215). Estos pilotes de hincar por percusión se utilizan en obras medias y grandes en las que los pilotes de sustitución no sean adecuados por la presencia de cursos subterráneos de agua o en suelos no cohesivos muy sueltos.

## Ejemplo tipo (pilote de vaina de West)



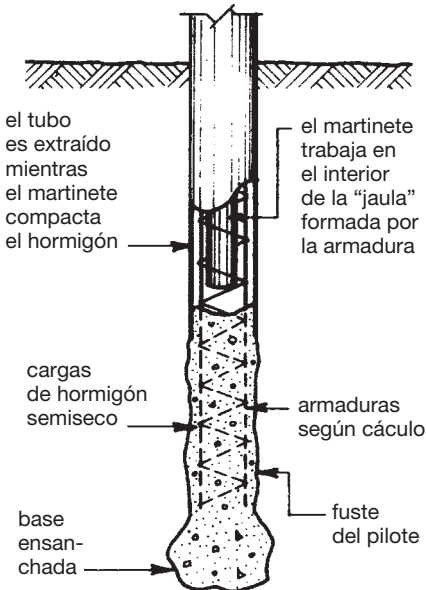
**Pilotes hincados in situ:** se utilizan en obras medias y grandes como alternativa a los pilotes preformados, especialmente cuando la longitud final del pilote sea una variable a determinar en obra.

### Ejemplo tipo (pilote hincado in situ sistema Franki)



#### 1. HINCA DEL TUBO

#### 2. FORMACIÓN DE LA BASE ENSANCHADA



#### 3. FORMACIÓN DEL FUSTE DEL PILOTE

El tubo de acero extraído se sujeta en las guías de la torre de sondeo durante la formación del pilote

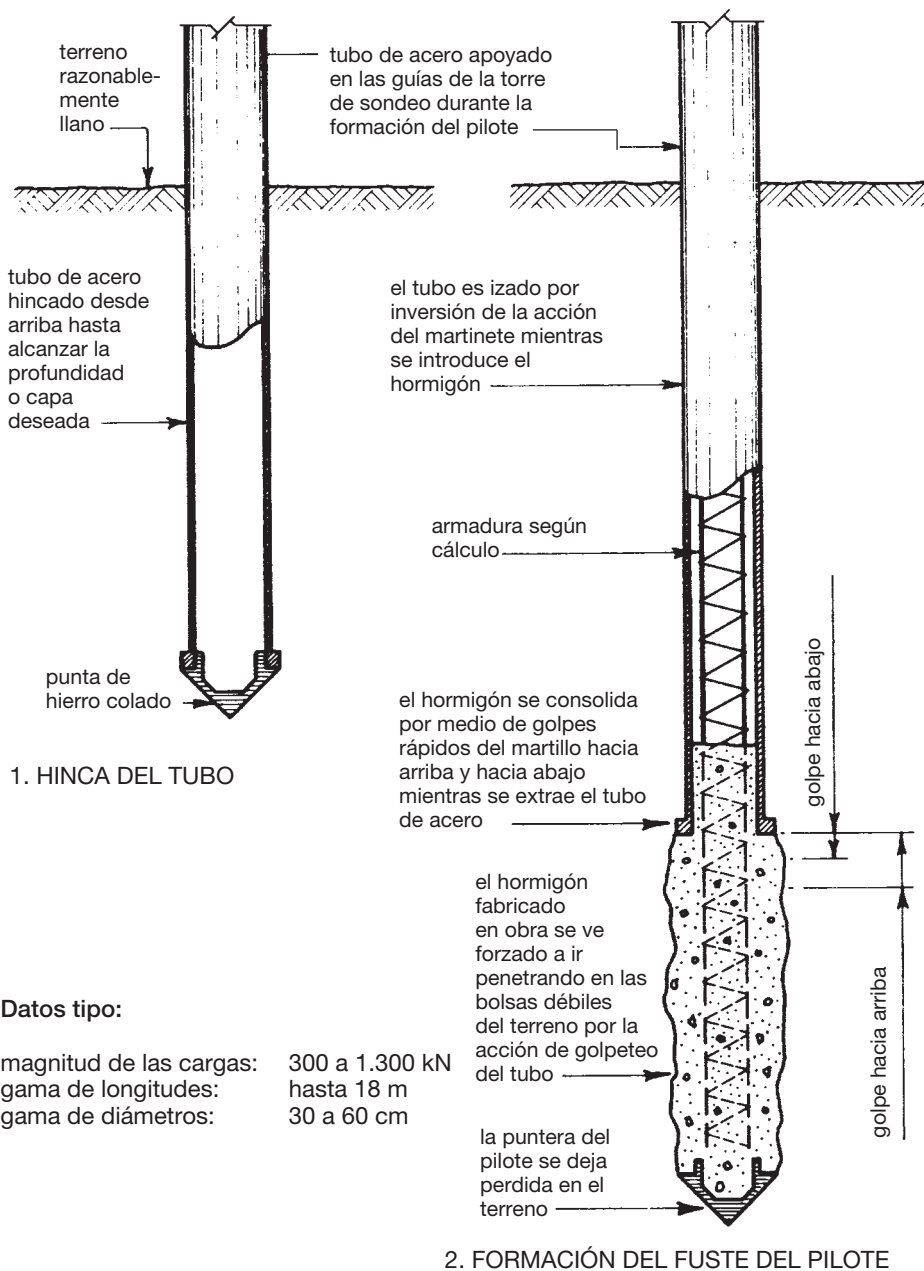
#### Datos tipo:

magnitud de las cargas: 300 a 1.300 kN  
 gama de longitudes: hasta 18 m  
 gama de diámetros: 30 a 60 cm



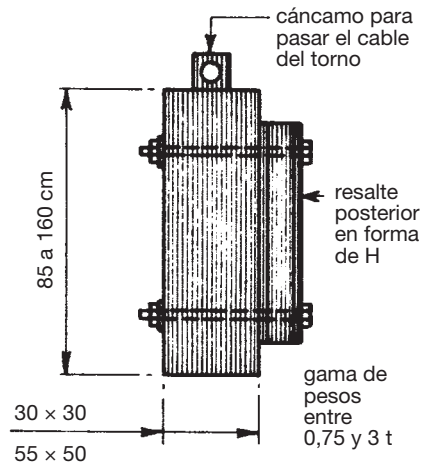
Pilotes moldeados in situ: alternativa a los pilotes hincados in situ (véase pág. 217).

Ejemplo tipo (pilote moldeado in situ Vibro)

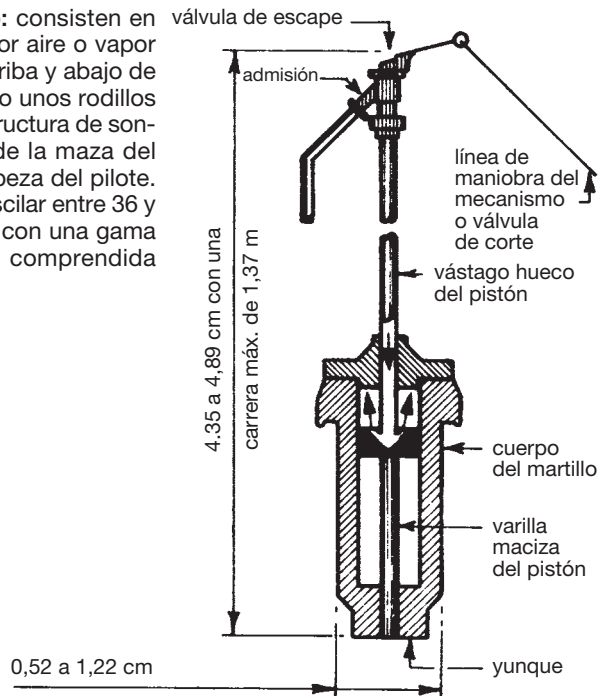


**Martinetes de hincar pilotes:** diseñados para asestar impactos a la cabeza del pilote, el peso del martillo y la altura de caída se escogen según el tipo de pilote y la naturaleza del subsuelo. La cabeza del pilote se protege con un casquete de acero relleno con un lecho de arena o material similar y acolchado con un taco de plástico o madera dura llamado juanillo.

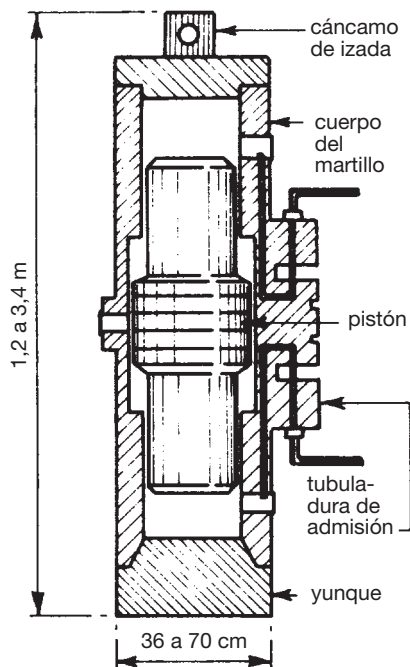
**Martinetes de caída libre:** son bloques de hierro con un resalte o varios resaltes posteriores que se alojan en las guías de la cabria de pilotaje, y con un cáncamo superior para pasar el cable del torno. El número de golpes que se puede realizar con una caída libre de 1,2 a 1,5 m oscila entre 10 y 20 por minuto, según el tipo. El peso del martinete debe ser mayor o igual que la mitad del peso del pilote de hormigón o acero, y de 1 a 1,5 veces el peso del pilote si es de madera.



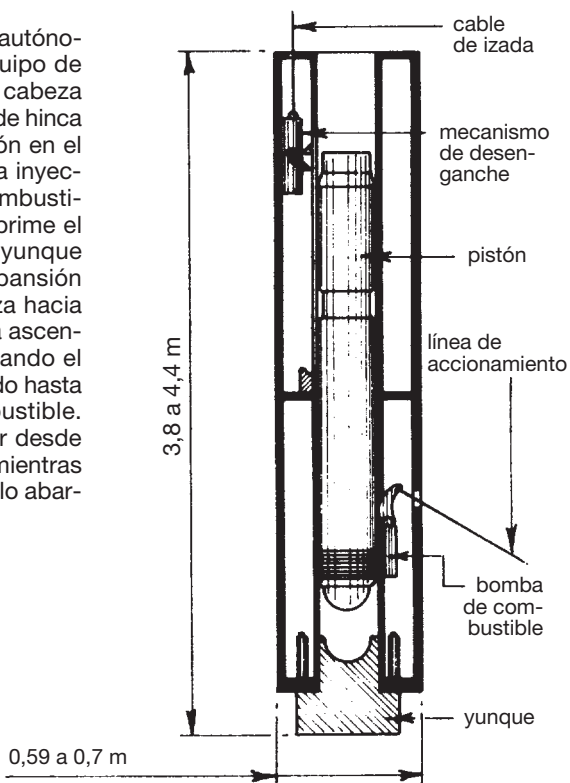
**Martinetes de simple efecto:** consisten en un cilindro pesado elevado por aire o vapor comprimido que se desliza arriba y abajo de un pistón fijo. Unos salientes o unos rodillos alojados en las guías de la estructura de sondeo mantienen la posición de la maza del martillo en relación con la cabeza del pilote. El número de golpes puede oscilar entre 36 y 75 por minuto, según el tipo, con una gama de pesos totales de martillo comprendida entre 2 y 15 t.



**Martinetes de doble efecto:** consisten en un cilindro de hierro colado que permanece estático sobre la cabeza del pilote, mientras un martinete accionado a vapor o aire comprimido asesta una serie de golpes rápidos en ambos sentidos que obligan al pilote a mantenerse en movimiento durante la hinca. La fuerza de los golpes es inferior a la de los martinetes de caída libre o de simple efecto. El número de golpes puede oscilar entre 95 y 300 por minuto, según el tipo, y la gama de pesos totales del martillo abarca desde los de 0,7 a los de 6 t. También existen martinetes de doble efecto, accionados por motor diesel.



**Martinetes diesel:** son martinetes autónomos ubicados en las guías del equipo de sondeo y que se apoyan sobre la cabeza del pilote. El arranque de la acción de hinca se produce por elevación del pistón en el interior del cilindro, lo que activa la inyección de una cierta cantidad de combustible. La caída libre del pistón comprime el combustible situado encima del yunque provocando su explosión, y la expansión resultante se traduce en una fuerza hacia abajo sobre el yunque y una fuerza ascendente que eleva el pistón, provocando el reinicio del ciclo que se irá repitiendo hasta que se corte la entrada de combustible. El número de golpes puede oscilar desde 40 a 60 por minuto según el tipo, mientras la gama de pesos totales del martillo abarca desde los de 1 a los de 4,5 t.

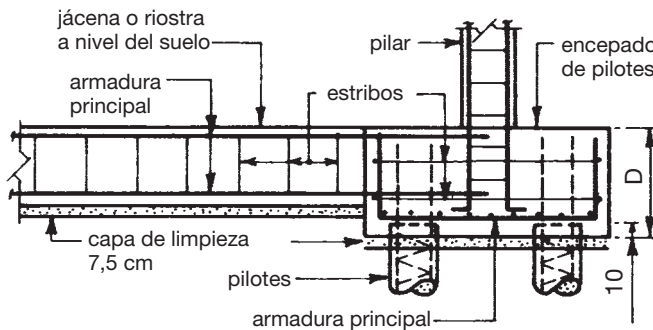
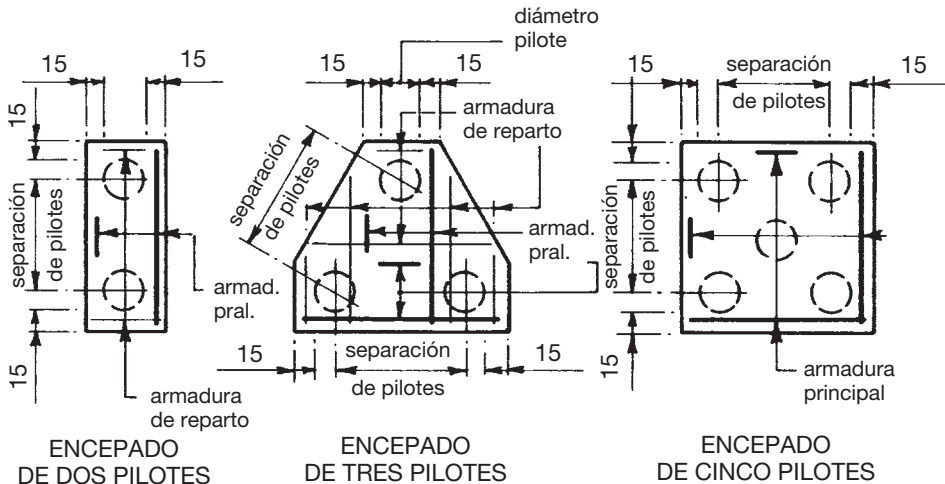


**Encepados de los pilotes:** los pilotes pueden emplearse para soportar individualmente la carga, pero a menudo es más económico usarlos en grupos o racimos, uniéndolos por su parte superior con un encepado de hormigón armado. También es frecuente unir las cabezas de los pilotes con jácenas de hormigón armado.

La separación mínima usual entre los pilotes es:

1. Pilote de rozamiento: la mayor entre 110 cm o  $\geq 3 \times$  diámetro del pilote.
2. Pilote apoyado en su extremo: la mayor entre 75 cm o  $\geq 2 \times$  diámetro del pilote.

**Ejemplos tipo:**



| Pilote tipo<br>diámetro | Canto encepado<br>canto (D) |
|-------------------------|-----------------------------|
| 30                      | 70                          |
| 35                      | 80                          |
| 40                      | 90                          |
| 45                      | 100                         |
| 50                      | 110                         |
| 55                      | 120                         |
| 60                      | 140                         |

#### ALZADO DEL ENCEPADO Y LA JÁCENA

**Ensayos de pilotes:** es aconsejable hacer una prueba de carga en al menos un pilote por proyecto. Para ello hay que sobrecargar el pilote con una sobrecarga de al menos el 50 % de la carga de proyecto, manteniéndolo en carga durante 24 horas. El pilote sometido a ensayo no debe formar parte de la cimentación del edificio.

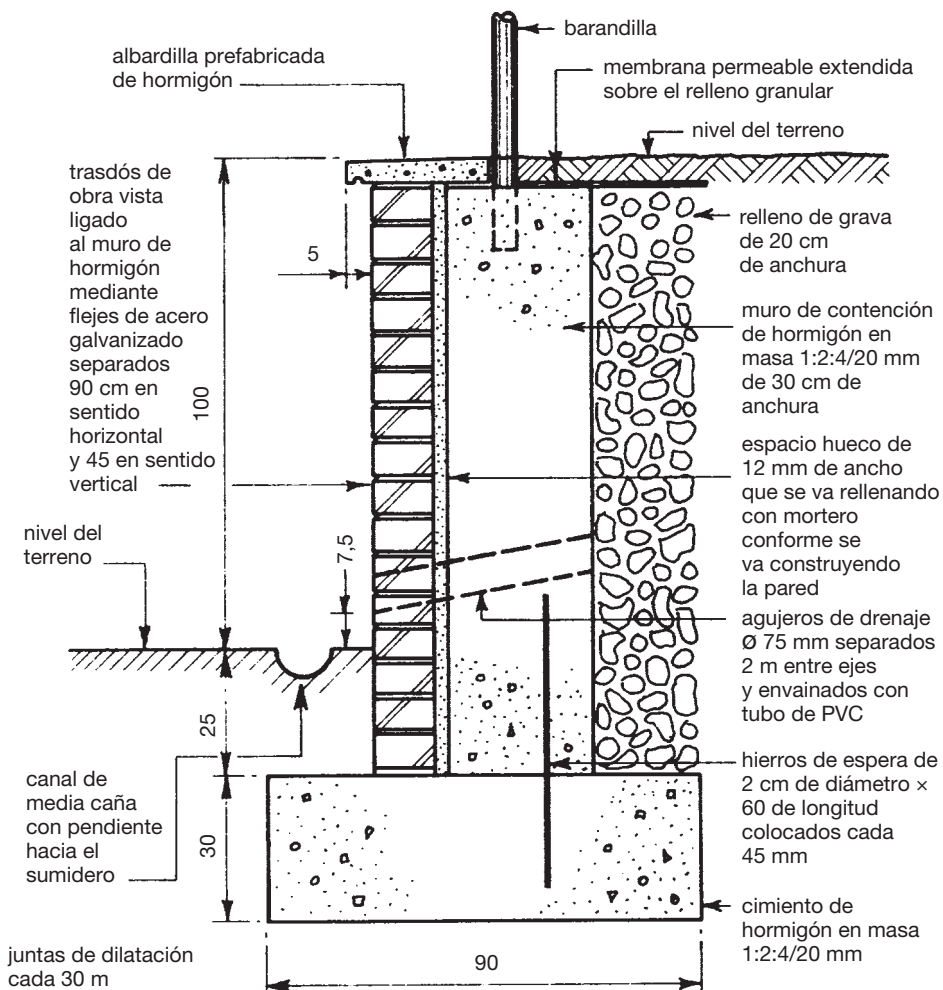
Como métodos idóneos de ensayo de pilotes se pueden citar:

1. Mover con el gato el lastre colocado encima del pilote de prueba.
2. Mover con el gato una viga fijada a dos pilotes de anclaje hincados a ambos lados del pilote de prueba.

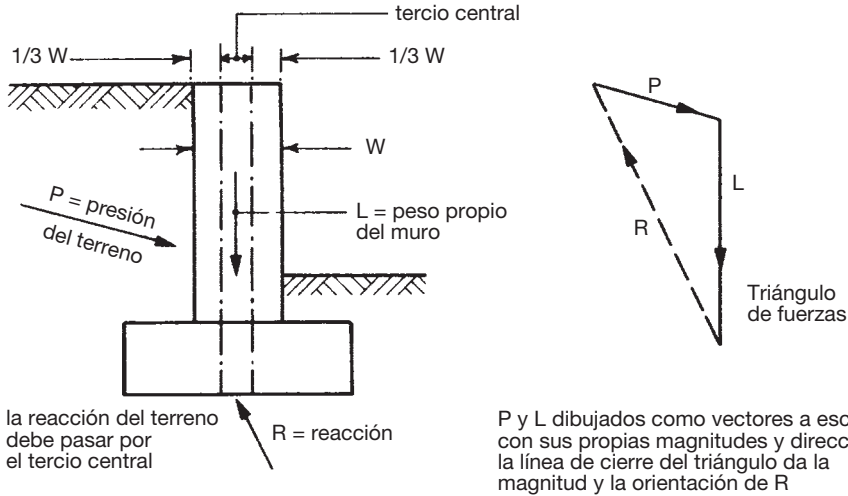
## Muros de contención de hasta un metro de altura

**Muros de contención:** la principal función de un muro de contención es actuar como estructura de sostén de las tierras en parte o en toda la altura de una de sus caras, mientras que la otra cara queda expuesta a la acción de los elementos. Gran parte de los muros de contención de poca altura se construye íntegramente en ladrillo, o en una combinación de cara exterior (trasdós) de ladrillo y cara interior (intradós) de bloques de hormigón o de hormigón en masa. Para reducir la presión hidrostática ejercida sobre el muro por las aguas subterráneas, debe construirse un sistema de drenaje adecuado en forma de agujeros de drenaje que atraviesen el muro; a modo de alternativa, puede disponerse un drenaje del subsuelo en la parte posterior del muro.

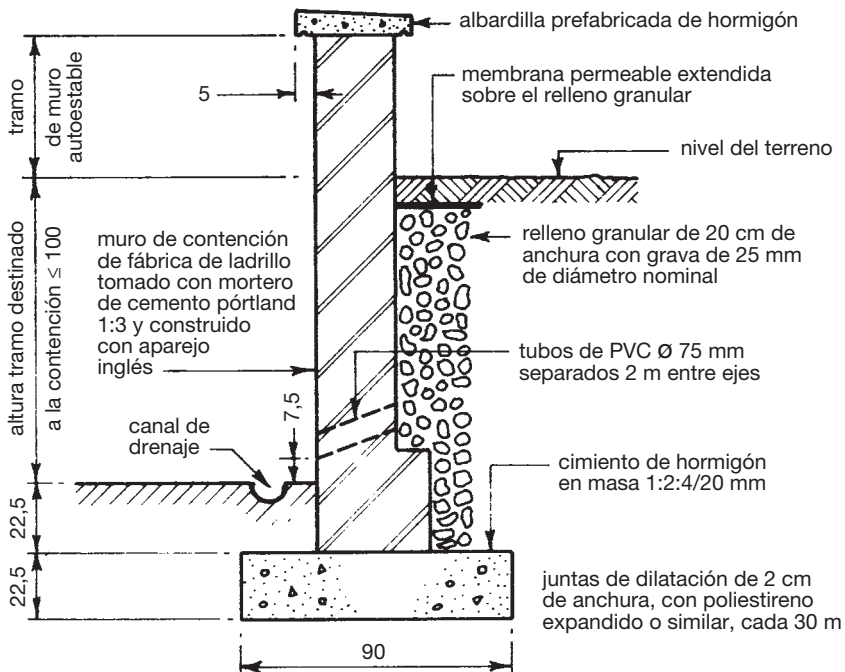
### Ejemplo tipo de muro de contención mixto



**Muros de contención de poca altura:** los muros de contención deben ser estables; para ello, la regla empírica para pequeños muros de contención de ladrillo es que su altura esté comprendida entre dos y cuatro veces su grosor. Para comprobar su estabilidad, cabe aplicar la regla del tercio central:



### Ejemplo tipo de muro de contención de ladrillo



## Muros de contención de altura mediana

**Muros de contención de hasta 6 m de altura:** pueden clasificarse como de altura mediana y tienen como función primordial sostener la cuña o prisma de tierras que queda por encima del ángulo de talud natural del terreno. Este tipo de muros puede llevarse a cabo de modo que sea la masa del propio muro la que contrarreste el empuje de las tierras, o bien aplicando al conjunto los principios del brazo de palanca.

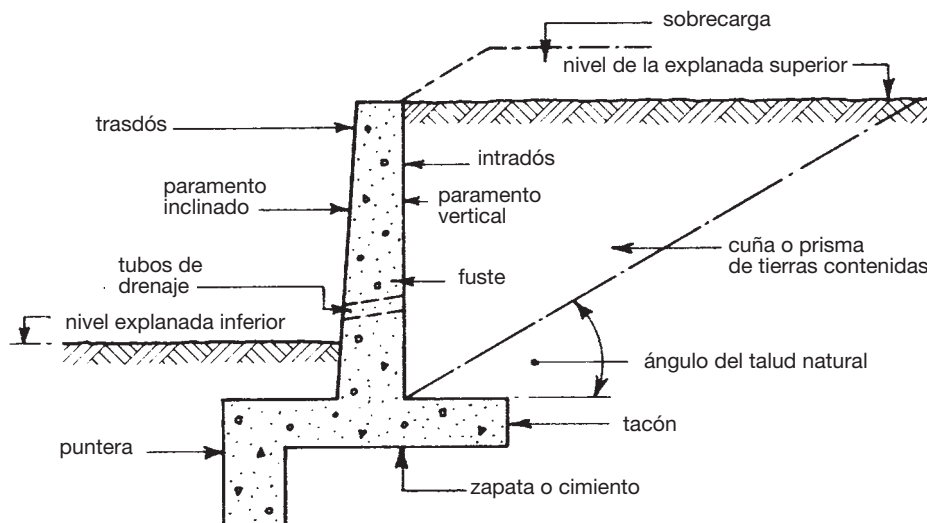
**Cálculo:** en la práctica, es frecuente engargar el cálculo ingenierías de estructuras que aseguren que:

1. El muro no vuelque.
2. El muro no deslice hacia adelante.
3. Los materiales sean adecuados y no se produzcan tensiones excesivas.
4. No se sobrecargue el subsuelo.
5. En subsuelos arcillosos muy blandos, el círculo de rotura no corte al muro produciendo el colapso del conjunto, aún sin romper el muro

Los factores que el proyectista debe tener en cuenta son:

1. Naturaleza y características del subsuelo.
2. Nivel de la capa freática: la presencia de agua en el subsuelo puede producir presión hidrostática en la cara posterior del muro, también puede afectar a la capacidad portante del subsuelo, a su resistencia al cizallamiento, reducir la fuerza de rozamiento entre la cara inferior del cimientó y el subsuelo y disminuir la presión pasiva delante de la puntera del muro.
3. Tipo de muro.
4. Materiales que se emplean en la construcción del muro.

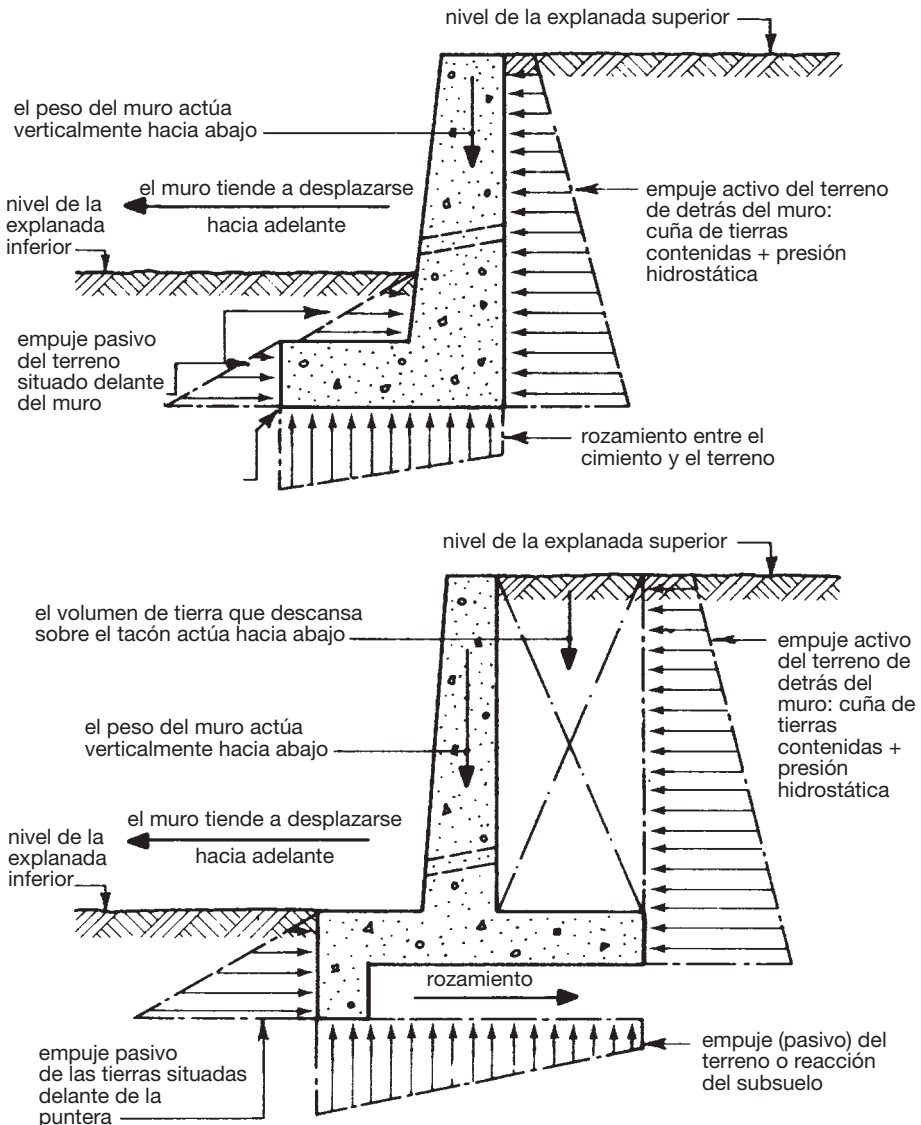
### Terminología en los muros de contención



Los empujes de las tierras pueden adoptar dos formas:

1. **Empujes activos:** aquellos que tienden a mover el muro en todo momento; son ejercidos por la cuña de tierras contenidas por encima del ángulo de talud natural y por la presión hidrostática. Esta última puede ser aminorada mediante la inclusión de un sistema de drenaje del subsuelo detrás y/o a través del muro.
2. **Empujes pasivos:** fuerzas de reacción de igual valor y sentido opuesto a las presiones impuestas al muro que le confieren estabilidad por oponerse a su movimiento.

### Ejemplos tipo

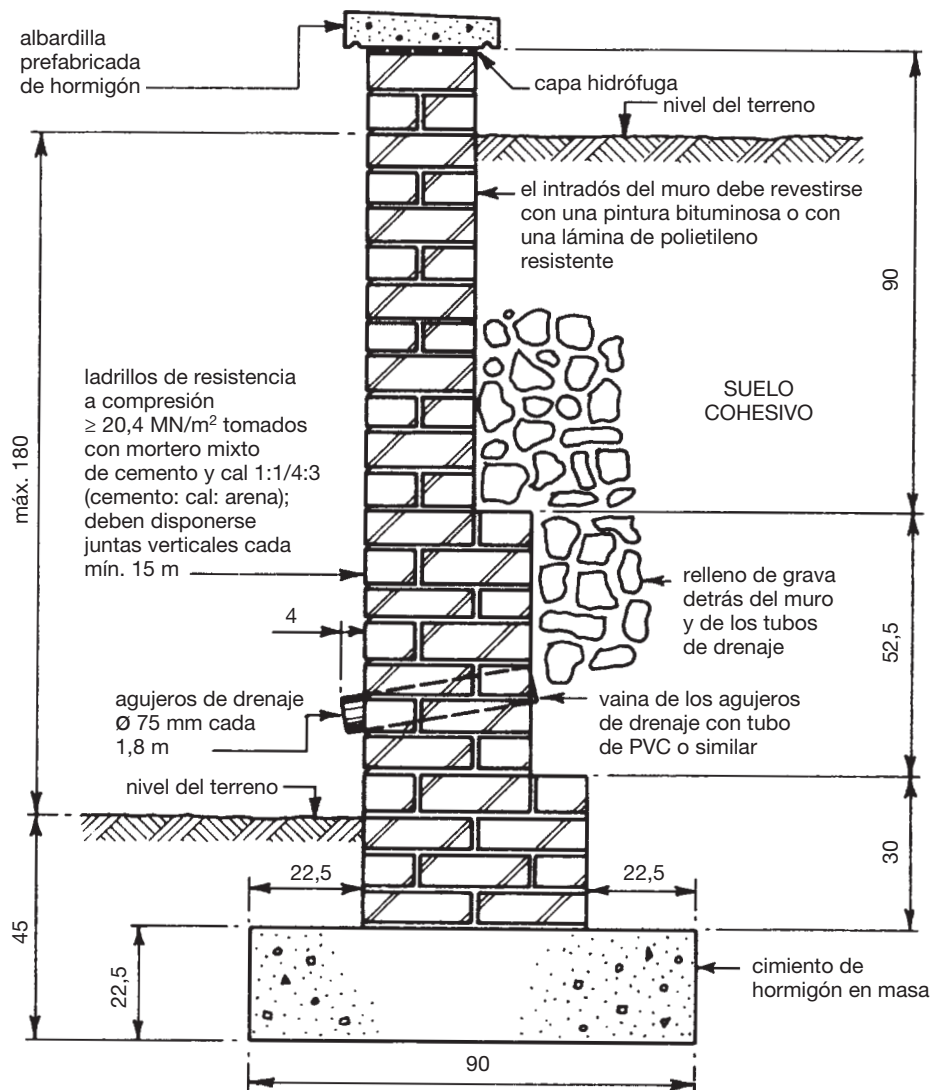




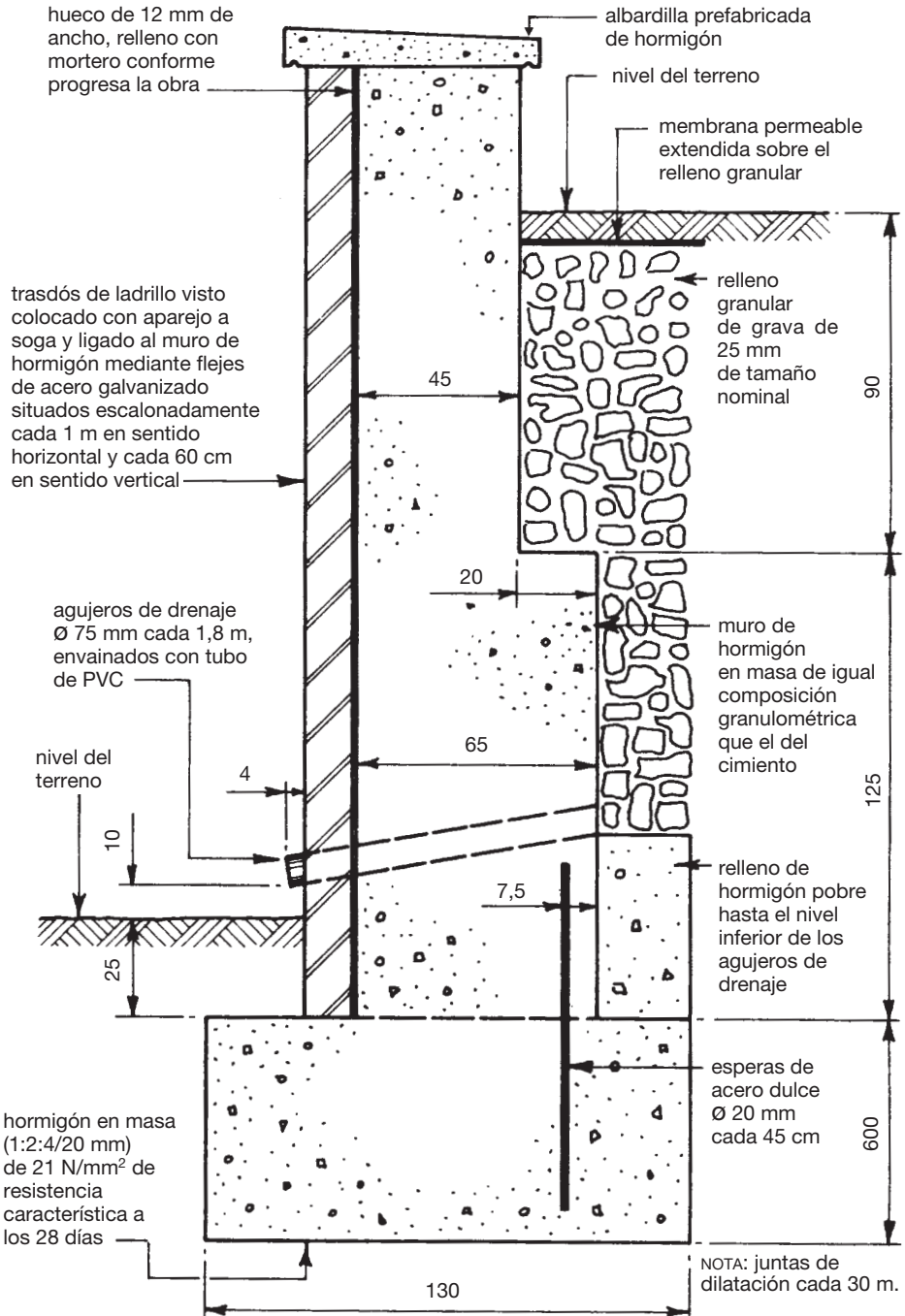
## Muros de contención de altura mediana

**Muros de gravedad:** confían en su propia masa para resistir la tendencia a deslizar hacia adelante. En general, se considera que los muros de gravedad son antieconómicos a partir de una altura de 1,8 m en caso de ser de ladrillo y de 1 m si son de piedra natural. Los muros de gravedad pueden ser revestidos con otros materiales, aunque, por lo general, dichos revestimientos no aumentan la resistencia del muro y suelen usarse por razones estéticas.

### Detalle tipo de un muro de gravedad



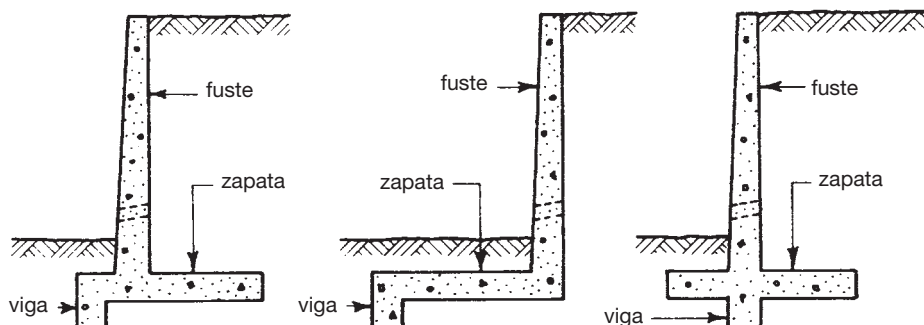
Detalle tipo de un muro de contención de hormigón en masa revestido con ladrillo



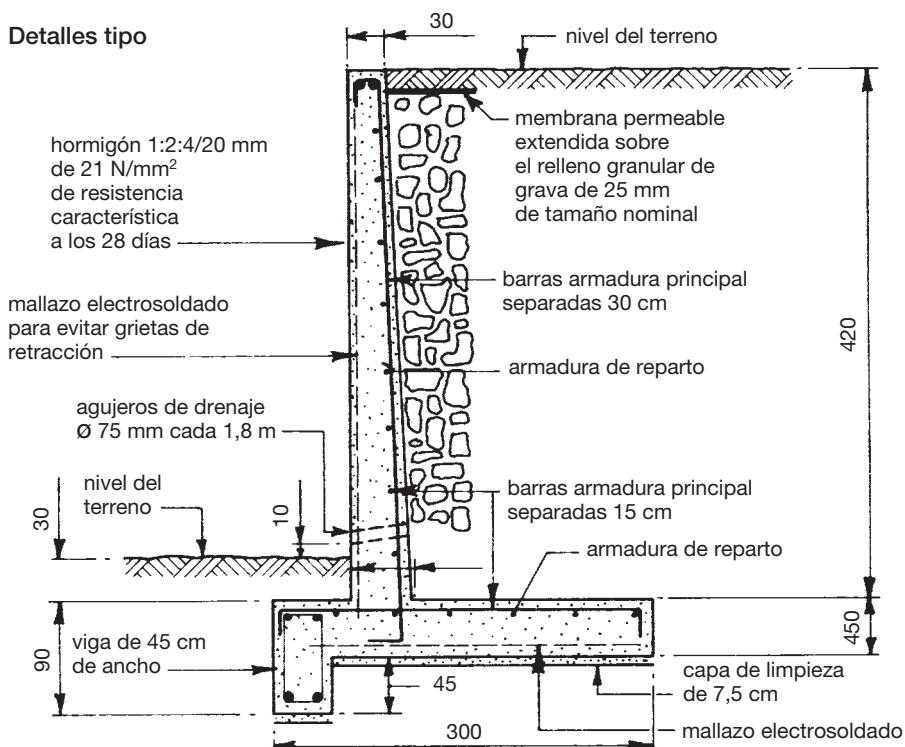
## Muros de contención de altura mediana

**Muros de contención a flexión:** se construyen con hormigón armado y resultan económicos dentro de la gama de alturas comprendida entre 1,2 y 6 m. Estructuralmente se basan en el principio del brazo de palanca; el fuste funciona como un voladizo empotrado en la zapata, mientras que esta se calcula como un voladizo empotrado en el fuste. Existen diversos formatos posibles y, en la mayor parte de los casos se dispone una viga debajo del cimiento para aumentar la resistencia pasiva al deslizamiento. Al igual que en el muro de la pág. 227, también pueden emplearse materiales de revestimiento del trasdós.

### Formatos característicos



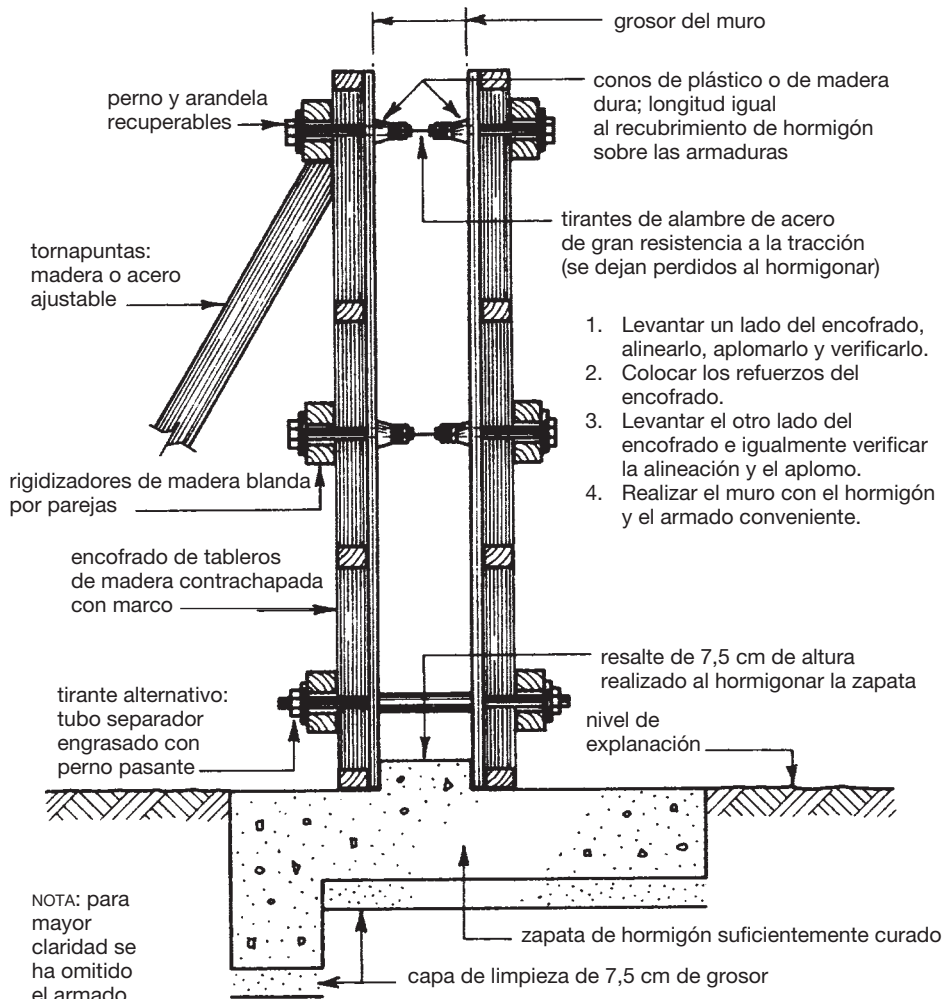
### Detalles tipo



**El encofrado de los muros de contención:** puede ser de dos caras a toda altura, encofrado móvil (pág. 230) o de una sola cara (pág. 231).

**Encofrado a toda altura:** este tipo de encofrado se aplica cuando se construye el muro como autoportante y se deja curar el hormigón antes de rellenar la parte posterior con tierras. En la construcción del encofrado debe tenerse en cuenta la altura del muro, las presiones del hormigón fresco sobre las caras del encofrado, los arriostramientos necesarios y la disponibilidad de materiales adecuados para construirlo. Al igual que en el resto de tipos de encofrado, puede emplearse un sistema tradicional de tableros de madera o un sistema patentado de moldes de acero.

### Detalles tipo



## Muros de contención de altura mediana

**Encofrado móvil o trepador:** este método suele emplearse en muros de gran longitud, en muros altos o cuando la cantidad de hormigón que se puede verter en una misma jornada es limitada.

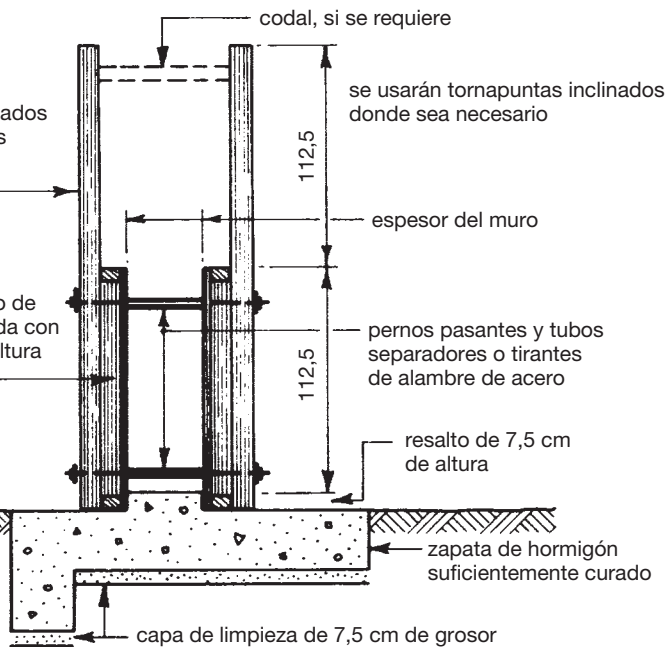
### Detalles tipo

montantes rigidizadores verticales de  $10 \times 5$  cm dispuestos por parejas y fijados a la cara posterior de todos los tableros de encofrado cada 90 cm

tableros de encofrado de madera contrachapada con marco, de 1,2 m de altura  $\times$  2,4 m de anchura

nivel de explanación

NOTA: para mayor claridad se ha omitido el armado.



### PRIMERA FASE O HILADA

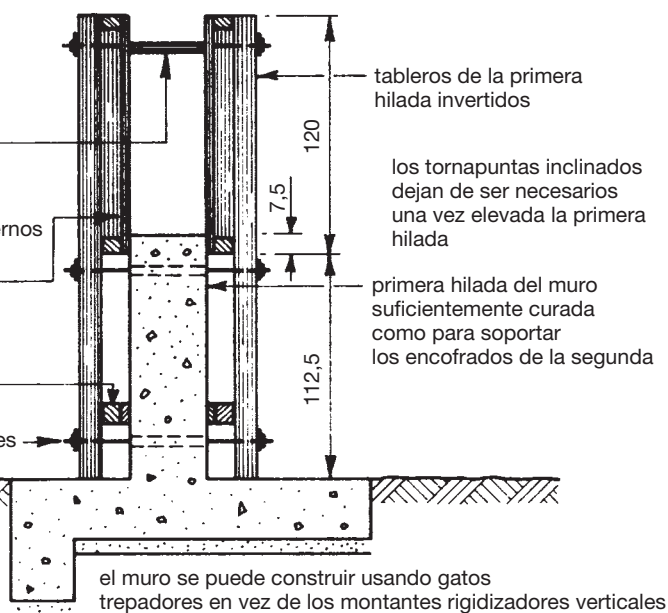
pernos pasantes y tubos separadores o tirantes de alambre de acero

tapar los agujeros de los pernos de la primera hilada que ya no sean necesarios

cuñas de apriete de madera dura

pernos pasantes

NOTA: las siguientes hiladas se construyen como la segunda.



### SEGUNDA FASE O HILADA

**Encofrados de una cara:** en este método la cara interior del encofrado es el propio corte vertical del terreno y puede considerarse como una adaptación del encofrado a toda altura o del encofrado móvil. En este último caso, se utilizan tirantes de alambre de acero en forma de bucle para proporcionar el apoyo necesario para la segunda y subsiguientes hiladas.

#### Detalles tipo

montantes rigidizadores verticales de  $10 \times 5 \times 232,5$  cm de longitud, dispuestos por parejas y fijados a la cara posterior de los tableros de encofrado cada 90 cm

perno y arandela recuperables

tableros de encofrado de madera contrachapada con marco, de 1,2 m de altura  $\times$  2,4 m de anchura

tornapuntas según necesidades

solera fijada a la zapata

corte vertical del terreno

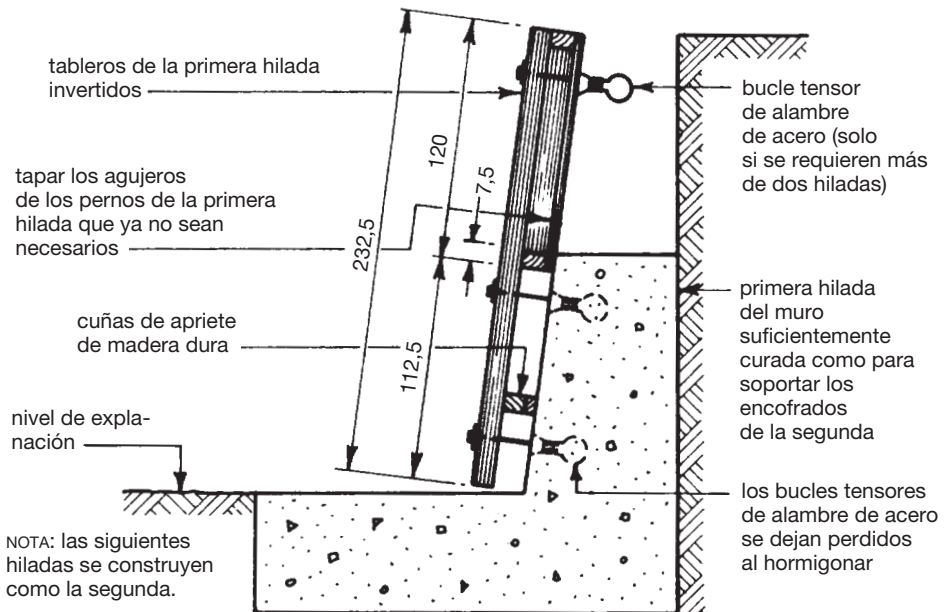
conos de plástico o madera dura

bucle tensor de alambre de acero de gran resistencia a la tracción

resalto de 7,5 cm de altura

zapata de hormigón suficientemente curado

#### PRIMERA FASE O HILADA



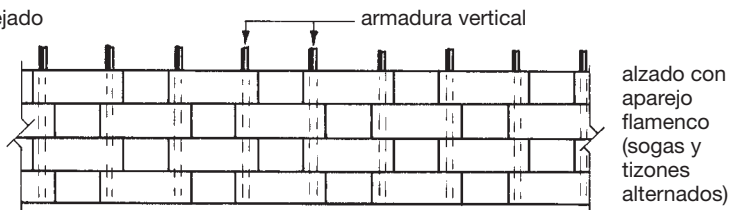
#### SEGUNDA FASE O HILADA

## Muros de contención. Albañilería armada

**Piezas de albañilería armadas:** constituyen una buena opción cuando no es técnicamente posible o resulta antieconómico utilizar encofrados temporales para moldear el hormigón in situ, o cuando se opta por un acabado de ladrillo o de bloque visto. Además de su función como elemento estructural, las piezas de albañilería proporcionan un encofrado permanente al hormigón vertido en los huecos creados por:

- \* Aparejo de ladrillo y medio dejando un hueco vertical continuo en el interior del muro.
- \* Bloques huecos de hormigón.

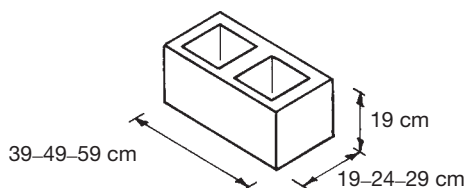
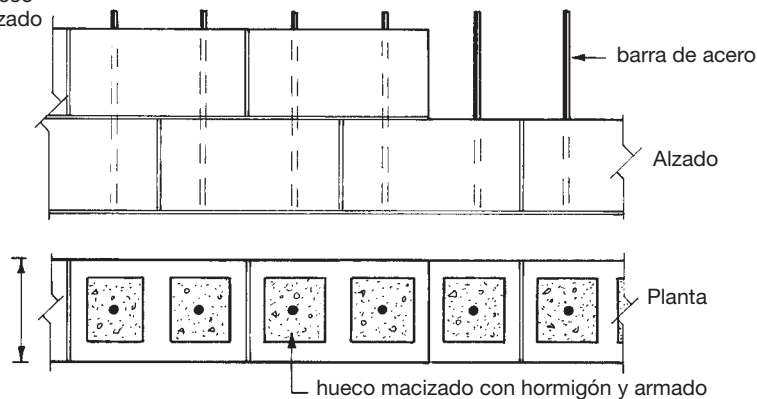
muro de ladrillo aparejado con un hueco vertical continuo, macizado y armado



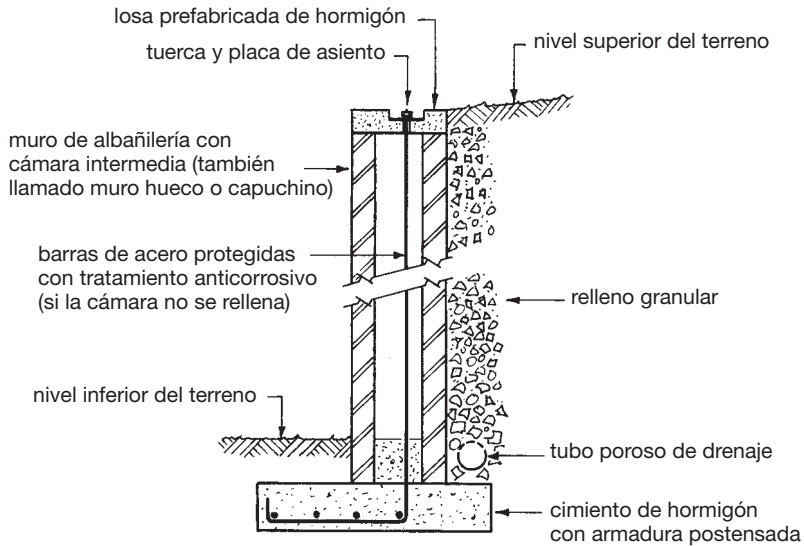
asta y media o 360 mm (formato castellano)  
[450 mm (formato catalán)]



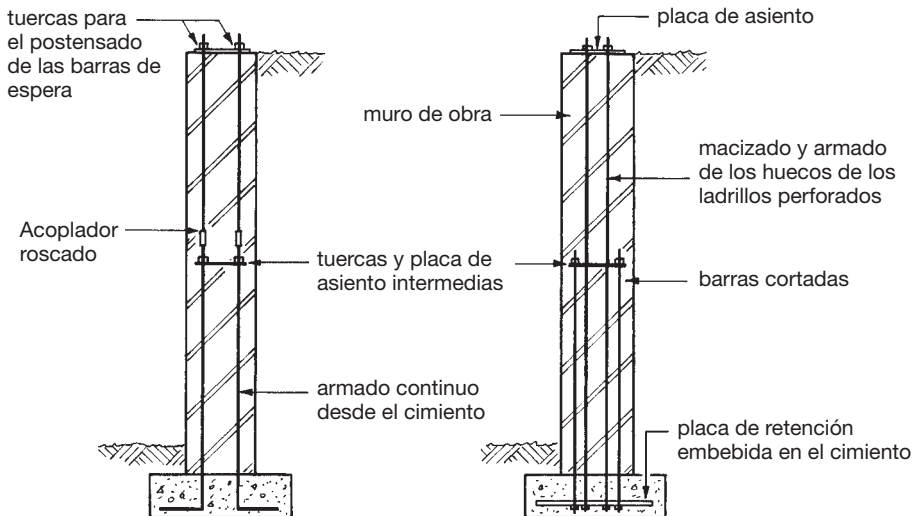
Muro de bloque hueco de hormigón, macizado y armado



**Construcción:** en primer lugar se construye un cimiento de hormigón armado, con barras verticales de espera para garantizar la continuidad. El muro puede construirse con piezas de albañilería; p. ej., con ladrillos comunes aparejados (véase página anterior) de modo que la posición de los huecos verticales continuos en el interior del muro coincida con la de las barras de espera, rellenándose seguidamente aquellos con hormigón. Otra posibilidad es construir el muro con dos paredes de albañilería exteriores y una cámara de aire interior con las barras de espera de acero. Si la cámara se deja sin macizar, es imprescindible proteger las armaduras verticales contra la corrosión. La parte superior de cada una de las barras de acero se aterrajará con una tuerca y un gato sobre una placa de asiento.



#### MURO DE CONTENCIÓN DE ALBAÑILERÍA POSTENSADO



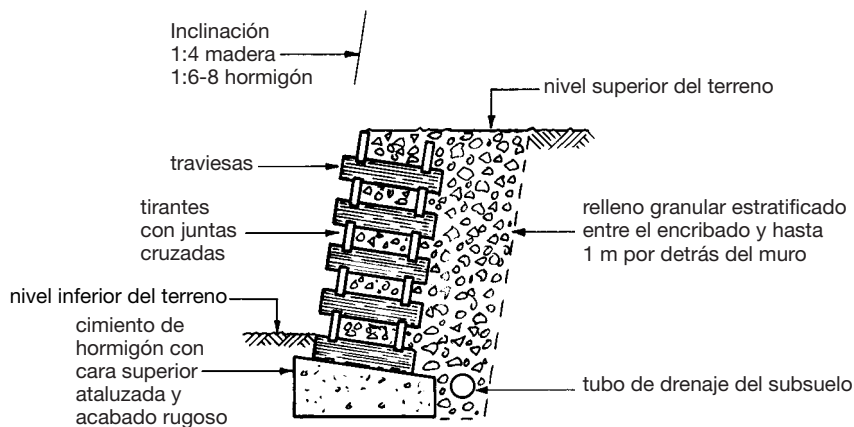
#### ORGANIZACIÓN DEL POSTENSADO DE MUROS DE CONTENCIÓN ALTOS



## Muros de contención. Muros encribados

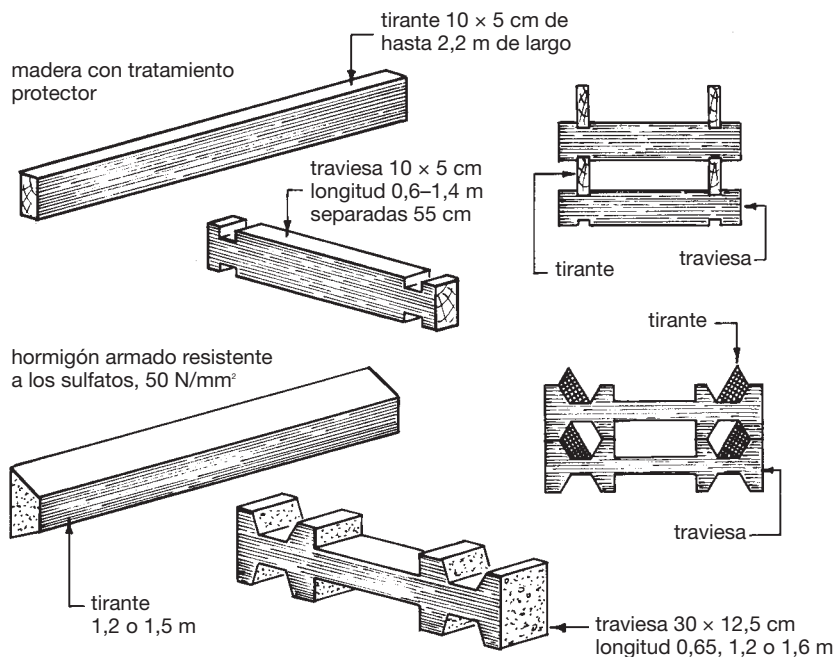
**Muros de contención encribados:** sistema de componentes de hormigón prefabricado o madera tratada que se entrelazan formando un entramado tridimensional. Se utilizan para sostener las tierras, para recalzar o evitar el descalzamiento de un edificio. Durante el montaje, el entramado se va rellenando con un material granular hasta crear una masa suficiente para contrarrestar los empujes del terreno.

### Esquema de funcionamiento:



NOTA: Con madera, altura limitada a 10 m.

### Componentes:



**Cosido de suelos:** proceso geotécnico eficaz, utilizado para estabilizar grandes taludes de tierra, especialmente en terraplenes de autopistas y vías férreas.

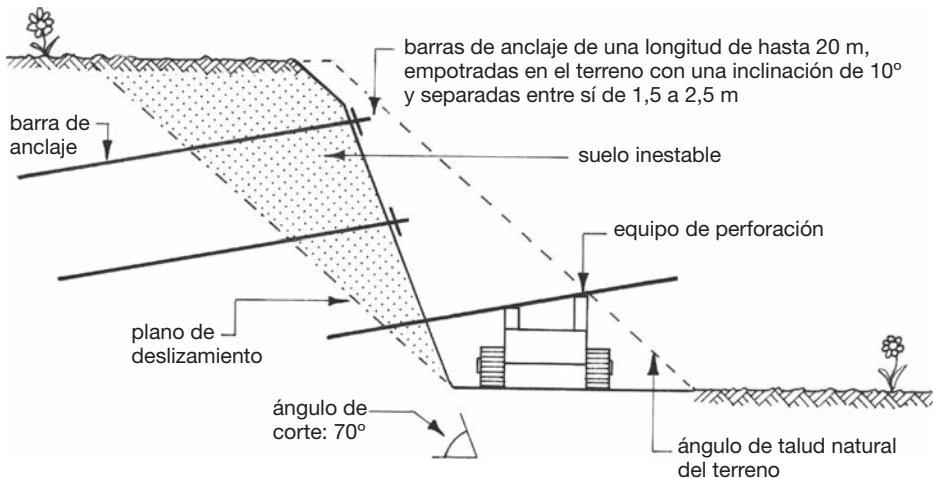
**Función:** después de excavar y retirar el sostén del talud natural, la cuña de tierras inestables resultante se fija o “cose” con barras de acero que se anclan en el terreno firme por detrás del plano de deslizamiento.

**Tipos de anclaje:**

- Barras deformadas de acero de hasta 5 cm de diámetro, alojadas en barrenos de hasta 10 cm de diámetro. En los huecos que rodean las barras se introduce lechada de cemento a presión.
- Tubos de acero, por lo general de 10 cm de diámetro, unidos a barrenas fungibles. Durante el barrenado se inyecta en el tubo lechada de cemento, que fluye expulsada a través de unas perforaciones practicadas al efecto en la superficie de la barrena.
- Plástico reforzado con fibra de vidrio anclado por adherencia con resinas.

**Tratamiento del terraplén:** la superficie que queda al descubierto se reviste con una tela metálica forrada de plástico y ajustada sobre los extremos de las barras de anclaje. En el extremo de cada una de las barras se atornilla una placa frontal de acero y todo el conjunto se recubre con hormigón proyectado, formando una superficie continua.

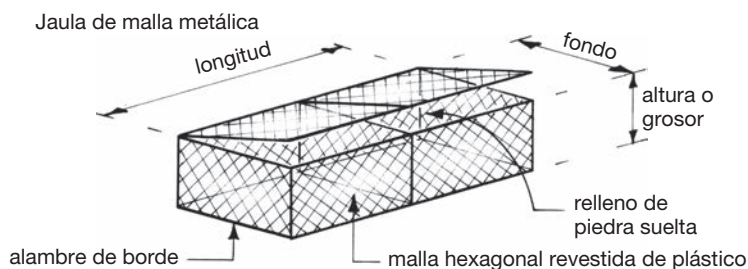
**Ejemplo tipo**



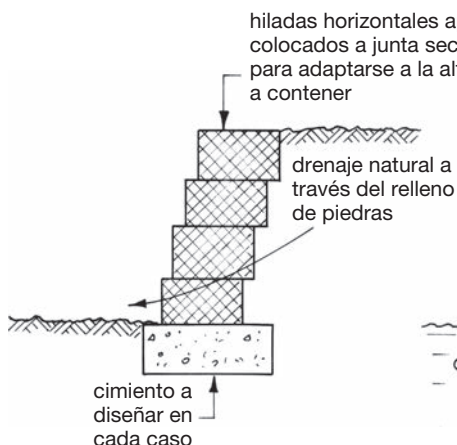
## Gaviones y colchones reno

**Gavión:** modalidad de muro de contención creado a partir de “jaulas” individuales rectangulares, fabricadas con malla metálica galvanizada de triple torsión rellenas con piedras. Esas unidades se apilan y solapan como si fueran piezas de albañilería aparejada de gran tamaño y se aplican en varias capas o hiladas ligeramente ataluzadas para sostener las tierras. Tamaños tipo: desde 1 m de longitud  $\times$  0,5 m de fondo  $\times$  0,5 m de altura, hasta 4 m de longitud  $\times$  1 m de fondo  $\times$  1 m de alto.

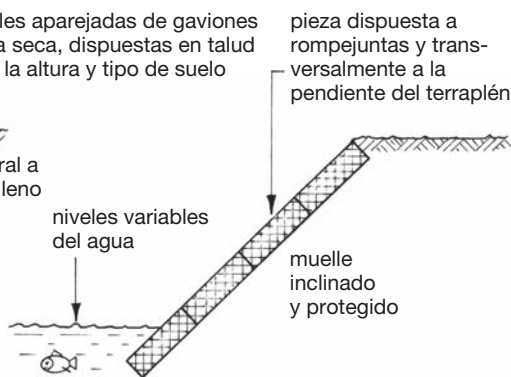
**Colchones reno:** las piezas de los colchones reno son similares a los gaviones, pero tienen menor grosor, diámetro de malla inferior y se rellenan con piedras más pequeñas, todo ello con el fin de obtener mayor flexibilidad y un mejor poder de adaptación a formas diversas. Se aplican en taludes mucho menos inclinados que los muros de gaviones. Por lo general, se utilizan junto a los cauces fluviales, para proteger las laderas de la erosión en los casos en que los movimientos de las mareas y/o las subidas o bajadas del nivel del agua pudieran producir el lavado de los terraplenes. Tamaños tipo: desde 3 m de longitud  $\times$  0,5 m de anchura  $\times$  0,15 m de grosor, hasta 6 m de longitud  $\times$  2 m de anchura  $\times$  0,3 m de grosor.



**Muro de gaviones**

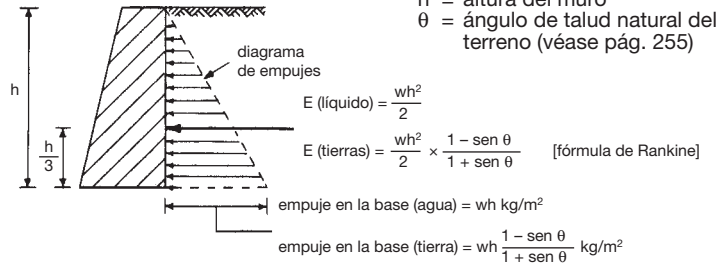


**Colchón reno**



**Cálculo de muros de contención:** deben tenerse en cuenta en proyecto la presión hidrostática del agua y el empuje de las tierras en el trasdós del muro (véase pág. 225). Para el cálculo se toma una longitud de 1 m de muro:

1. El empuje resultante
2. El momento de vuelco



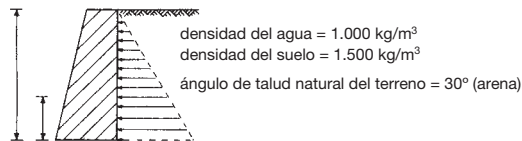
La resultante de los empujes,  $E$ , es una fuerza horizontal aplicada al centro de gravedad del diagrama de empujes, es decir, a un tercio de la altura ( $h/3$ ).

Por lo tanto, el momento de vuelco debido al agua es:  
 $\frac{wh^2}{2} \times h/3$ , o bien:  $\frac{wh^3}{6}$

y el empuje debido a las tierras es:

$$\frac{wh^2}{2} \times \frac{1 - \text{sen } \theta}{1 + \text{sen } \theta} \times h/3, \text{ o bien: } \frac{wh^3}{6} \times \frac{1 - \text{sen } \theta}{1 + \text{sen } \theta}$$

Ejemplo característico:



Para el agua:

$$E = \frac{wh^2}{2} = 1.000 \times (3,3)^2/2 = 5.445 \text{ kg}$$

NOTA: kg × gravedad = Newton

Por lo tanto,  $5.445 \text{ kg} \times 9,81 = 53,42 \text{ kN}$

El momento de vuelco será:  $E \times h/3 = 53,42 \text{ kN} \times 1,1 \text{ m} = 58,8 \text{ kNm}$

Para las tierras:

$$E = \frac{wh^2}{2} \times \frac{1 - \text{sen } \theta}{1 + \text{sen } \theta}$$

$$E = \frac{1.500 \times (3,3)^2}{2} \times \frac{1 - \text{sen } 30^\circ}{1 + \text{sen } 30^\circ} = 2.723 \text{ kg o } 26,7 \text{ kN}$$

El momento de vuelco será:  $E \times h/3 = 26,7 \text{ kN} \times 1,1 \text{ m} = 29,4 \text{ kNm}$

## Muros de contención. Ley de Coulomb

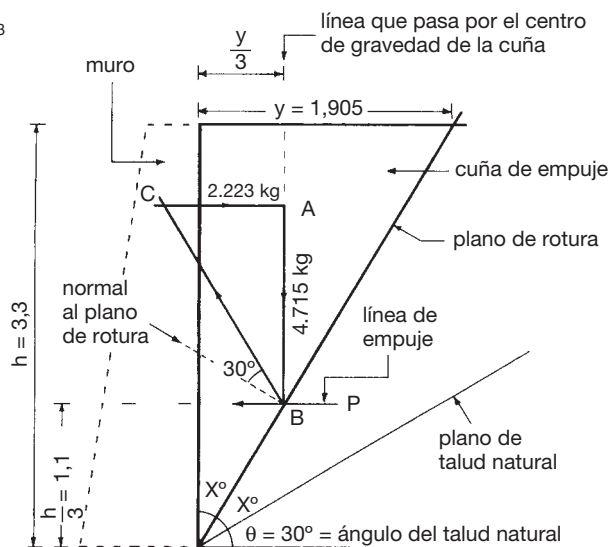
Solución de cálculo gráfico para determinar el empuje del terreno (E) contra un muro de contención. Datos de la página anterior:

$$h = 3,3 \text{ m}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$w = 1.500 \text{ kg/m}^3$$

cuña de empuje



Se dibuja la altura del muro a escala y se traza el ángulo de talud natural. La cuña o prisma de máximo empuje de tierras es la figura limitada por su plano horizontal, el paramento (intradós) del muro y la bisectriz del ángulo que dicho paramento forma con el talud natural de las tierras. La medida de 'y' puede dibujarse a escala o calcularse:

$$\text{tangente } x = y/3,3; \quad x = 30^\circ, \quad y \operatorname{tg} 30^\circ = 0,5774,$$

$$\text{por lo tanto, } y = 3,3 \times 0,5774 = 1,905 \text{ m}$$

$$\text{Superficie de la cuña o prisma} = (3,3/2 \times 1,905) \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen de prisma por metro lineal de muro} = 3,143 \times 1 = 3,143 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de prisma por metro lineal de muro} = 3,143 \times 1.500 = 4.715 \text{ kg}$$

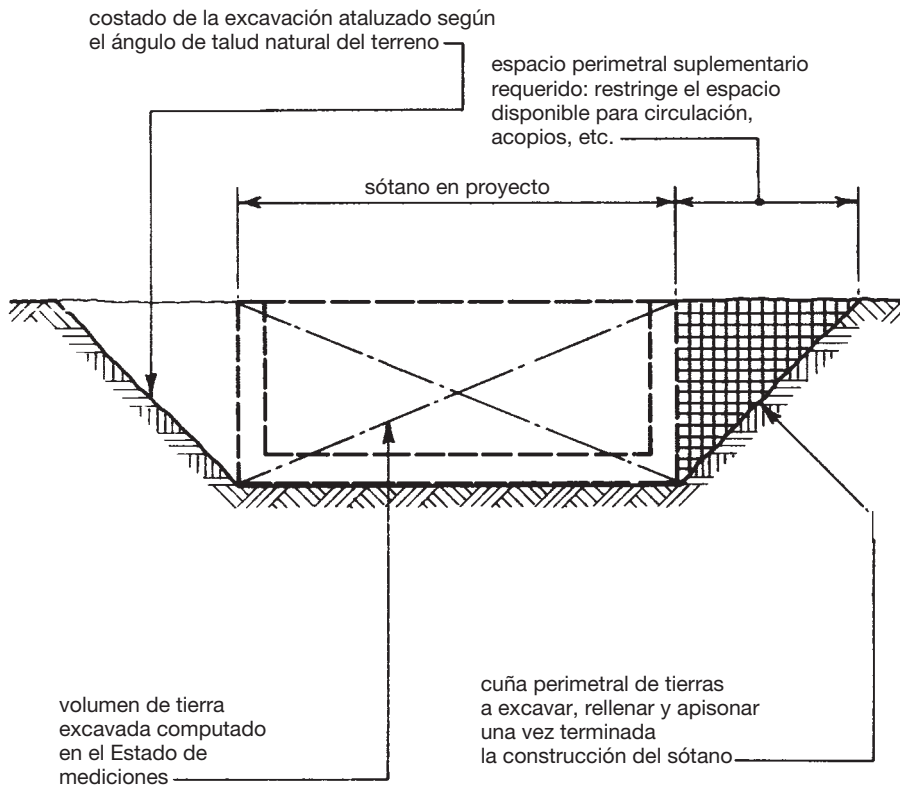
El vector AB se dibuja a escala desde el centro de gravedad del prisma, la línea de empuje y el plano de rotura, asignándole su valor de 4.715 kg.

El vector BC se traza según el ángulo de rozamiento (que generalmente es igual al ángulo de talud natural; en este caso,  $30^\circ$ ) respecto a la normal al plano de rotura, hasta que corte a la horizontal CA.

El triángulo ABC representa la composición de fuerzas de la cuña de empuje de tierras, de modo que midiendo el vector CA, nos da los 2.723 kg que representan el empuje, E, de las tierras sobre el muro de contención.

**Excavaciones a cielo abierto:** uno de los principales problemas que se presentan al excavar un sótano es la necesidad de dar soporte provisional o entibado a los laterales de la excavación. Estos elementos de soporte pueden suponer un estorbo para realizar los trabajos de construcción del suelo y de los muros. Uno de los modos de soslayar este problema es cortar los costados de la excavación según el ángulo de talud natural del terreno, de modo que se elimina la necesidad de realizar trabajos de entibación provisional para la contención de los costados de la excavación.

### Ejemplo tipo de excavación a cielo abierto



En términos económicos, los costes de maquinaria y mano de obra necesarias para excavar el volumen suplementario de tierras, rellenarlo y apisonarlo, deben compensar la omisión de los trabajos provisionales de entibación de los bordes de la excavación. La principal desventaja de este sistema es la gran cantidad de espacio libre que consume.

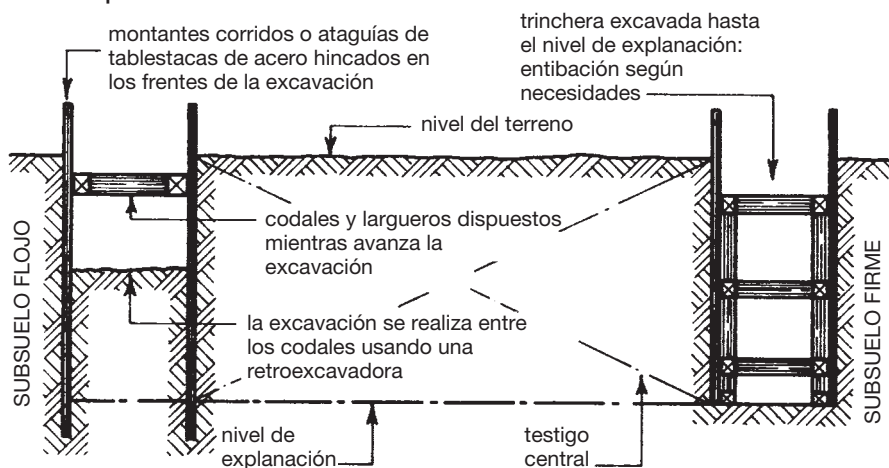
## Excavación de sótanos

**Excavación de trinchera perimetral:** consiste en excavar una trinchera, lo suficientemente ancha como para alojar los muros del sótano, soportada mediante las entibaciones que sean necesarias. Es posible que sea necesario hincar montantes corridos o ataguías de tablestacas de acero en los frentes de la excavación.

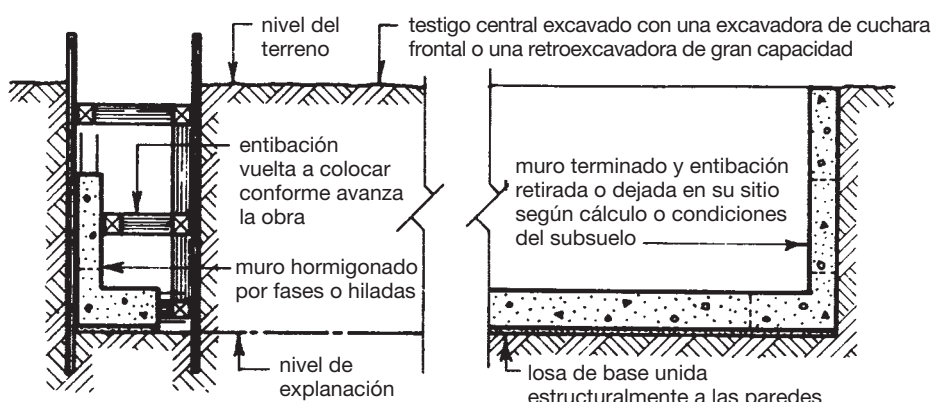
Este método puede emplearse en subsuelos flojos, de modo que los muros del sótano ejerzan de “entibación permanente” mientras se excava el testigo central y se hormigona la losa de base.

La excavación de trinchera perimetral también puede realizarse en subsuelos firmes, cuando el equipo mecánico requerido para la excavación del testigo central no esté disponible en el momento adecuado.

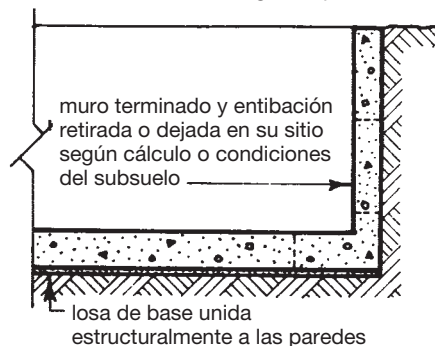
### Detalles tipo



### FASE 1: EXCAVACIÓN DE LA TRINCHERA PERIMETRAL



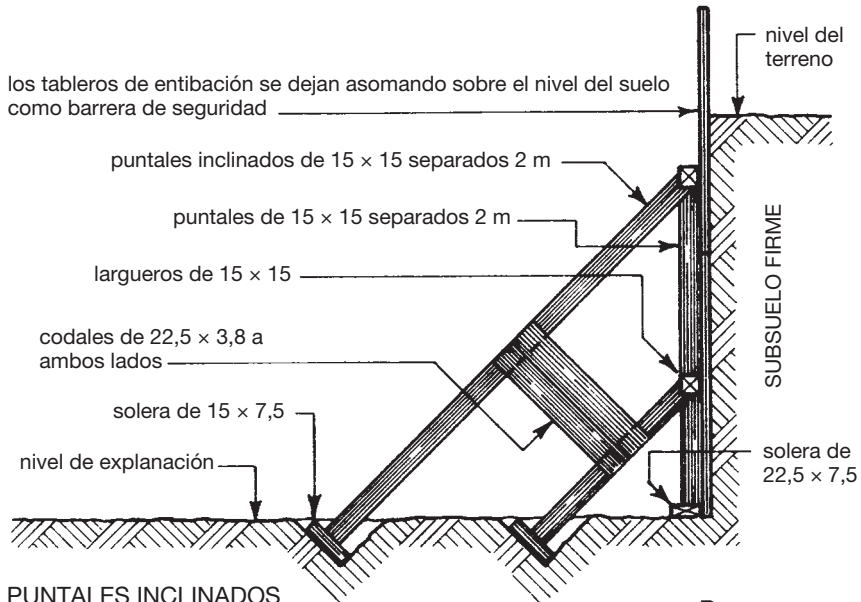
### FASE 2: CONSTRUCCIÓN DE LOS MUROS DEL SÓTANO



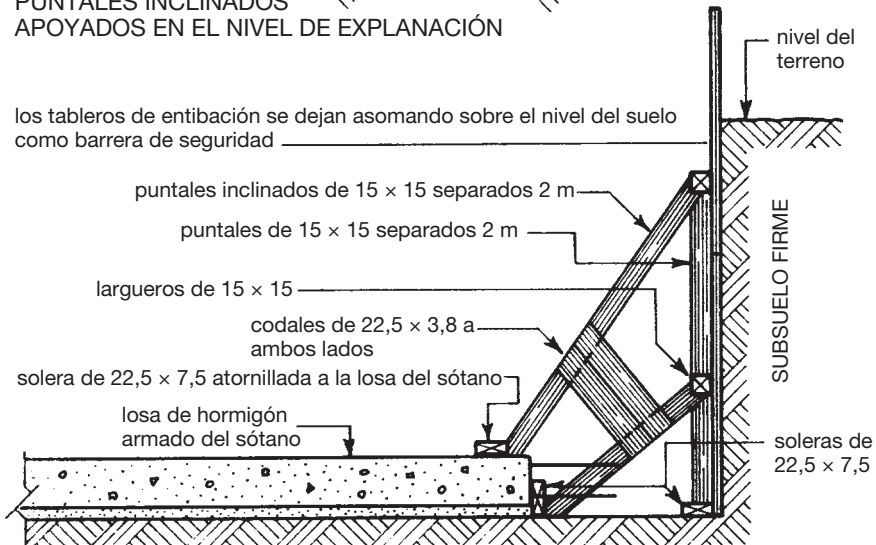
### FASE 3: CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DEL SÓTANO

**Excavación completa:** puede emplearse en casos de subsuelos firmes en los que el centro del sótano proyectado pueda ser excavado en primer lugar, lo que permitiría hormigonar acto seguido la losa de base, dando así protección al subsuelo a nivel de explanación. La contención de los bordes de la excavación se realiza desde el nivel de explanación mediante puntales inclinados apoyados sobre el terreno o acodados contra el borde de la losa del sótano.

### Detalles tipo



### PUNTALES INCLINADOS APOYADOS EN EL NIVEL DE EXPLANACIÓN

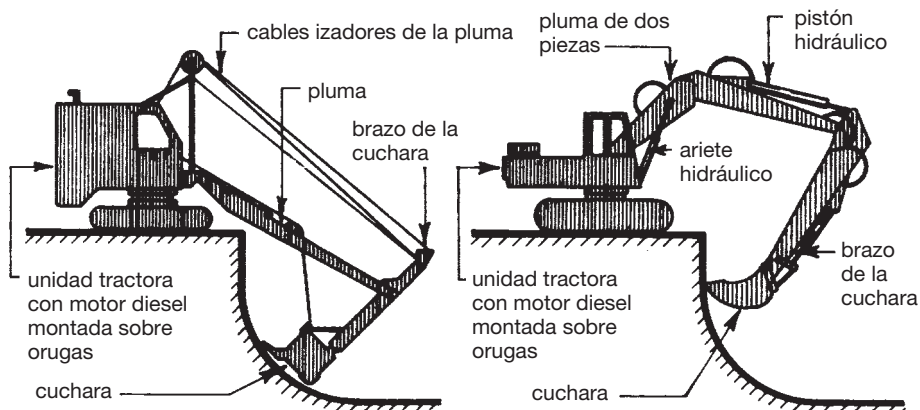


### PUNTALES INCLINADOS APOYADOS EN LA LOSA DEL SÓTANO

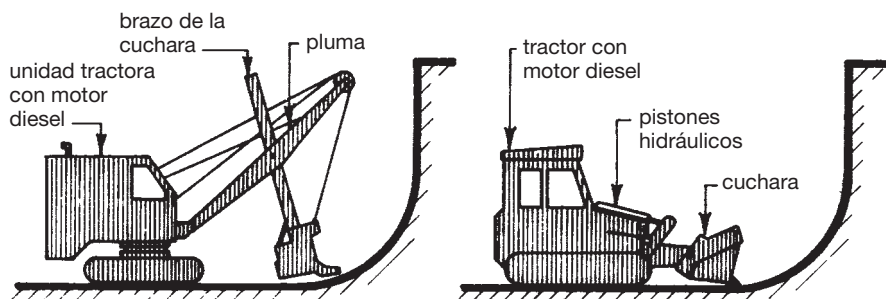


**Maquinaria de excavación:** la elección de la maquinaria necesaria para una obra es un asunto complejo en el que cabe tener en cuenta muchos factores. En las págs. 149 a 153 se dan detalles específicos de varios tipos de excavadoras. En este apartado nos limitaremos, pues, a citar unos cuantos tipos básicos para operaciones particulares. En el contexto de la excavación de sótanos, pueden considerarse dos formas de excavadora:

1. **Retroexcavadoras:** para excavación de trincheras o zanjas y para excavación general. Estas máquinas están disponibles en sus dos variantes: las manejadas con cables o las de manejo hidráulico. Generalmente, las retroexcavadoras de cables están dotadas de cucharas de mayor tamaño y tienen mayor capacidad de profundizar en la excavación que las máquinas hidráulicas, aunque estas son más precisas y tienen un manejo más sencillo.

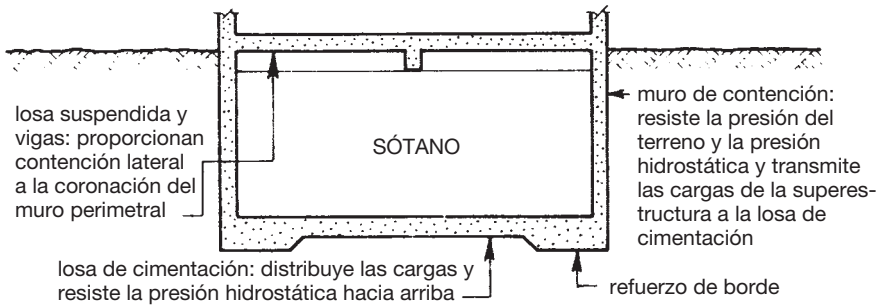


2. **Palas mecánicas con cuchara de empuje:** son máquinas robustas diseñadas para excavar por encima del nivel en que se asienta la máquina y adecuadas para realizar excavaciones generales de grandes volúmenes de tierras. Para excavar sótanos requieren una rampa de acceso, a menos que se disponga de una grúa adecuada para izarla fuera de la explanada de excavación. Al igual que las retroexcavadoras, existen modelos manejados por cables y modelos hidráulicos.

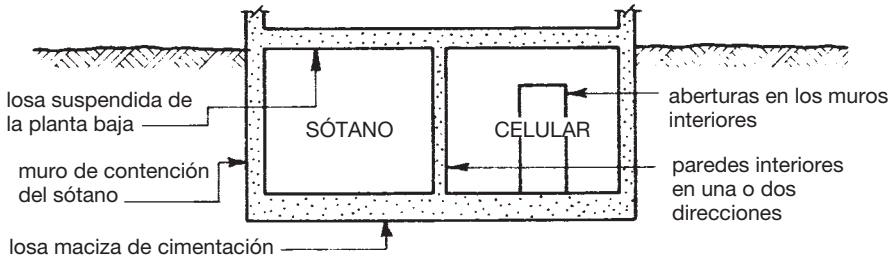


**Construcción de sótanos:** en el contexto general de la edificación, el sótano se define como la planta situada bajo la planta baja y que, por tanto, está construida debajo del nivel del terreno. La mayoría de sótanos puede encuadrarse en alguno de los tres grupos siguientes:

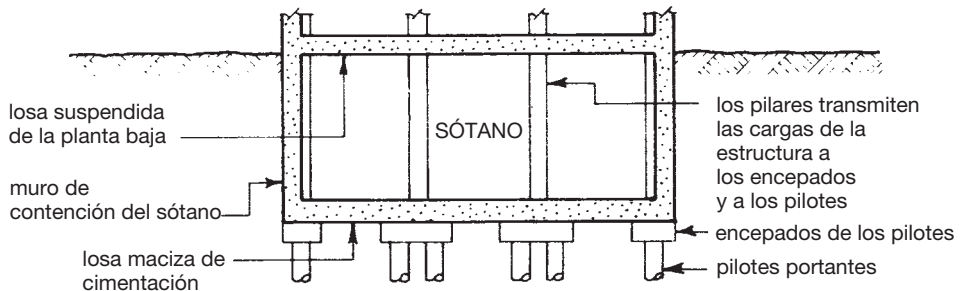
1. **Sótanos con muros y losa de contención:** es la forma más tradicional de sótano y consiste en una cimentación de losa que forma el suelo del sótano y contribuye a distribuir las cargas estructurales transmitidas por los muros de contención.



2. **Sótanos celulares con muros, losa de contención y muros interiores:** son similares en todo a los anteriores, excepto en que los muros interiores se utilizan tanto para transmitir y repartir las cargas sobre la losa como para subdividir interiormente el espacio.

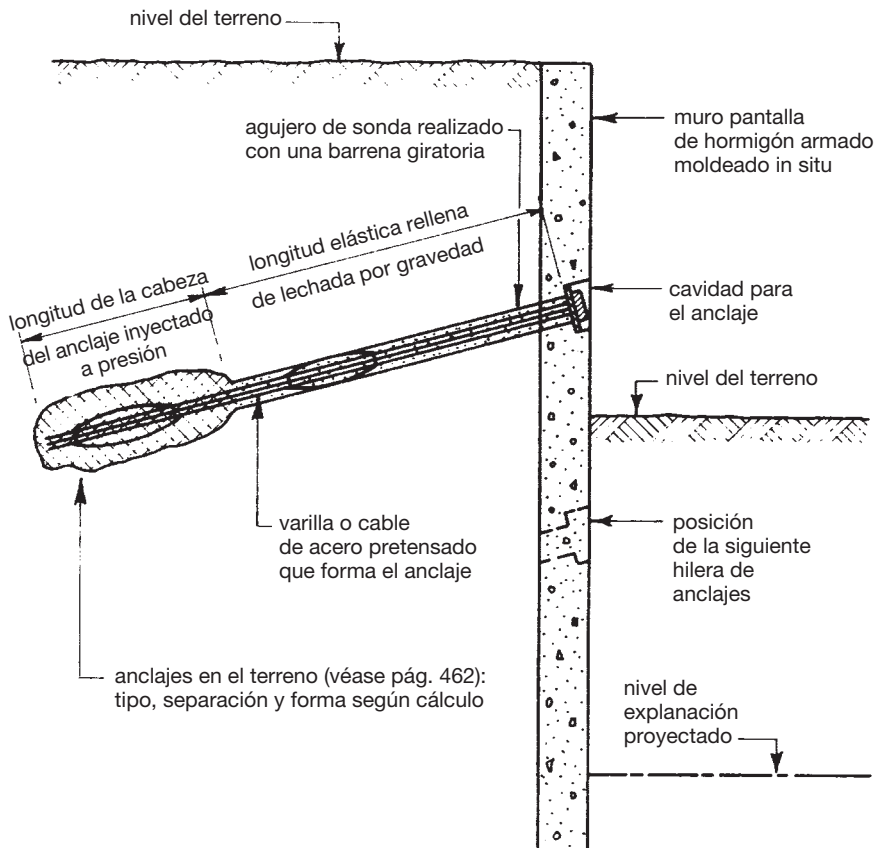


3. **Sótanos cimentados sobre pilotes:** en este caso, las cargas de la superestructura se transmiten al nivel del sótano por medio de los pilares, y de estos al terreno mediante los encepados de los pilotes y los pilotes portantes. Este método se emplea cuando se encuentran suelos de baja calidad portante a nivel del sótano.



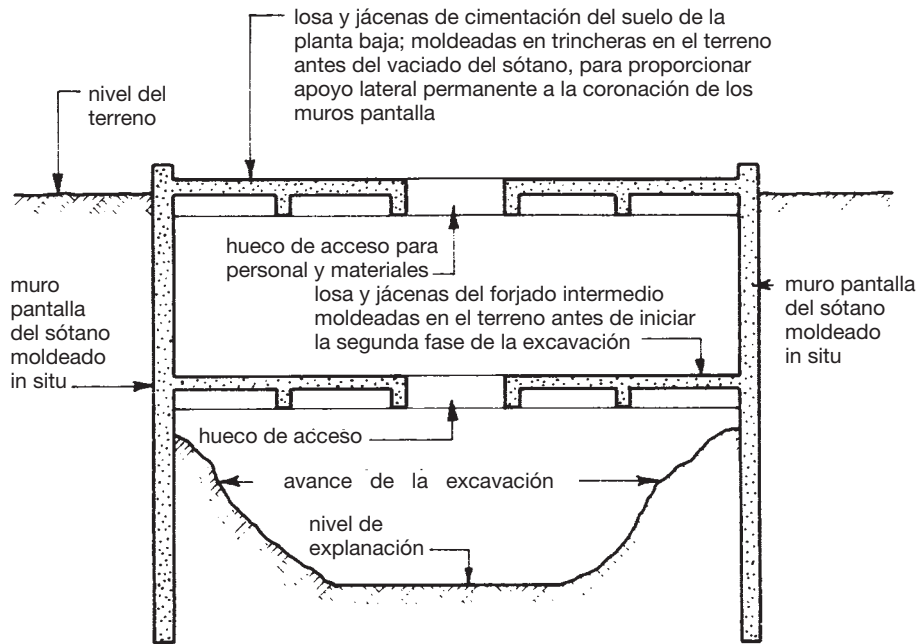
**Construcción de sótanos a gran profundidad:** los sótanos pueden construirse dentro una entibación u otros sistemas de contención provisional de los bordes de la excavación (véase Excavación de sótanos, en págs. 239 a 241) hasta la profundidad en que tales métodos se conviertan en antieconómicos, inaceptables o ambas cosas a la vez, debido a la gran cantidad de obra de contención provisional que requieren. Los sótanos profundos pueden construirse con muros pantalla, que consiste en construir unos muros de contención en el interior de una trinchera y proporcionarles sujeción lateral permanente mediante anclajes en el terreno o utilizando la contención lateral permanente proporcionada por los forjados interiores durante el período de excavación (véase página siguiente). Mientras avanza la excavación, puede proporcionarse apoyo lateral provisional a los muros pantalla por medio de vigas de celosía colocadas entre los mismos (véase página siguiente).

#### Detalle tipo del anclaje de un muro en el terreno

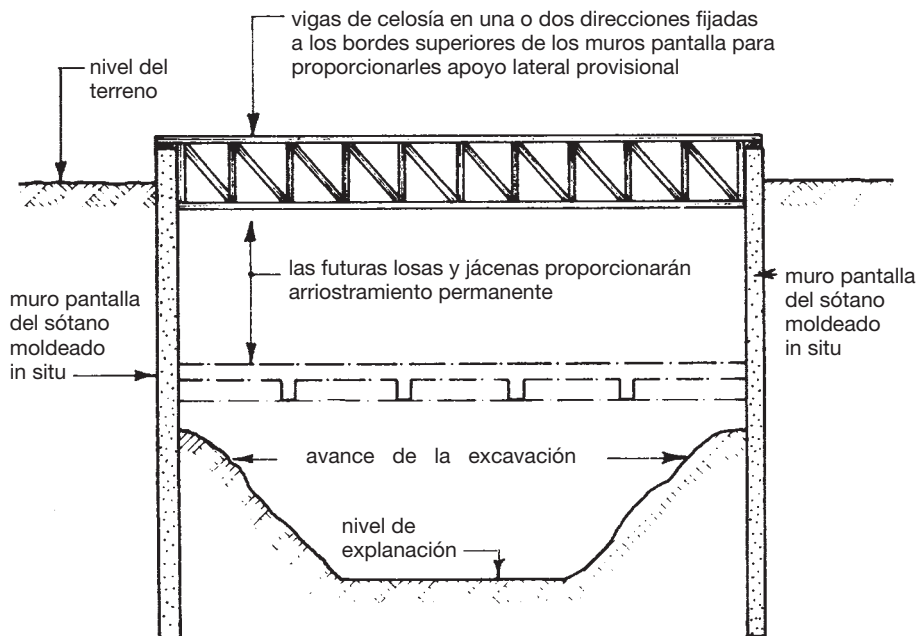


NOTA: para contrarrestar cualquier tendencia a la "flotación" durante el período de construcción, pueden colocarse anclajes verticales que atraviesen la losa más baja.

### Construcción de sótanos con arriostramiento permanente



### Construcción de sótanos con arriostramiento provisional



Existen tres métodos básicos de impermeabilización de sótanos:

1. Empleo de hormigón monolítico denso en paredes y suelo.
2. Sellado como un depósito de agua (véanse págs. 246 y 247).
3. Sistema de cámara drenada (véase pág. 248).

**Hormigón monolítico compacto:** el objetivo principal es formar un sótano impermeabilizado empleando hormigón armado o pretensado compacto de alta calidad; para lograrlo debe producirse una combinación de buenos materiales, mano de obra selecta y un cuidadoso estudio de los detalles y métodos constructivos. Si se consigue un estricto control de todos esos factores podrá construirse una estructura estanca al agua, aunque conviene observar que esta no siempre consigue evitar la formación de vapor de agua. Si se pretende soslayar este último problema, debe recurrirse a algún tipo de revestimiento hidrófugo o al sellado con técnicas de impermeabilización de aljibes. La estanquidad al agua de un hormigón denso depende fundamentalmente de dos factores:

1. Relación agua/cemento.
2. Grado de compactación.

La hidratación del cemento durante el proceso de endurecimiento produce calor. Por tanto, para evitar la formación de fisuras en la primera fase, deberán reducirse al mínimo los cambios de temperatura en la masa del hormigón en fase de endurecimiento. A mayor contenido de cemento, mayor será el cambio de temperatura, por lo que la mezcla no deberá contener más cemento del estrictamente necesario para cumplir con los requisitos del proyecto. El hormigón con una relación agua/cemento de 0,5 es estanco al agua, y pese a que la permeabilidad sea tres veces superior con una relación de 0,6, a efectos prácticos sigue siendo estanco; por encima de esa relación, el hormigón se va volviendo progresivamente menos impermeable. Para relaciones agua/cemento más bajas, la docilidad de la mezcla habrá de aumentarse, generalmente añadiendo más cemento, para permitir la perfecta compactación del hormigón.

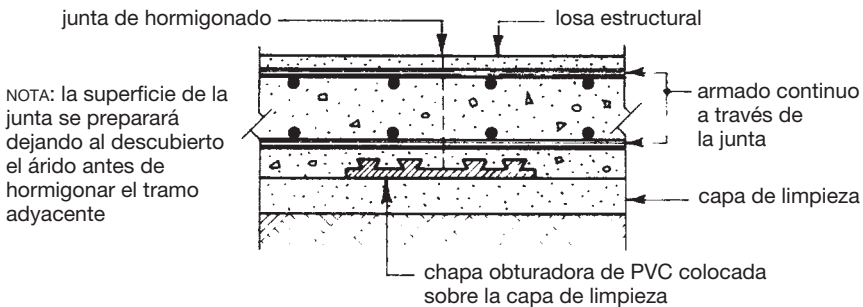
**Aditivos:** si se conjugan los ingredientes de buen diseño, buenos materiales y buena mano de obra, podrá producirse un hormigón estanco al agua sin necesidad de utilizar aditivos. Si se decidiese emplear aditivos, habría que escogerlos cuidadosamente para lograr alguno de los siguientes objetivos específicos:

1. Reductores de la cantidad de agua: se usan para mejorar la docilidad.
2. Retardadores: retrasan el endurecimiento.
3. Aceleradores del endurecimiento: útiles para las bajas temperaturas (según algunos autores, puede favorecer la corrosión de las armaduras del hormigón armado).
4. Impermeabilizantes: solo son efectivos con carga hidrostática baja; no mejoran los hormigones porosos o de baja calidad.
5. Aireantes: aumentan la docilidad; permiten disminuir el contenido de agua de amasado.

**Juntas:** en la construcción de sótanos, las juntas se usan para permitir movimientos del hormigón (juntas de dilatación) o para crear un punto conveniente de interrupción de las labores de hormigonado (juntas de hormigonado). Las juntas son líneas débiles susceptibles de permitir infiltraciones, a menos que se calculen y construyan con sumo cuidado; por consiguiente, deben ser conceptualmente sencillas y fáciles de construir.

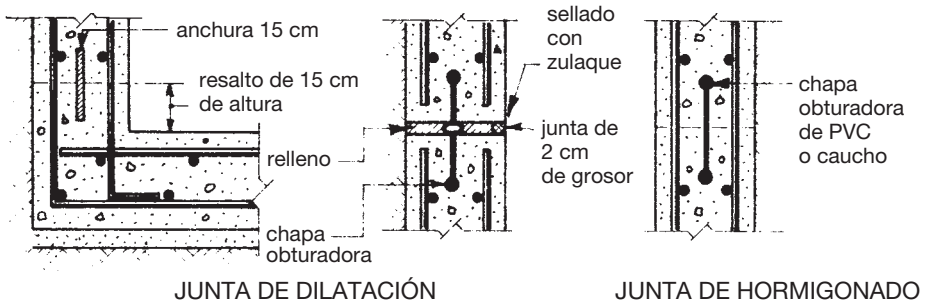
**Losas de suelo de sótanos:** generalmente se calculan para que trabajen en las dos direcciones y, por ello, suelen tener bastante armadura tanto superior como inferiormente. Para conseguir que cumplan sus funciones básicas, suele asignárseles un grosor igual o superior a 25 cm. Las juntas, que preferentemente serán de hormigonado, deben reducirse al mínimo, y en caso de precisarse la interposición de chapas obturadoras para impedir la entrada de agua, su colocación se realizará de forma que no obstaculicen la total compactación del hormigón.

#### Detalle característico de una junta en la losa del sótano



**Muros de sótano:** las juntas en los muros pueden ser horizontales y/o verticales, según los condicionantes de cálculo. Para evitar la infiltración de agua deberá colocarse una chapa obturadora idónea en la junta. Si se efectúa una única hormigonada y, además, en el encuentro entre losa y pared se dispone un resalte preparado adecuadamente dejando a la vista el árido, tal vez pudiera prescindirse de la interposición de una chapa obturadora; no obstante, en caso de que esta estuviera especificada en el proyecto, su colocación deberá realizarse por la cara exterior, o consistir en una chapa de acero dulce colocada en posición central e insertada en el resalte mientras el hormigón esté todavía en estado plástico.

#### Detalles característicos de juntas en muros de sótano

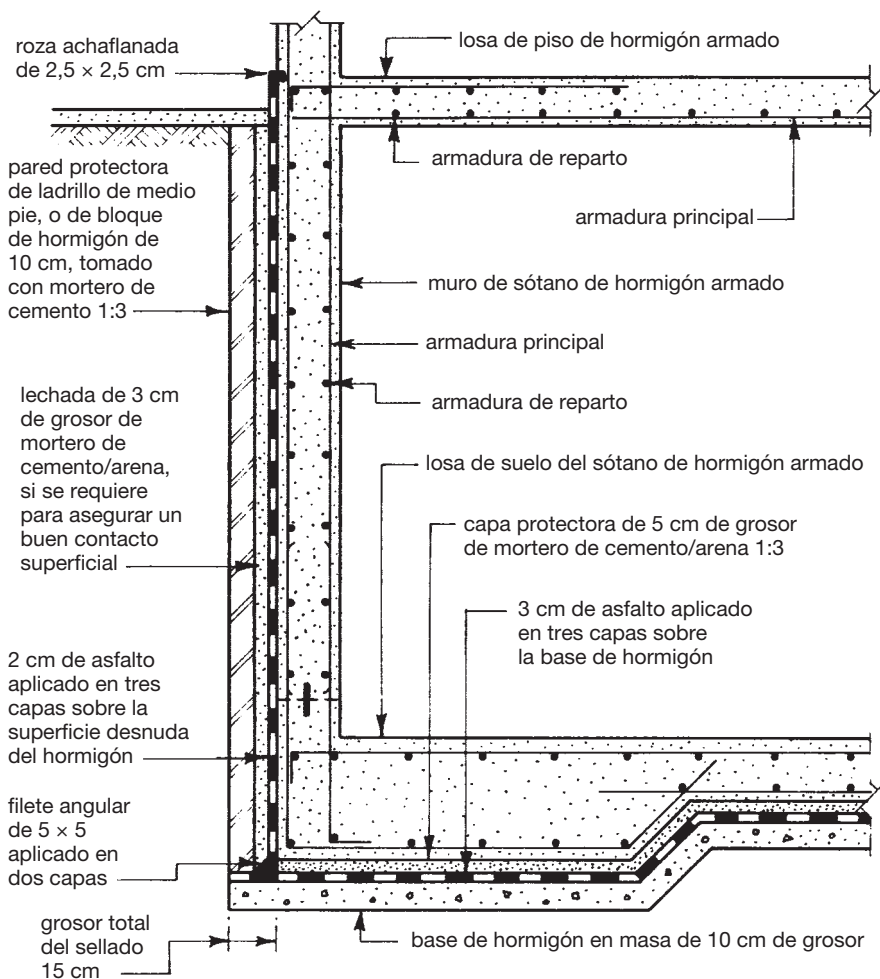


## Impermeabilización de sótanos

**Sellado con mástico asfáltico:** el objetivo del sellado es obtener una membrana impermeable continua aplicada a los muros y losa del sótano, sin solución de continuidad entre ambos paramentos. El sellado puede aplicarse exterior o interiormente, según los casos. En lugar del mástico asfáltico pueden emplearse los siguientes materiales: lámina de polietileno, compuestos bituminosos, compuestos de resinas epoxi y betunes laminares.

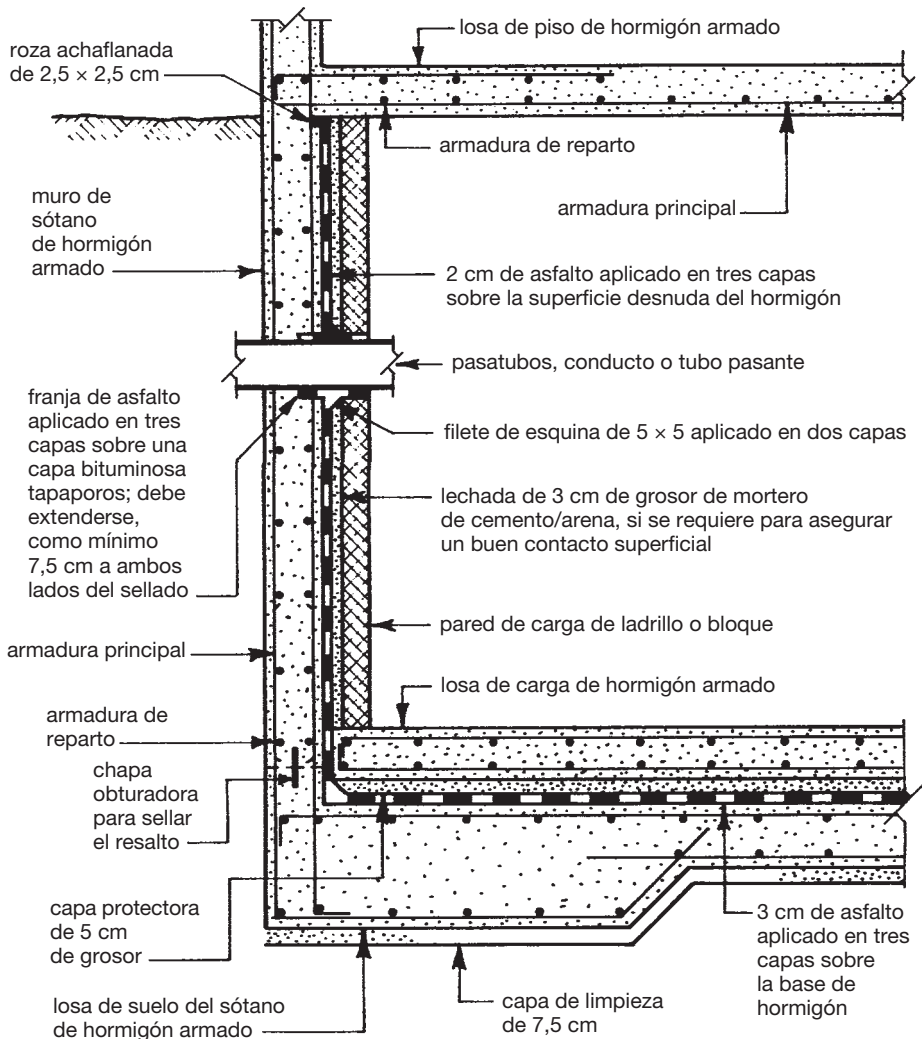
**Sellado exterior con mástico asfáltico:** el método más aconsejable puesto que no solo evita la entrada de agua, sino que también protege a la estructura del sótano contra la acción de los sulfatos agresivos que pueden contener las tierras circundantes o el agua del subsuelo.

### Detalle característico de un sellado exterior



**Sellado interior con mástico asfáltico:** solo debe adoptarse en caso de no poderse aplicar el sellado exterior, ya que no proporciona protección alguna a la estructura y podría desprenderse de los muros y de la losa por la acción de la presión hidrostática, a menos que estos sean de carga. Para ser realmente eficaz, las capas horizontal y vertical de mástico asfáltico deben ser continuas.

**Detalle característico de un sellado interior**

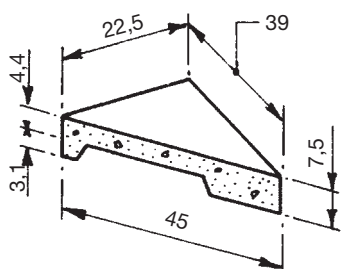


NOTA: las paredes de ladrillo del sótano pueden construirse con ladrillos de clave o rehundirse las juntas 2 cm para proporcionar agarre al asfalto.

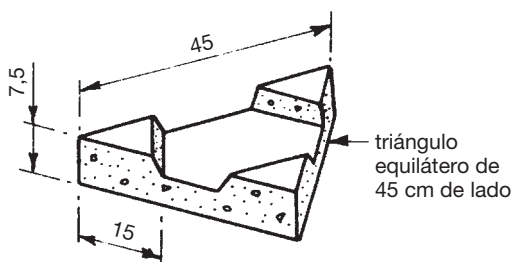


**Sistema de cámara drenada:** este método de impermeabilización de sótanos puede emplearse tanto para obra nueva como para rehabilitación. El concepto básico es muy simple, pues se acepta que en cualquier muro de hormigón monolítico siempre puede infiltrarse una cantidad mínima de agua, y el mejor método de tratar esta humedad es recogerla y evacuarla al exterior. Esto se consigue construyendo una pared interior no portante que forme una cámara de aire y un suelo de baldosas triangulares especiales con pendientes hacia un sumidero, lo que permite drenar la humedad hacia este último; a partir de ahí, el agua puede descargarse directamente a la red o bombearse hacia el sistema general de drenaje. La pared interior debe ser relativamente estanca al vapor de agua o, como alternativa, la cámara deberá estar ventilada.

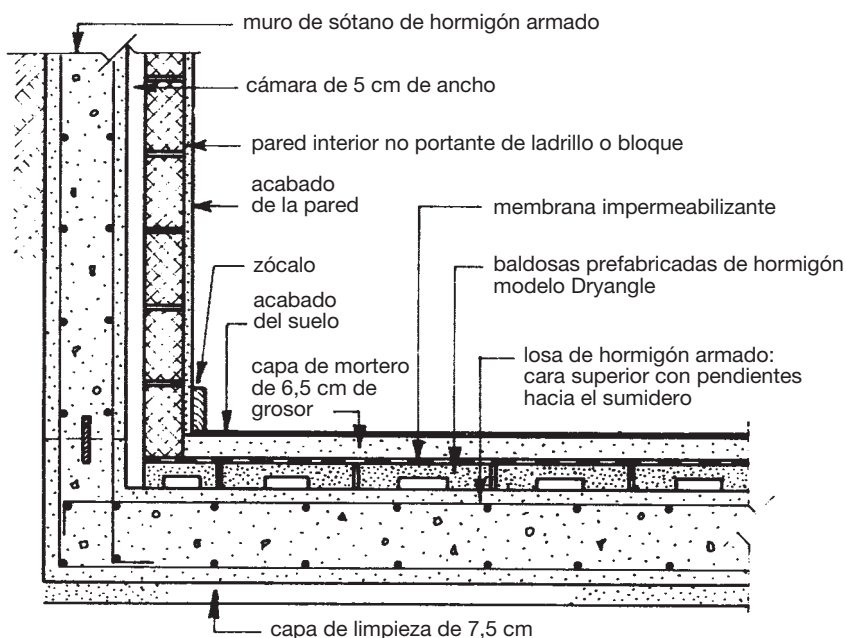
### Detalles tipo



VISTA DE LA CARA SUPERIOR:  
MEDIA BALDOSA



VISTA INFERIOR  
DE LA BALDOSA ESTÁNDAR

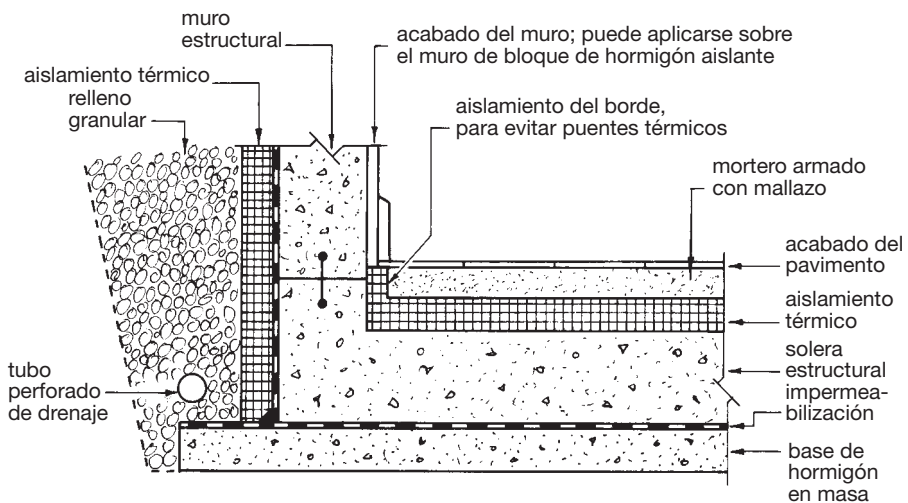


Los sótanos se benefician considerablemente de las propiedades aislantes del suelo circundante. Sin embargo, estas no bastan por sí solas para satisfacer la necesidad de limitar los coeficientes de transmitancia térmica  $U$  de muros y soleras a un máximo de 0,35 y 0,3  $W/m^2K$ , respectivamente.

La restauración de sótanos existentes puede incluir el aislamiento de los muros mediante una cámara de aire interior convenientemente aislada o de los suelos, colocando debajo del pavimento un tablero aislante. En este caso, es muy aconsejable incorporar una barrera de vapor para reducir al mínimo el riesgo de condensaciones.

En edificios de nueva planta, el aislamiento exterior suele realizarse con planchas celulares rígidas de poliestireno expandido, que tienen la ventaja de combinar una baja conductividad térmica con una absorción de agua prácticamente despreciable y una elevada resistencia a la compresión. La cara exterior de las planchas aislantes viene estriada, con lo que cumple simultáneamente las funciones de aislamiento térmico y de drenaje del agua. El material de relleno en contacto con el aislamiento suele ser de tipo granular y es conveniente instalar un tubo perforado de drenaje al pie del muro.

### Ejemplo de aplicación



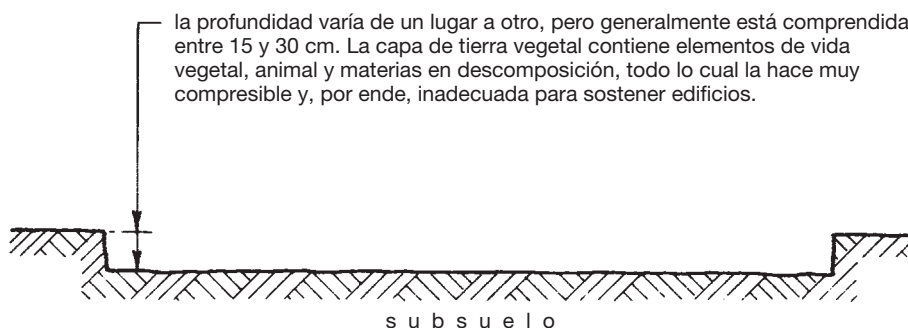
NOTA: en beneficio de la claridad del dibujo, se ha omitido el armado del hormigón; véanse detalles en las páginas anteriores.

## Excavaciones

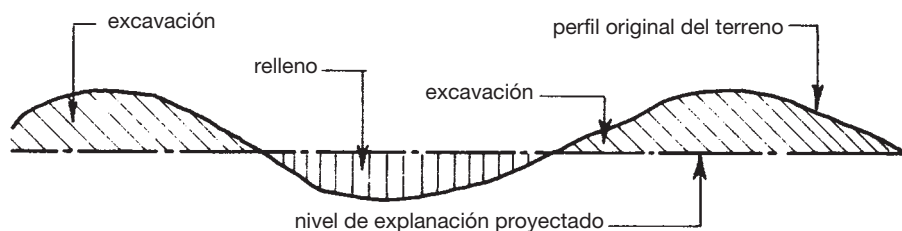
**Excavación:** vaciar (en el contexto de la edificación, extraer las tierras para formar una cavidad en el terreno).

### Tipos de excavación

**Limpieza y desbroce:** extraer la capa de tierra vegetal



**Nivelación:** se lleva a cabo una vez retirada la capa de tierra vegetal para formar una superficie llana sobre la que construir, y puede comportar operaciones de excavación y relleno. El nivel hasta el que se rebaja el terreno se conoce como nivel de explanación.

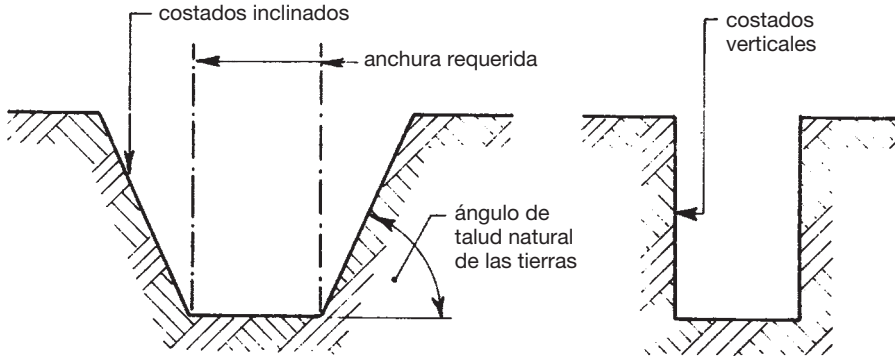


**NOTA:** la presencia de agua en las excavaciones debe eliminarse pues puede:

1. Socavar los laterales de la excavación.
2. Imposibilitar la necesaria compactación del fondo de la excavación para poder recibir los cimientos.
3. Producir fangosidad, que podría reducir la capacidad portante del subsuelo.

**Excavaciones en trinchera:** son excavaciones estrechas que se utilizan fundamentalmente para alojar zapatas lineales o canalizaciones enterradas de servicios. Pueden ejecutarse manual o mecánicamente.

#### Ejemplos tipo



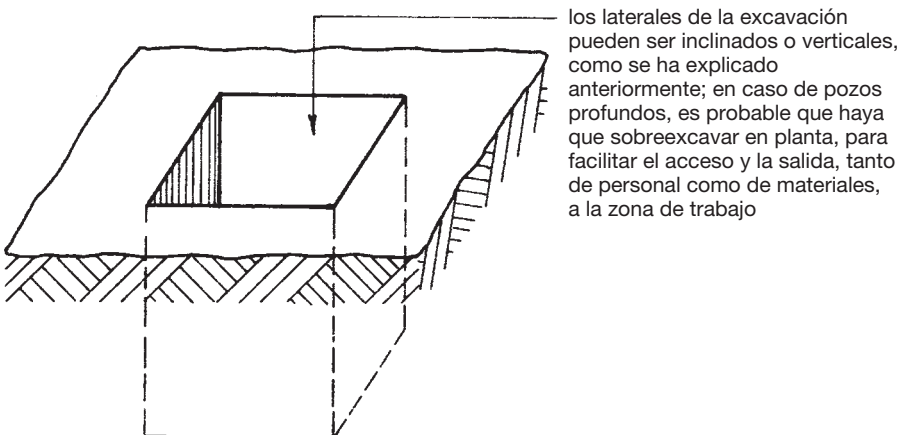
**Desventaja:** coste adicional del mayor volumen de excavación y el posterior relleno.

**Ventaja:** no se precisa entibación provisional de los costados de la excavación.

**Desventaja:** puede requerirse cierto grado de entibación provisional de los costados de la excavación.

**Ventaja:** se mueve una menor cantidad de tierra y, por lo tanto, se precisa una cantidad mínima de relleno.

**Pozos de cimentación:** son hoyos aislados usados principalmente para alojar las zapatas de cimentación de los pilares y para la construcción de arquetas y sumideros ciegos.

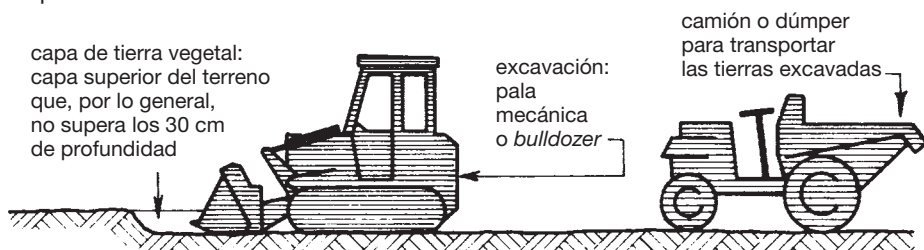


## Excavaciones de hasta 2,5 m de profundidad. Procesos

### Limpieza del solar y retirada de la capa de tierra vegetal:

En solares pequeños, estas labores pueden llevarse a cabo por medios manuales, utilizando herramientas como picos, palas y carretillas.

En todos los solares pueden emplearse medios mecánicos; el tipo de maquinaria más idóneo dependerá del volumen de tierras, de la naturaleza del terreno y del tiempo disponible.



### Nivelaciones:

En solares pequeños: con medios manuales como los que se han enunciado anteriormente.

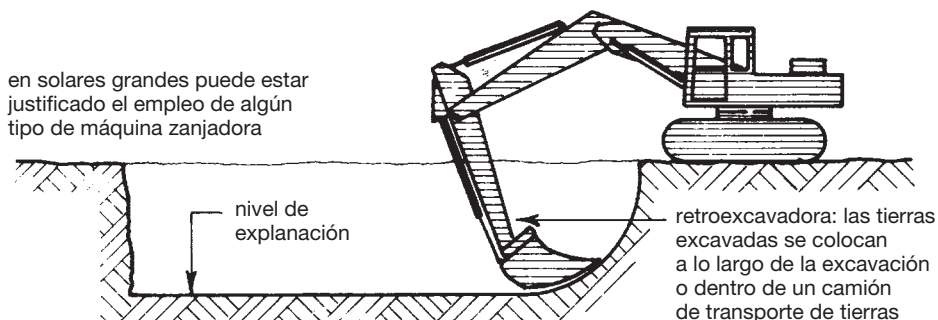
En todos los solares pueden usarse medios mecánicos, dependiendo de los factores anteriormente enunciados.



### Excavaciones de zanjas y pozos:

En solares pequeños: por medios manuales como los enunciados anteriormente, pero si la profundidad de excavación excede de 1,2 m habrá que emplear algún método para retirar las tierras de la excavación.

En todos los solares pueden utilizarse medios mecánicos, dependiendo de los factores anteriormente enunciados.



## Excavaciones de hasta 2,5 m de profundidad. Sustentaciones provisionales

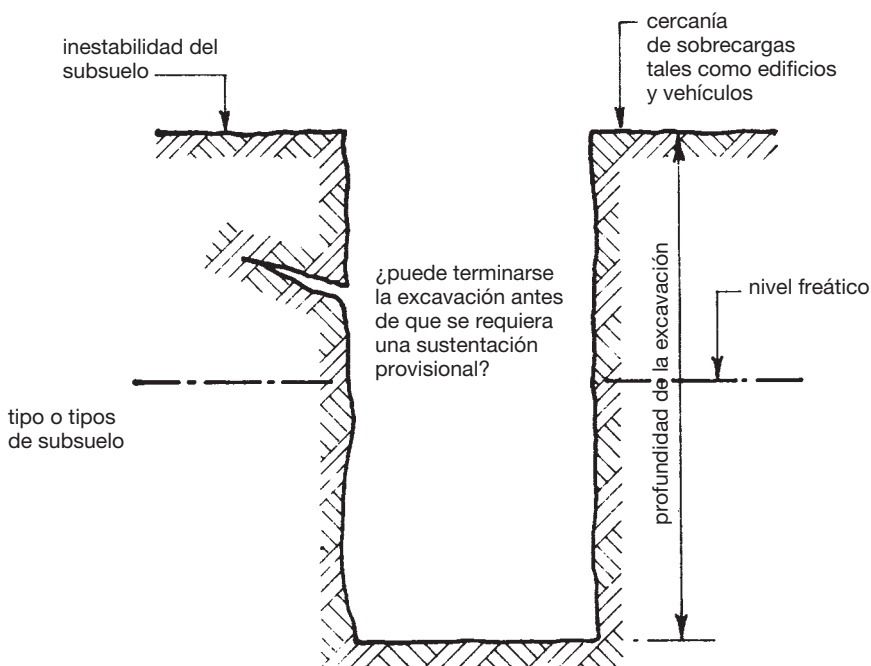
Cada subsuelo tiene una capacidad distinta de permanecer estable durante los trabajos de excavación. En su mayor parte tienden a adoptar el ángulo de talud natural, o de reposo, a menos que se proporcione una entibación provisional. La presencia de agua, además de crear unas condiciones de trabajo difíciles, puede tener un efecto adverso en el ángulo de talud natural del subsuelo.

### Ángulos de talud natural característicos:

Las excavaciones cortadas según el ángulo de talud natural de las tierras reciben el nombre de ataluzadas.



### Factores que inciden en la sustentación provisional de las excavaciones



Factores de tiempo tales como el período durante el cual la excavación va a permanecer abierta y la época del año en que se llevan a cabo los trabajos.

## Excavaciones de hasta 2,5 m de profundidad. Sustentaciones provisionales

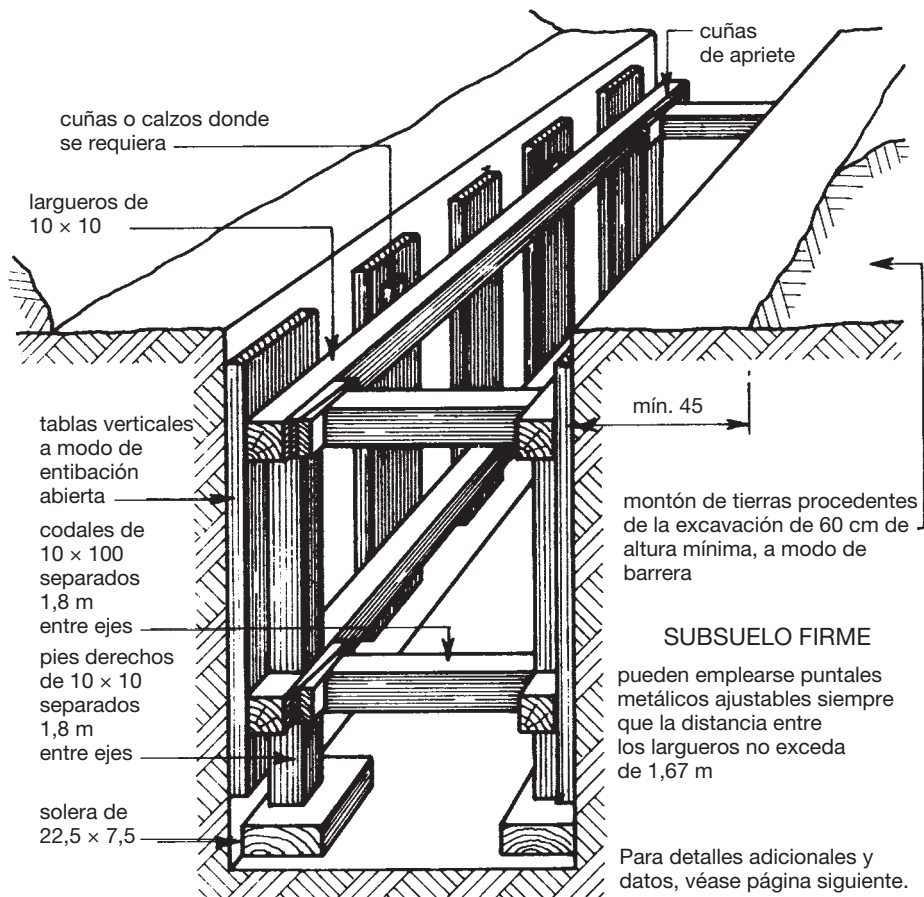
**Sustentaciones provisionales:** en el ámbito de las excavaciones, reciben el nombre de entibaciones, independientemente de sus materiales. Pueden darse dos casos: que sea necesario revestir totalmente los laterales de la excavación (entibación adosada) o que baste con apuntalamientos parciales más o menos separados (entibación discontinua).

En general, siempre que haya que excavar a más de 1,2 m de profundidad, habrá que hacer la correspondiente previsión de madera o de otro material idóneo para las entibaciones, con objeto de evitar desmoronamientos de los materiales que forman los laterales de la excavación.

Si la excavación supera los 2 m de profundidad, deberá disponerse una barrera o valla que proteja los laterales de la excavación; en caso contrario, esta deberá cubrirse de manera que no entrañe peligro para las personas.

No deben almacenarse materiales junto a los bordes de las excavaciones ni permitirse la presencia o movimientos de maquinaria en las cercanías de los mismos, pues podría poner en peligro a las personas que trabajen dentro de la excavación.

### Ejemplo tipo



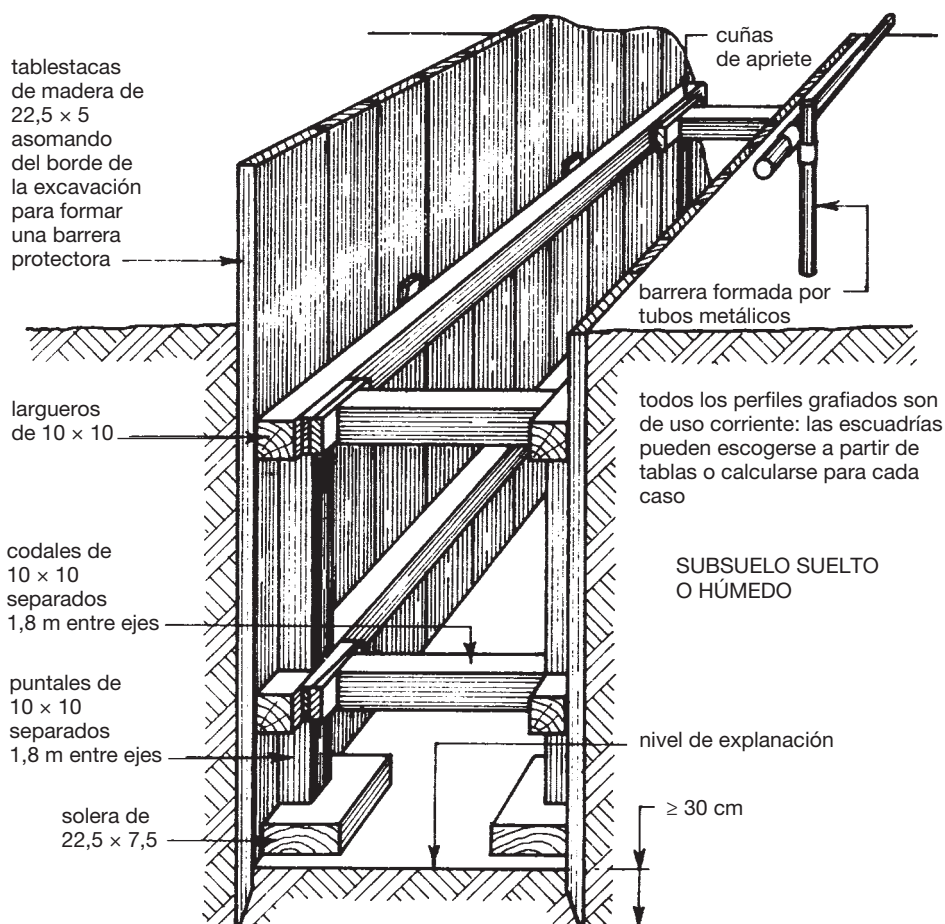
**Tablas de entibación:** constituyen una forma de sustentación provisional y se colocan contra los laterales de la excavación una vez esta ha sido realizada.

**Tablestacas:** constituyen una forma de sustentación provisional y se hincan en el terreno antes de realizar la excavación, bien sea hasta la misma profundidad de esta, bien mediante una técnica especial de hinca hasta una profundidad superior a la de la excavación.

**Tablestacados metálicos:** es una forma de tablestacado hecha a base de perfiles de plancha de acero plegada para darles mayor rigidez; existen en las modalidades de junta solapada y de junta trabada.

**Agua:** si existe o se filtra agua en la excavación, convendrá excavar un pozo colector a nivel inferior al de explanación, para que actúe como punto de recogida del agua desde el cual pueda bombearse para su evacuación.

### Ejemplo tipo

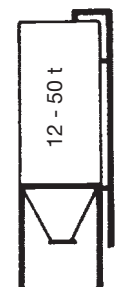




**Hormigón:** mezcla amasada de cemento, arena, grava y agua en proporciones controladas y con una calidad determinada.



SACOS



SILOS

**Cemento:** producto obtenido por pulverización de arcillas y piedra de yeso natural o caliza. En general, la mayor parte de los hormigones se fabrica con cemento pórtland común o de endurecimiento rápido. (En España la fabricación y las características de los cementos están reguladas en la "Instrucción para la recepción de cementos RC-08").

El cemento pórtland común (CEM I según la denominación española RC-08) es adecuado para la mayoría de los usos, pero tiene escasa resistencia al ataque de ácidos y sulfatos.

El cemento pórtland de endurecimiento rápido no fragua más rápido que el común, pero alcanza antes su resistencia de trabajo.

Si se precisa un hormigón con una resistencia aceptable al ataque de los sulfatos, deberá utilizarse un cemento pórtland resistente a los sulfatos.



**Áridos:** la forma, la textura superficial y la granulometría (distribución de los tamaños de los granos) son factores que influyen notablemente en la docilidad y resistencia de un hormigón.

Las arenas son las partículas que pasan a través de un tamiz de 5 mm, mientras que las gravas son las que quedan retenidas en el mismo.

En el caso de las gravas, los áridos densos son aquellos con una densidad superior a  $1.200 \text{ kg/m}^3$  y, en el caso de las arenas, superior a  $1.250 \text{ kg/m}^3$ .

Entre los áridos ligeros se incluyen las escorias granuladas; las escorias esponjosas o expandidas de horno alto; y ciertos materiales exfoliados y expandidos, tales como la vermiculita, la perlita, arcillas y cenizas sinterizadas de combustible pulverizado.



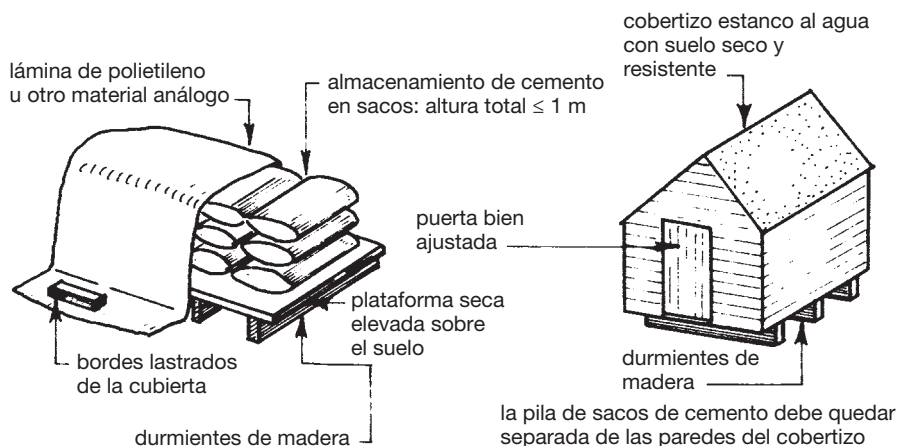
agua potable

**Agua:** debe estar limpia y exenta de impurezas que puedan afectar a la calidad o resistencia del hormigón resultante.

No deben usarse aguas estancadas, de río, de canal o del mar, y solo deberá emplearse agua potable.

**Cemento:** cualquiera que sea la clase de cemento que se utilice, para mantenerlo en buenas condiciones deberá almacenarse correctamente en la obra. El cemento debe conservarse en un lugar ventilado y protegido de la intemperie y de la humedad, pues esta podría causar su fraguado prematuro. Conviene establecer un sistema rotativo que asegure que la primera tanda de cemento recibida en obra sea también la que primero se utilice. En todo caso, el tiempo de almacenamiento nunca deberá superar los tres meses.

### Métodos tipo de almacenamiento



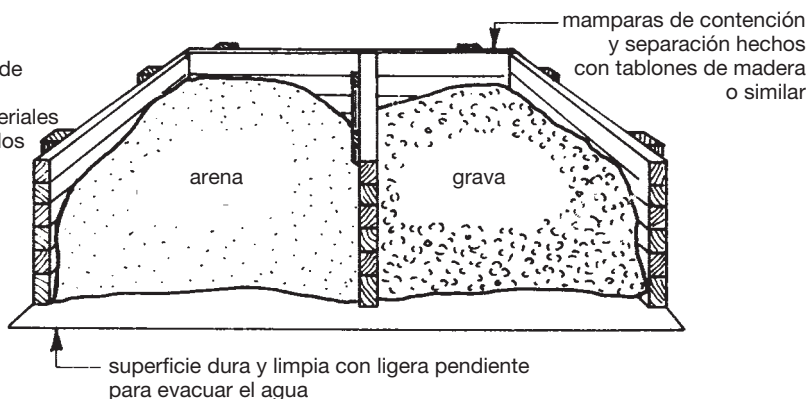
### OBRAS PEQUEÑAS

### OBRAS MEDIANAS

**OBRAS GRANDES:** el cemento en sacos se almacena en un cobertizo estanco al agua como el indicado arriba; el cemento a granel se almacena en silos.

**Áridos:** es esencial almacenarlos manteniendo separados los distintos tipos y/o tamaños de áridos, sobre una superficie limpia y dura que no retenga el agua, y conservarlos libres de hojas y suciedad.

conviene mantener un control constante sobre el contenido de humedad de los materiales almacenados

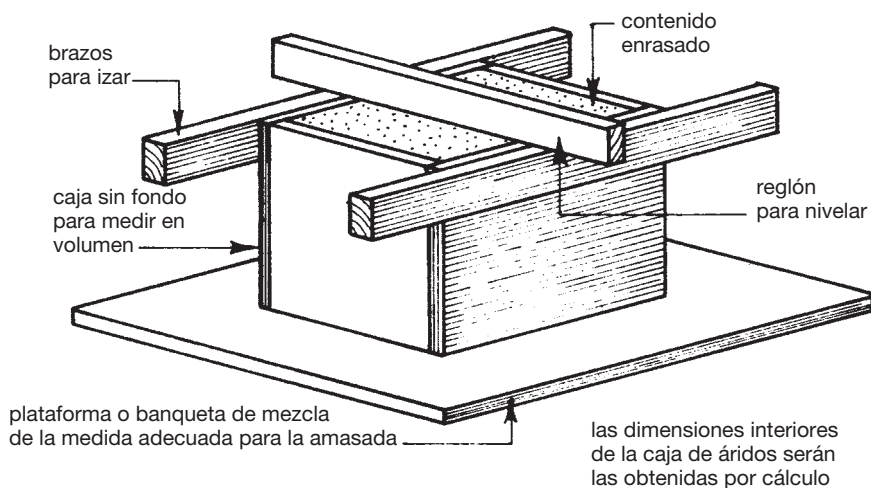


**Amasada de hormigón:** una amasada es una mezcla de hormigón y puede llevarse a cabo dosificando las cantidades de materiales requeridos en volumen o en peso. El objetivo principal de ambos métodos es garantizar que todas las amasadas consecutivas sean de la misma calidad.

**Dosificación en volumen:** las mezclas de hormigón se designan con frecuencia mediante una relación tal como 1:2:4 (cemento:arena:grava). Un saco de cemento de 50 kg tiene un volumen de 0,033 m<sup>3</sup>; por tanto, para la mezcla anterior se requerirán  $2 \times 0,033 (= 0,066 \text{ m}^3)$  de arena y  $4 \times 0,033 (= 0,132 \text{ m}^3)$  de grava. Para asegurar que para cada amasada se usen las cantidades correctas, deberá emplearse una caja para medir volúmenes, llamada comúnmente caja de áridos, cuyo tamaño vendrá condicionado por la facilidad de manejo. La medida ideal para la amasada de hormigón podría ser aquella en la que se empleara un saco de cemento por cada amasada. Suponiendo que la mencionada caja tuviera 0,3 m de fondo por 0,3 m de ancho, con un volumen igual a la mitad de la arena requerida, el tamaño de la caja de áridos sería:

$$\text{volumen} = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{fondo} = \text{longitud} \times 0,3 \times 0,3$$

$$\text{de donde, longitud} = \frac{\text{volumen}}{\text{anchura} \times \text{fondo}} = \frac{0,033}{0,3 \times 0,3} = 0,366 \text{ m}$$



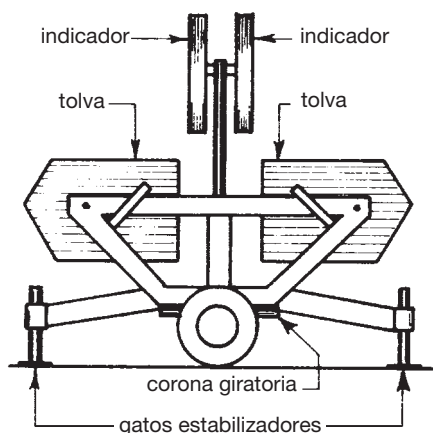
Para la mezcla anterior, rellénese la caja de áridos una vez con cemento, dos veces con arena y cuatro con grava.

Debe tenerse en cuenta el entumecimiento de la arena húmeda, que puede llegar a ser del 33,33 %. A menos que se use arena seca, como norma de uso práctico general, prevéase un entumecimiento del 25 %.

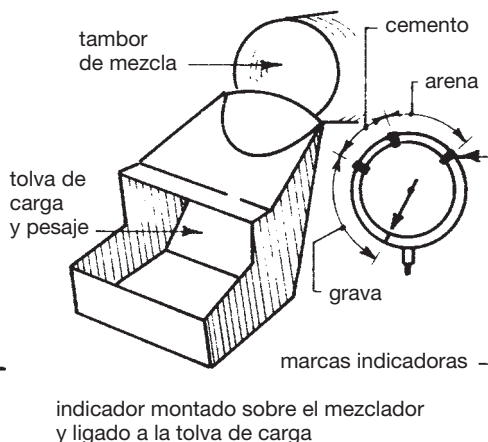
Los materiales deben mezclarse bien en seco, antes de añadir el agua.

**Dosificación en peso:** este método de dosificación de materiales es más preciso que el de dosificación en volumen, ya que reduce considerablemente el peligro de que haya variaciones de una amasada a otra. El peso de la arena queda muy poco alterado por su humedad, lo que conduce, a su vez, a una mayor precisión en la dosificación de los materiales. La carga de los materiales en la tolva pesadora debe atenerse a un orden específico:

1. Grava: tiende a expulsar hacia afuera otros materiales y deja la tolva limpia.
2. Cemento: queda emparedado entre los otros materiales; conviene hacerlo así, ya que de echarlo en último lugar podrían volar partículas de cemento.
3. Arena: se vierte en último lugar para estabilizar las ligeras y volátiles partículas del polvo de cemento.



PESADORA INDEPENDIENTE



TOLVA PESADORA INTEGRADA

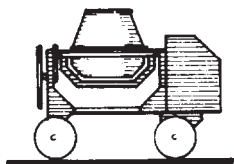
**Densidades características:** cemento:  $1.440 \text{ kg/m}^3$ ; arena:  $1.600 \text{ kg/m}^3$ ; grava:  $1.440 \text{ kg/m}^3$ .

**Relación agua/cemento:** el agua en el hormigón tiene dos funciones:

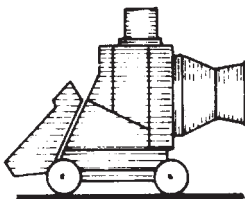
1. Desencadenar la reacción química que conduce al fraguado de la mezcla en una masa sólida.
2. Conferir docilidad a la mezcla para que pueda ser puesta en obra y apisonada o vibrada hasta ocupar todos los intersticios del molde.

Para que el hormigón fragüe se requiere realmente muy poca cantidad de agua (aproximadamente una relación agua/cemento de 0,2); el exceso se evapora dejando unos diminutos huecos; por tanto, cuanto más agua se añada a la mezcla con objeto de mejorar su manejabilidad, más débil será el hormigón resultante. Por lo general, unas relaciones agua/cemento de 0,4 o 0,5 son las más idóneas para la mayoría de los trabajos.

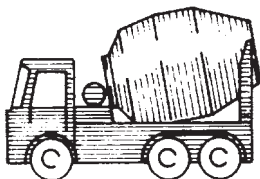
**Suministro de hormigón:** generalmente está supeditado a la previsión de cantidad o a la rapidez de puesta en obra. Para evitar su desecación prematura, el hormigón fresco debe ser vertido en obra dentro de un período de unos 30 min a contar desde el momento en que se amasó la mezcla. En ningún caso se añadirá agua después de la amasada inicial.



**Hormigoneras pequeñas:** para amasadas intermitentes o de escaso volumen puede usarse una hormigonera portátil pequeña, con capacidad de hasta 100 l; se trata de unas máquinas versátiles y robustas que también pueden usarse para mezclar morteros.



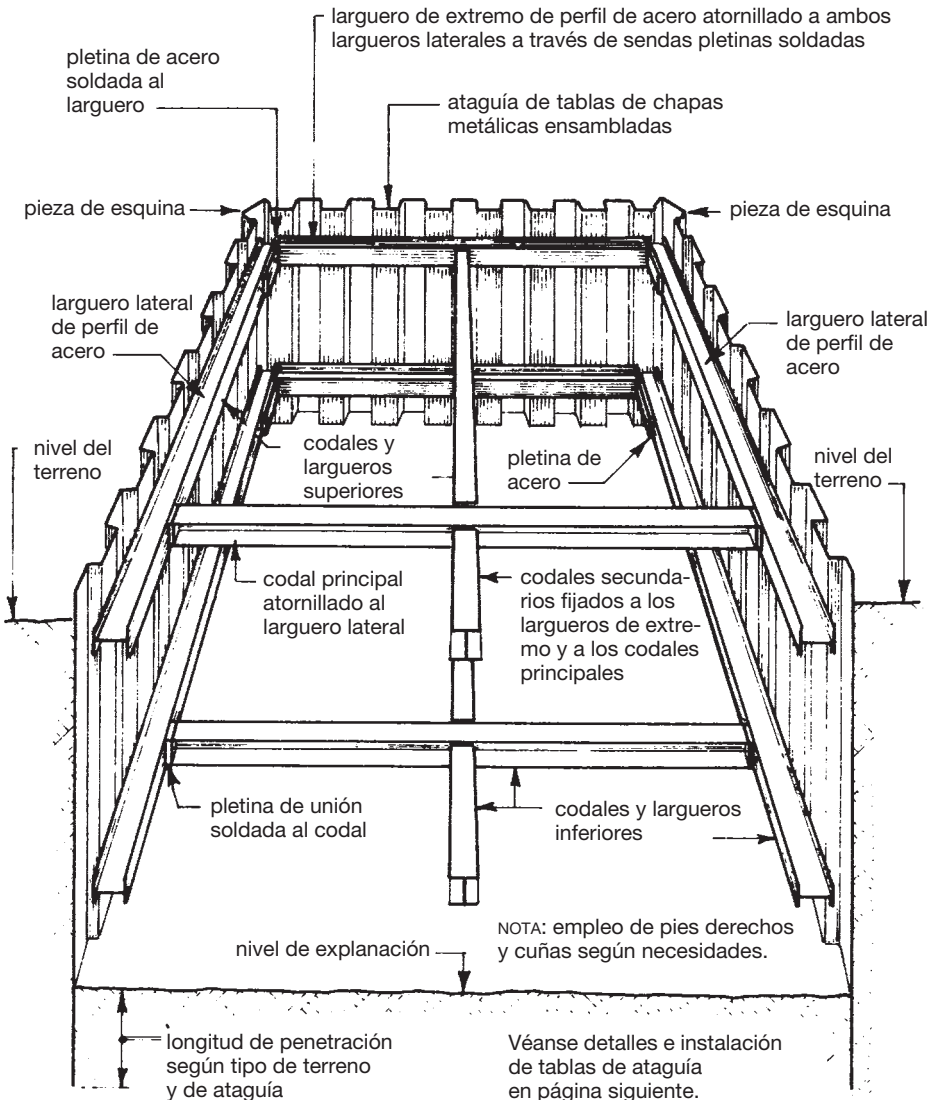
**Hormigoneras medias y grandes:** sus capacidades oscilan entre los 100 l y los 10 m<sup>3</sup>, y funcionan con motores diesel o eléctricos. Muchos modelos disponen de tambor volcable o invertible, tolva de carga y dosificación integral, y un suministro controlado de agua.



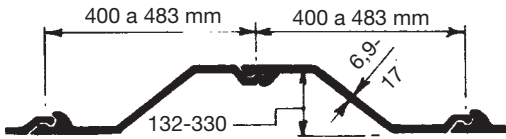
**Hormigón mezclado en fábrica para su transporte a la obra:** se emplea principalmente para grandes amasadas de hasta 6 m<sup>3</sup>. Este método de suministro del hormigón tiene las ventajas de eliminar la necesidad de espacio en obra para almacenar los materiales, la maquinaria para amasar y la necesidad de emplear personal de obra específicamente adiestrado para producir continuamente mezclas de hormigón fiable y consistente. Además, las centrales que fabrican este tipo de hormigón disponen de mejores instalaciones para producir y suministrar hormigones en invierno o en condiciones atmosféricas difíciles. En muchos casos, puede verse el hormigón directamente desde el camión cisterna mediante una canaleja de descarga, o indirectamente mediante una bomba de impulsión de hormigón. El terreno debe estar preparado para aceptar las 20 t de peso del camión cisterna, teniendo en cuenta que su diámetro de giro es de unos 15 m. Cabe recordar que al efectuar un pedido de hormigón, el suministrador solicitará detalles sobre el tipo de hormigón requerido y el programa de tiempos de entrega.

**Ataguías:** diques provisionales instalados en el terreno o en agua para evitar la entrada de tierras o agua al interior de la zona de trabajo. Por lo general se construyen con tablas de chapa de acero con una sección de elevado momento de inercia, ensambladas entre sí e hincadas verticalmente en el terreno; en ocasiones, también es necesario anclar la cara posterior de la ataguía al terreno. Como alternativa, las ataguías pueden construirse con cualquier otro material apto para cumplir su función (madera, hormigón).

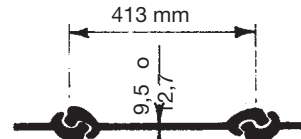
#### Detalle de una ataguía tipo



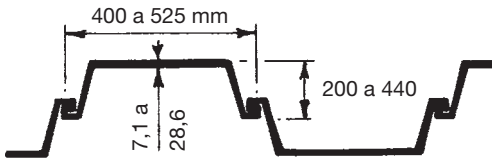
**Tablas ligeras de chapa de acero:** además de su uso para formar ataguías, estas tablas pueden emplearse como material de entibación convencional en excavaciones y también para formar muros de contención permanentes. Existen tres formatos corrientes de tablas de chapa con juntas entrelazadas y una amplia variedad de tamaños, grosores y resistencias, siendo la longitud de 18 m la máxima usual en las entregas de fábrica.



TABLAS METÁLICAS LIGERAS TIPO FRODINGHAM  
(uso general)



TABLAS LIGERAS PLANAS  
LACKAWANNA P (ataguías  
de planta circular)

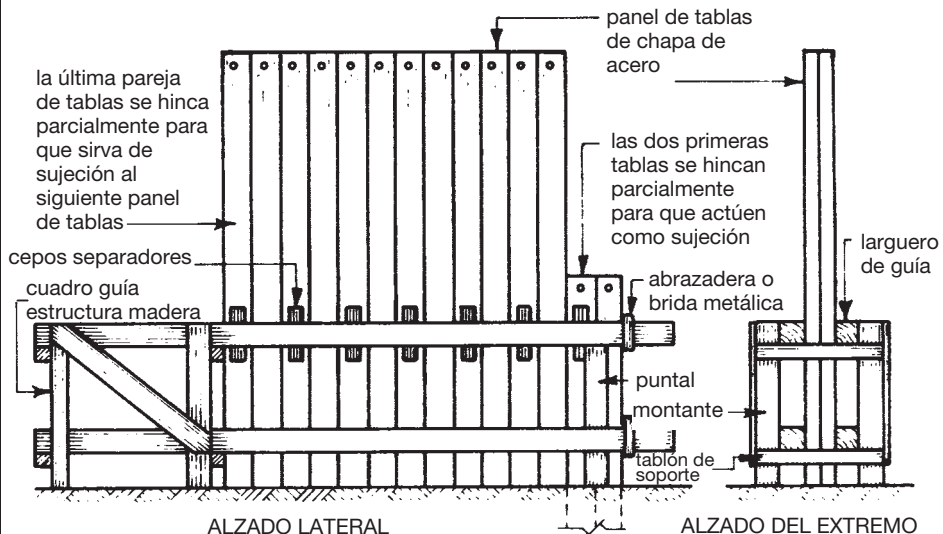


TABLAS LIGERAS LARSEEN (uso general)

todas las tablas vienen  
suministradas con  
perforaciones para izar o  
eslingar en su extremo superior

**Colocación de las tablas ligeras de chapa de acero:** para conseguir que las tablas se hincen verticalmente en el terreno se emplean cuadros o bastidores de guía. Por lo general se trata de estructuras construidas a propósito que normalmente son capaces de acomodar un panel de 10 o 12 pares de tablas. Las tablas son izadas por una grúa y se hincan por percusión mediante un martillo neumático o mediante un mecanismo hidráulico que empuja las cabezas de las tablas hacia el interior del terreno.

#### Detalles tipo de ejecución de una ataguía

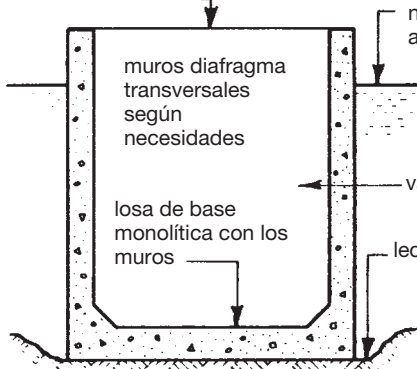


**Cajones de cimentación:** estas estructuras en forma de caja son similares a las ataguías, pero generalmente pasan a formar parte de la estructura final. Pueden construirse e instalarse sin excesivos costes en agua o terrenos de mala calidad donde la profundidad exceda de 18 m. Existen cuatro tipos básicos:

1. Cajones cerrados
  2. Cajones sin fondo
  3. Cajones monolíticos
- } se usan en agua y, generalmente, son de hormigón prefabricado; se construyen en la orilla y después son puestos en flotación y varados; los cajones para obras de tierra son del tipo abierto y se construyen in situ.
4. Cajones neumáticos: usados en el medio acuático (véase página siguiente).

#### Detalles de cajones tipo

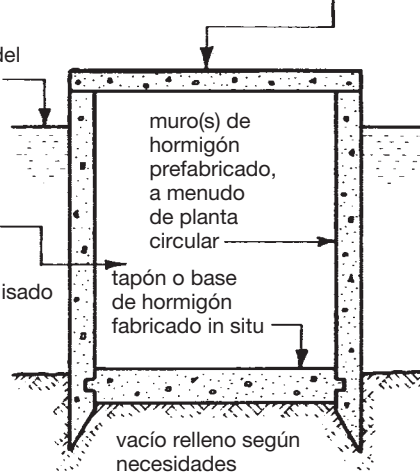
cajón de hormigón prefabricado sumergido por inundación o lastrándolo



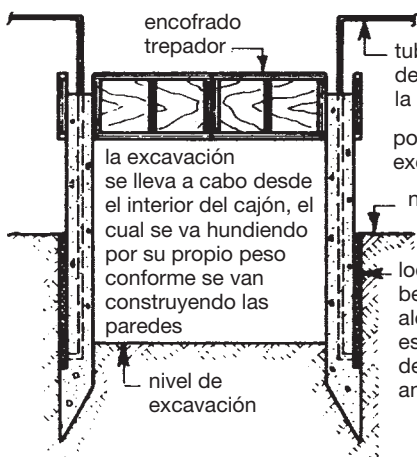
vacío relleno con hormigón fabricado in situ una vez sumergido el cajón

CAJÓN CERRADO

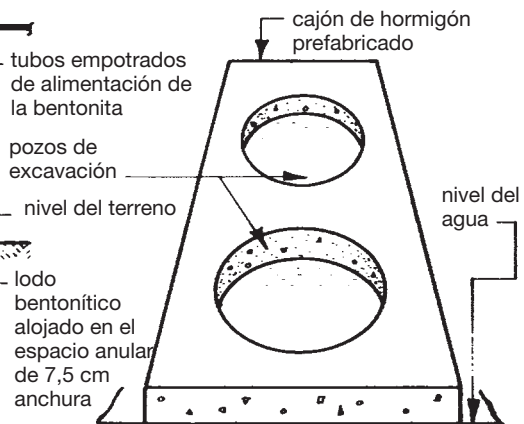
tapa de losa de hormigón moldeado in situ o prefabricado



CAJÓN SIN FONDO



CAJÓN AMOLDADO AL TERRENO

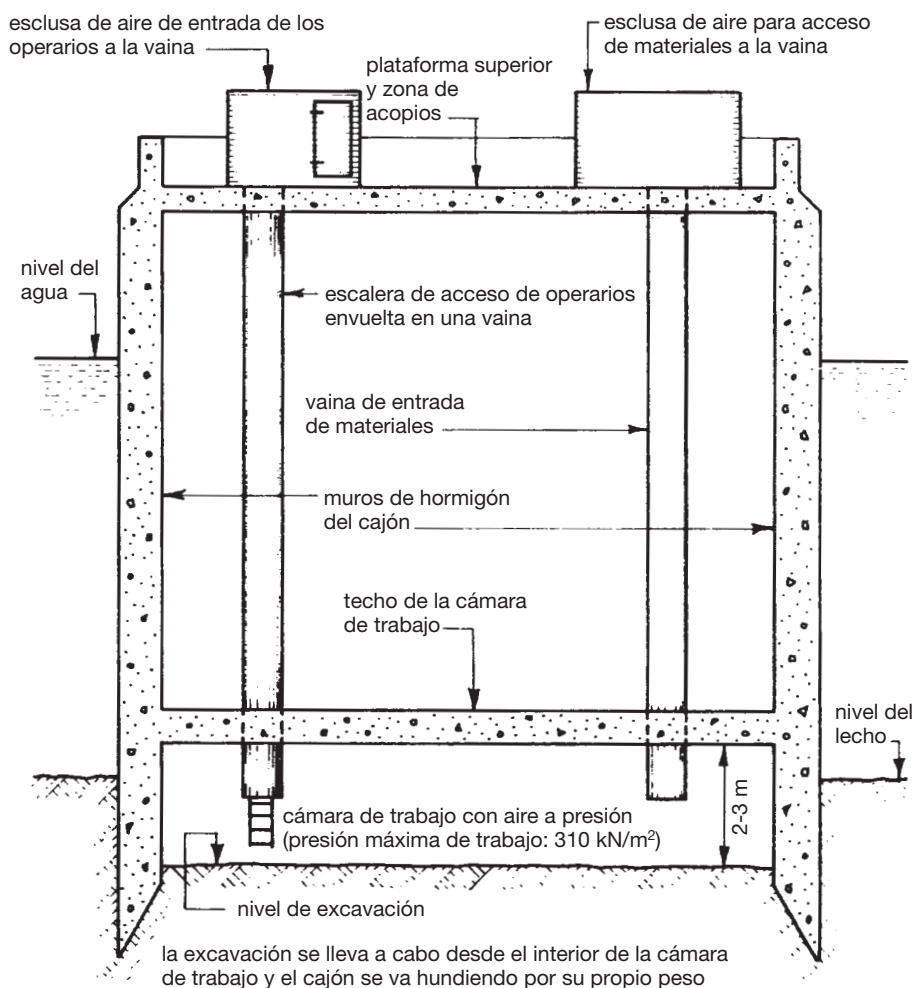


CAJÓN MONOLÍTICO



**Cajones neumáticos:** reciben los nombres de cajones neumáticos o de aire comprimido y son similares a los cajones sin fondo. Suelen emplearse en subsuelos difíciles por debajo del nivel freático. Tienen una cámara de trabajo inferior con aire a presión que permite disponer de una zona de trabajo seca y segura. Los cajones neumáticos acostumbran a ser de hormigón en aquellos lugares donde puedan hundirse por su propio peso, o de acero con paredes huecas que se rellenan de agua que actúa como lastre. Generalmente, esos cajones se diseñan como parte de la estructura permanente final.

### Detalle de un cajón neumático tipo



Una vez alcanzada la profundidad deseada, se construye una losa de hormigón sobre el nivel de explanación y se sella la cámara con hormigón en masa.

**Recalce:** el objetivo principal de la mayor parte de los recalces es transferir la carga soportada por un cimiento desde su nivel de apoyo hasta otro nuevo situado a mayor profundidad. También pueden utilizarse técnicas de recalce para sustituir un cimiento débil existente. Un recalce es necesario por una o más de las siguientes razones:

1. **Asentamientos desiguales:** pueden deberse a cargas no uniformes del edificio, a comportamientos desiguales del terreno ante la acción de las raíces de los árboles, o a compactación de suelos cohesivos.
2. **Aumento de las cargas:** puede estar provocado por la adición de una planta o por un aumento de las sobrecargas (p. ej., cuando se produce un cambio de uso).
3. **Vaciado de tierras adyacentes al edificio:** generalmente hay que practicar recalces al construir un sótano junto a una cimentación existente.

**Precauciones generales:** antes de iniciar cualquier operación de recalce es necesario tomar las siguientes precauciones:

1. Notificar a los propietarios vecinos los trabajos que se van a realizar, dando detalles completos de los mismos y sobre los apuntalamientos y refuerzos provisionales previstos.
2. Llevar a cabo un estudio detallado del solar, del edificio que hay que recalzar y de cualquier otro edificio adyacente o cercano. Deberá hacerse también un registro minucioso de cualquier defecto que se encuentre; a ser posible, deberá ser acordado con el (los) propietario(s) vecino(s) para enmendarlo.
3. Deberán fijarse indicadores o “testigos” sobre las grietas existentes con el fin de poder anotar y seguir la progresión de posibles movimientos posteriores.
4. Si la razón del recalce es algún asentamiento, antes de iniciar cualquier operación de recalce habrá que realizar un estudio exhaustivo para establecer la causa y otro detallado con las soluciones propuestas.
5. Antes de iniciar cualquier recalce, deberán contrarrestarse o reducirse al máximo las cargas que gravitan sobre el edificio que hay que recalzar, retirando las cargas que actúan sobre los forjados e instalando los apuntalamientos y/o apeos necesarios.
6. Las redes de servicios que puedan ser afectadas por el recalce deberán localizarse, señalarse, dejarse a la vista con cuidado y protegerse o reforzarse convenientemente.

**Recalces de muros:** para evitar fracturas, daños o asentamientos de los muros que deben recalzarse, la obra deberá llevarse a cabo siempre por tramos cortos (bataches) cuya longitud dependerá de los siguientes factores:

1. Longitud total del muro a recalzar.
2. Carga del muro.
3. Estado general y estabilidad del muro y cimiento que hay que recalzar.
4. Naturaleza del subsuelo situado por debajo del cimiento existente.
5. Capacidad del cimiento existente para soportar la flexión mientras está descalzado.

### Longitudes normalmente aceptables para los bataches:

1-1,5 m para zapatas lineales de hormigón en masa que soporten muros de construcción tradicional.

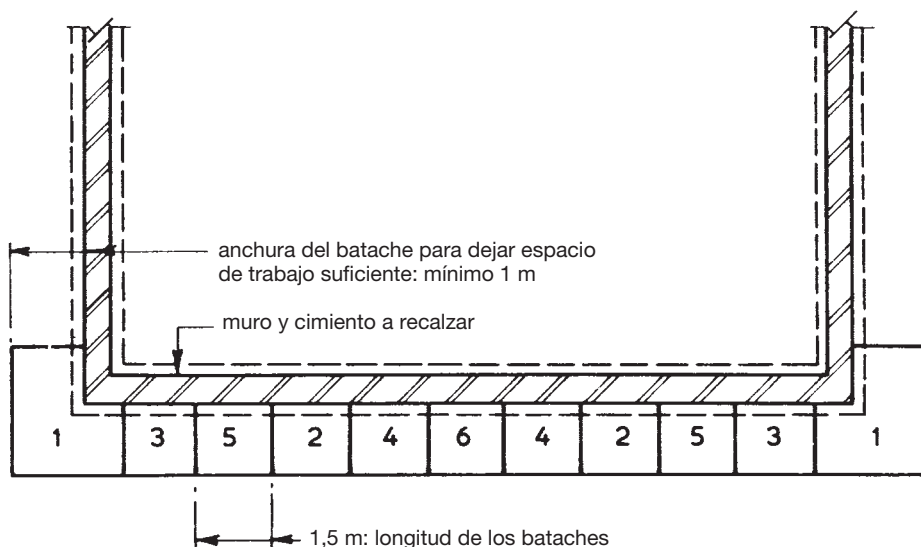
1,5-3 m para zapatas lineales de hormigón armado que soporten muros de carga moderada.

En todos los casos, la suma total de los tramos de muro que estén provisionalmente en viño debería ser  $\leq 25\%$  de la longitud total del muro.

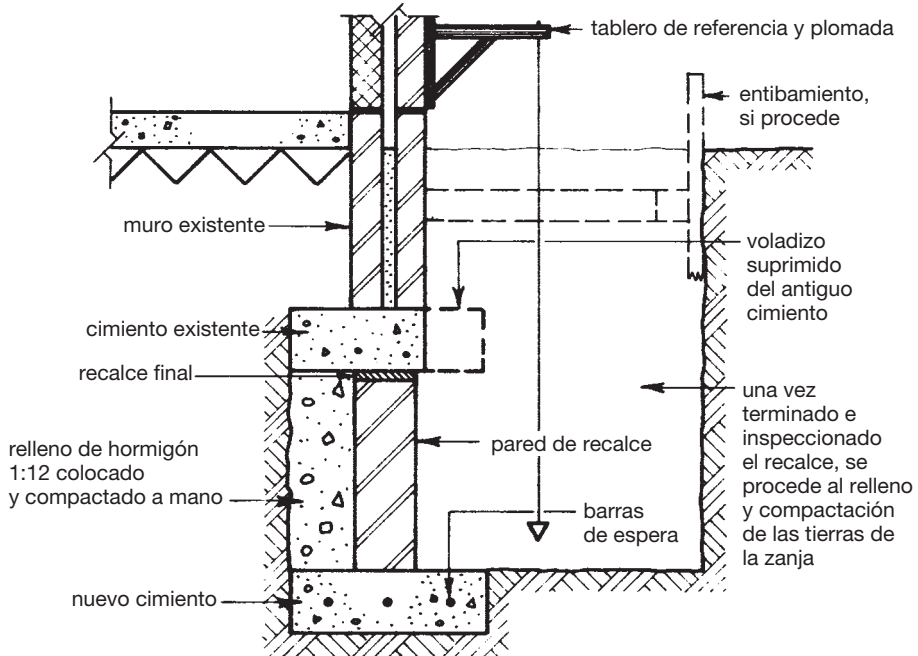
La secuencia de los bataches deberá organizarse de modo que nunca se trabaje en dos bataches contiguos hasta que el recalce de uno de ellos esté totalmente terminado, sujeto y suficientemente curado para que pueda soportar el tramo de muro que descansa sobre él.

### Esquema de programación tipo de un recalce:

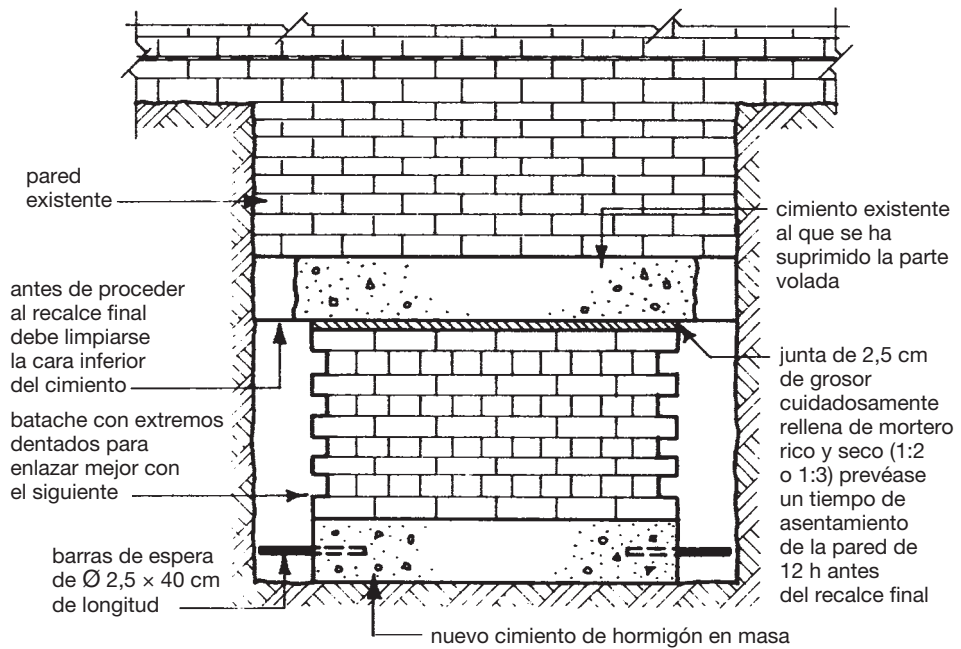
El esquema muestra el orden de ejecución de los bataches; una vez terminados todos, formarán una trinchera continua; antes de proceder al relleno de tierras deberá realizarse una inspección final completa.



## Detalles tipo de un recalce tradicional



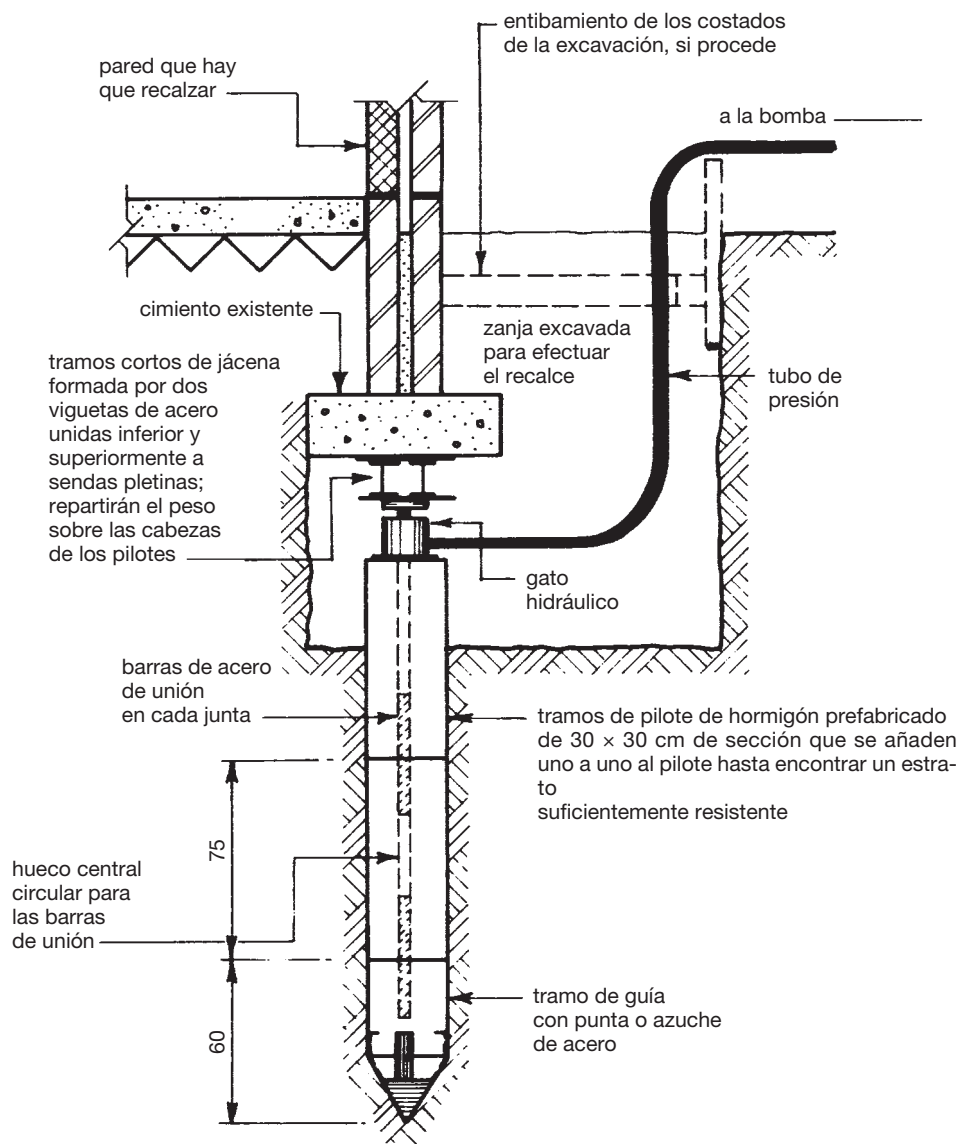
## BATACHE DE RECALCE: SECCIÓN TIPO



## BATACHE DE RECALCE: ALZADO TIPO

**Recalces con pilotes fragmentarios Mega:** este método puede emplearse siempre que el firme sea demasiado profundo como para que resulte económico un recalce tradicional. Se trata de un procedimiento silencioso, exento de vibraciones y de gran flexibilidad, dado que la profundidad del pilote puede ajustarse a las condiciones del subsuelo. El cemento existente debe estar en buen estado y deberá apoyarse sobre las cabezas de encepado de los pilotes una vez retirados los gatos hidráulicos.

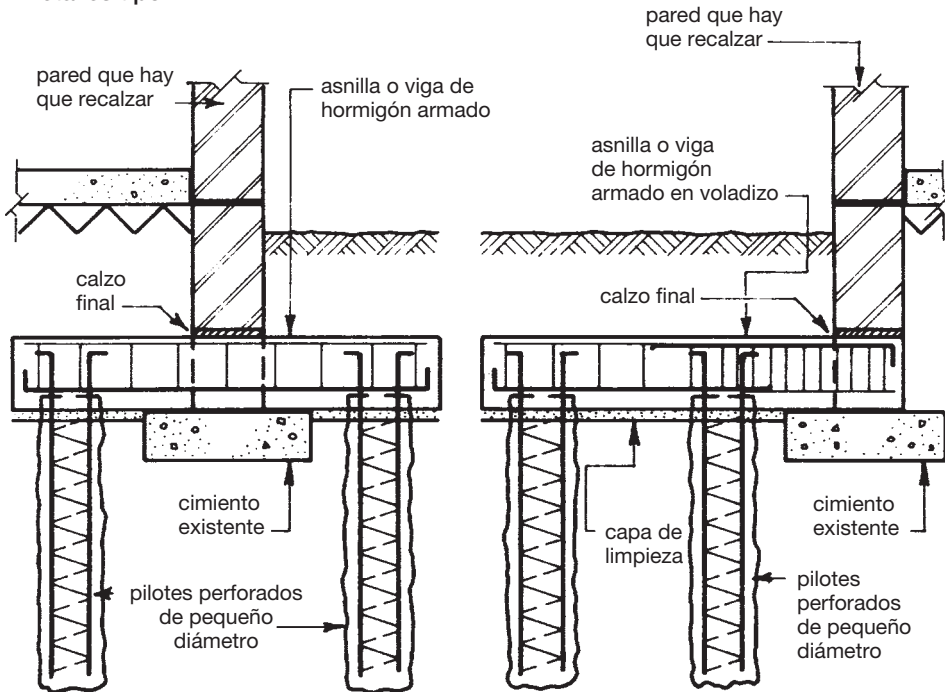
## Detalles tipo



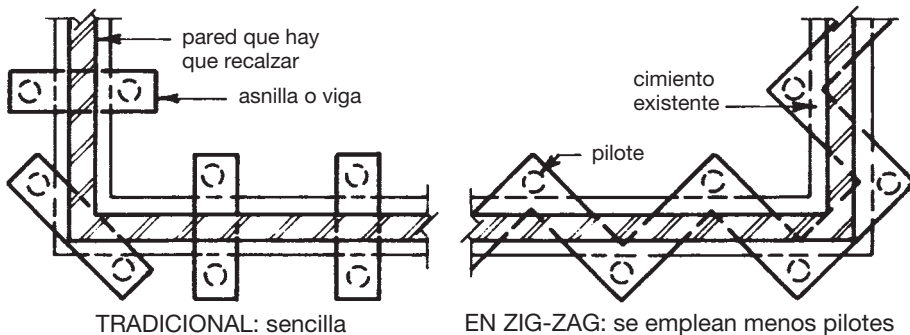
**Recalces de pilotes y asnillas:** sistema de recalce que suele emplearse cuando las condiciones de la cimentación existente hacen impracticable un recalce tradicional o por pilotes fragmentarios. La fábrica de ladrillo que apoya sobre el cimiento existente debe estar en buenas condiciones de conservación, puesto que este método se basa en aprovechar el “efecto de arco” del aparejo del ladrillo para transmitir el peso de la pared a las asnillas y finalmente a los pilotes.

Por lo general, en este método se emplean pilotes perforados de pequeño diámetro (véase pág. 204).

#### Detalles tipo



#### Disposiciones alternativas



**Método de recalce Pynford o de las banquetas:** este método permite hacer un recalce continuo de la pared sin necesidad de recurrir a las asnillas o al apeo, y es aplicable a aquellos edificios cuyos cimientos estén en malas condiciones.

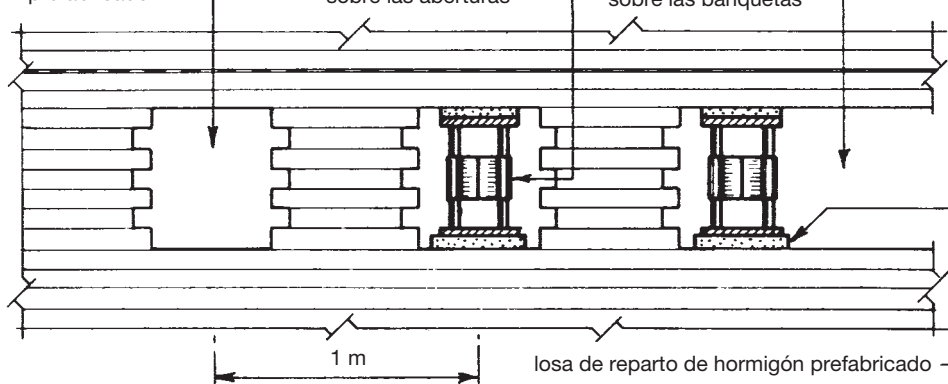
La viga de hormigón armado formada con este sistema permite repartir la carga del muro existente y también puede utilizarse juntamente con otras formas de recalce, como la tradicional y la de pilotes fragmentarios.

## Detalles tipo

Fase 1: se practican unas aberturas en el muro para recibir las banquetas de acero o de hormigón prefabricado

Fase 2: se insertan las banquetas y se ajustan al intradós de ladrillo situado sobre las aberturas

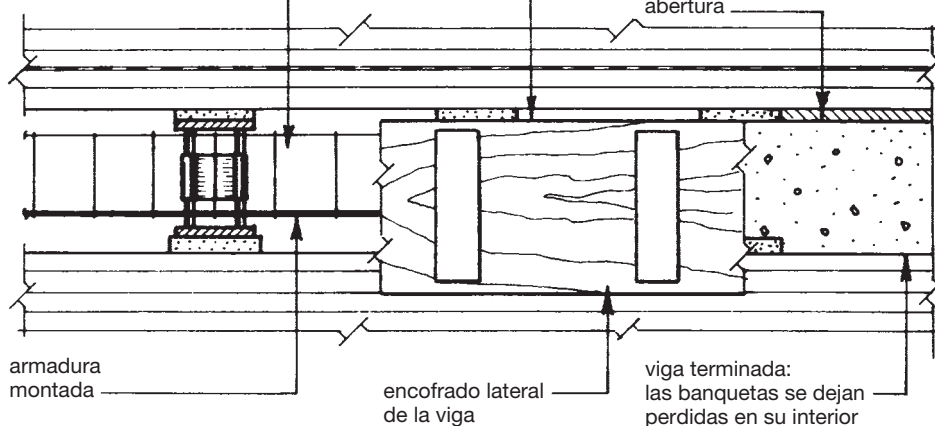
Fase 3: se suprime la pulsera de ladrillo que queda entre dos banquetas dejando la pared de ese tramo apoyada solo sobre las banquetas



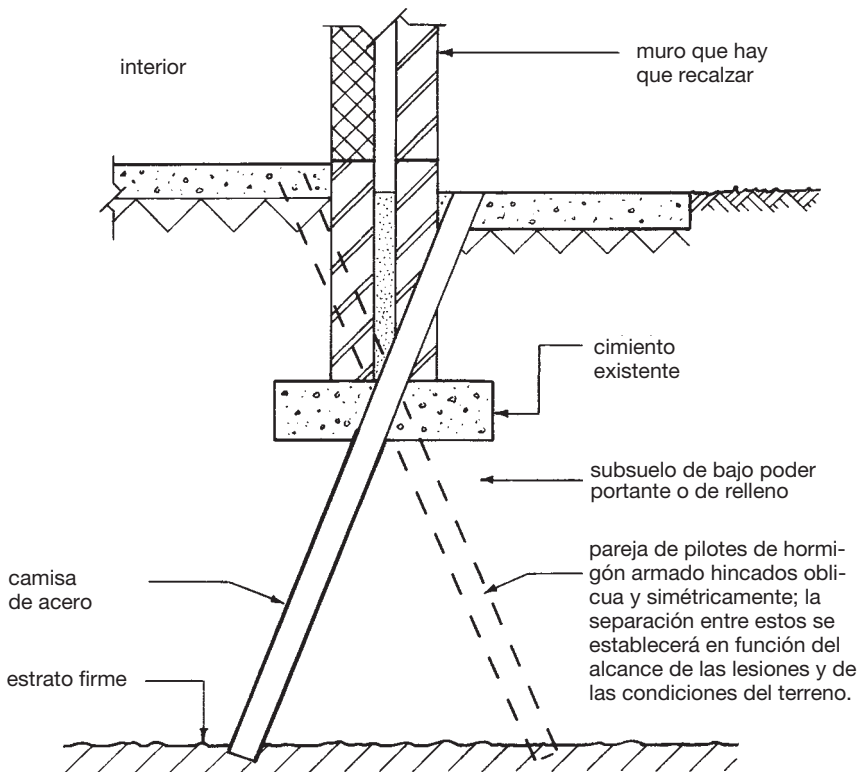
Fase 4: se montan y colocan las armaduras en torno a las banquetas

Fase 5: se monta el encofrado y se hormigona la viga

Fase 6: se retira el encofrado y se deja curar el hormigón antes de calzar la viga contra el intradós de la abertura



**Sistema patentado Bullivant de recalzo con micropilotes oblicuos:** es una alternativa a las técnicas tradicionales de recalce, pero de ejecución mucho más sencilla. El sistema se basa en la aplicación de equipo moderno de perforación del hormigón, con vistas a obtener el ahorro de costes por medio del ahorro de tiempo. Por otra parte, el proceso es notablemente más limpio y menos destructivo, al evitarse los importantes volúmenes de excavación inherentes a los procedimientos tradicionales. Se trata de encontrar una capa de terreno firme, en la que se apoyarán los pilotes, hincados oblicua y simétricamente por parejas a través del cimiento. Previamente, se perforarán la solera, el muro y el cimiento existentes mediante una perforadora por aire a presión, lo que permitirá hincar una camisa de acero a través del subsuelo de baja calidad portante, hasta que impacte con el estrato firme. Antes de hormigonar, se cortará la camisa de acero al nivel de la cara inferior del cimiento y se introducirá en su interior la armadura del pilote.

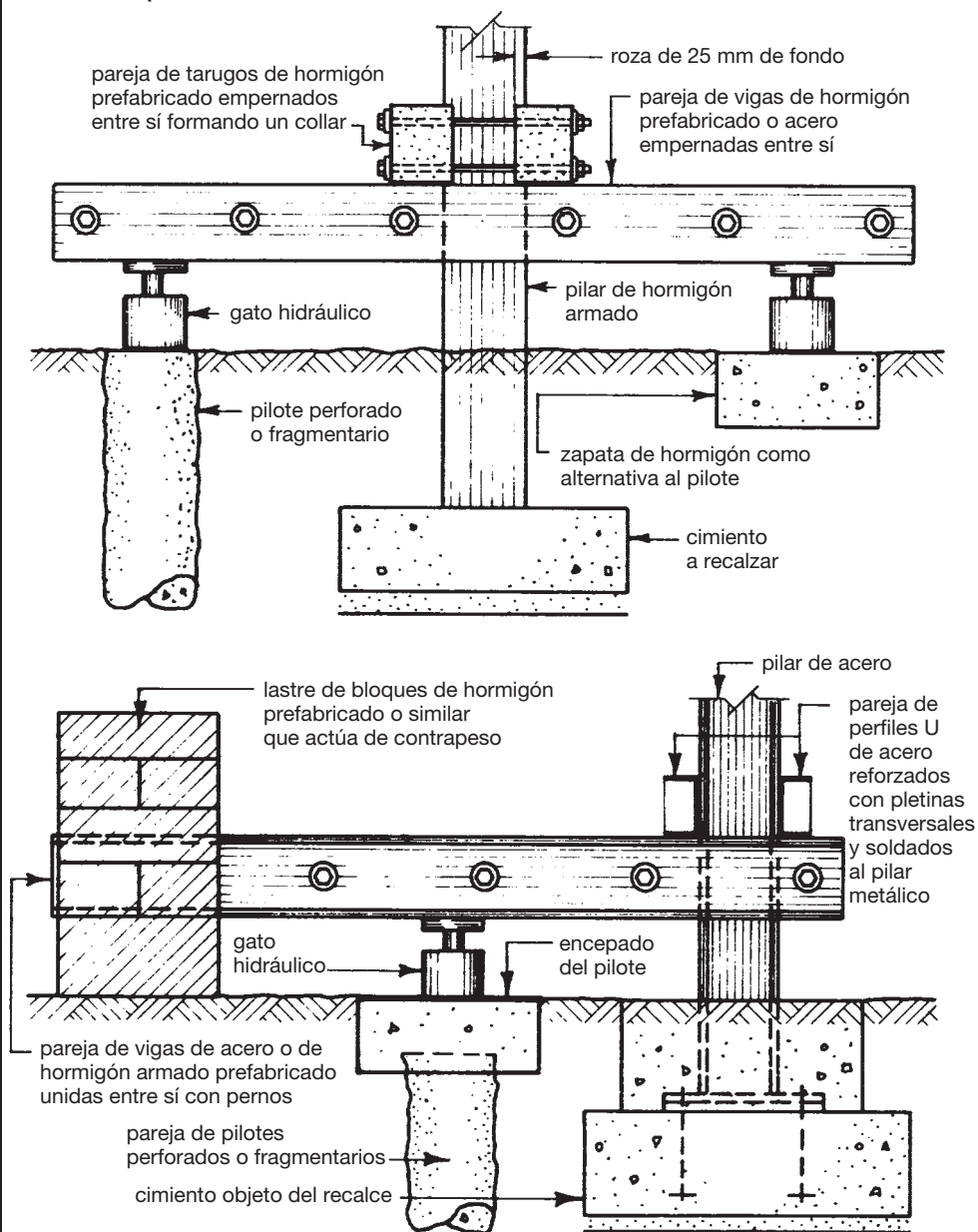


En muchas ocasiones resulta imposible aplicar los pilotes oblicuos a ambos lados del muro. En tales casos, y siempre que las condiciones del subsuelo lo permitan, basta con aplicar el tratamiento corrector a un solo lado del muro. Los pilotes deberán estar relativamente cercanos entre sí.

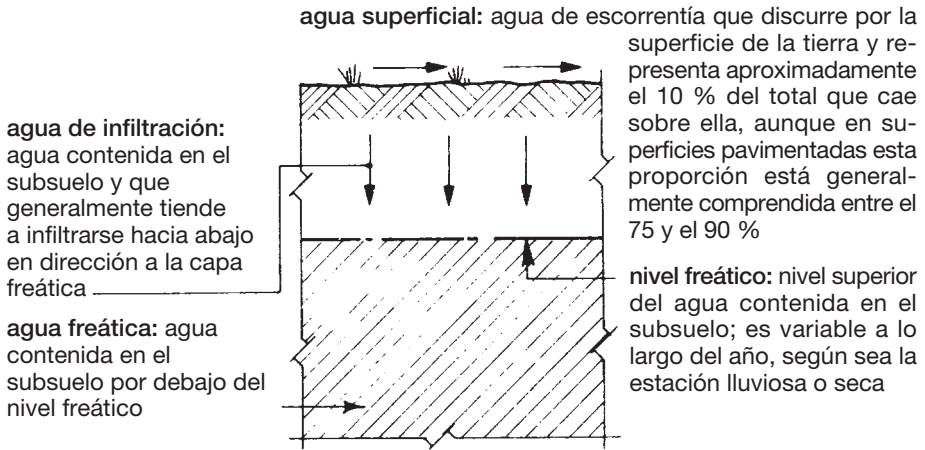


**Recalces de pilares:** al igual que los muros, los pilares también pueden recalzarse utilizando el método tradicional o el de pilotes fragmentarios, una vez aliviados de sus cargas. Generalmente las cargas de la viga pueden transferirse de los pilares por medio de puntales, y el peso del pilar puede transferirse por medio de una pareja de vigas que trabaje contra un collar ligado a la base del fuste del pilar.

## Detalles tipo



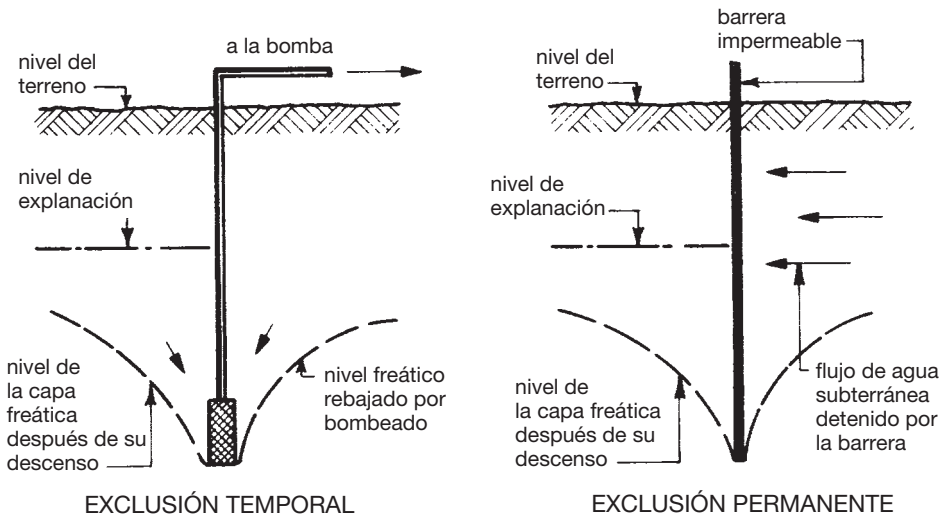
**Clasificación del agua:** el agua puede clasificarse por su posición relativa respecto al terreno, o en su interior, de la siguiente manera:



**Problemas que conlleva el agua del subsuelo:**

1. Un nivel freático alto puede producir inundaciones durante los períodos húmedos.
2. El agua del subsuelo puede complicar la excavación, debido a la natural tendencia del agua a discurrir hacia los huecos creados por las actividades excavatorias.
3. Puede producir un grado de humedad inaceptable en torno a los edificios terminados.

**Control del agua de infiltración:** puede adoptar una de las dos formas siguientes, según se trate de exclusión temporal o permanente:

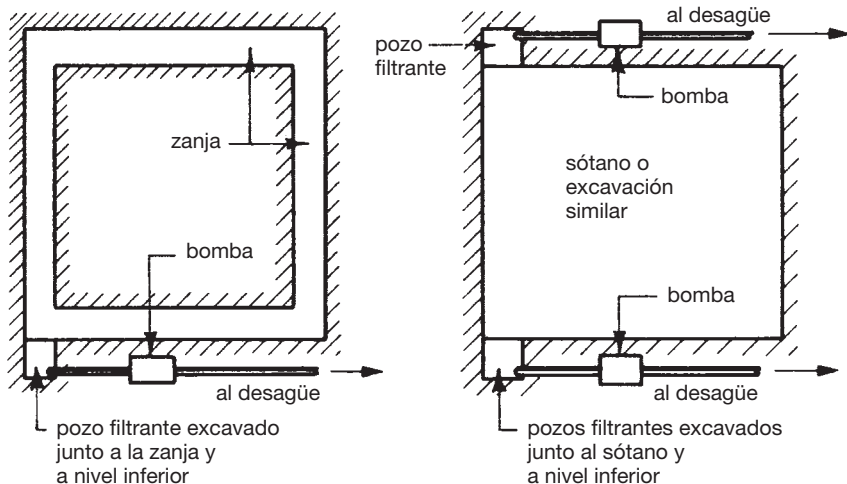


## Control del agua del subsuelo. Exclusión temporal

**Exclusión permanente:** puede definirse como la interposición de una barrera impermeable que detenga el flujo de agua dentro del terreno.

**Exclusión temporal:** puede definirse como el rebajamiento de la capa freática. Hasta una profundidad de 1,5 m puede lograrse de forma económica el achique directo mediante técnicas de drenaje del subsuelo; para profundidades superiores suele recurrirse al empleo de bombas.

**Bombeo de pozos simples:** adecuado para trabajos en zanjas y/o en casos de volúmenes pequeños de agua.



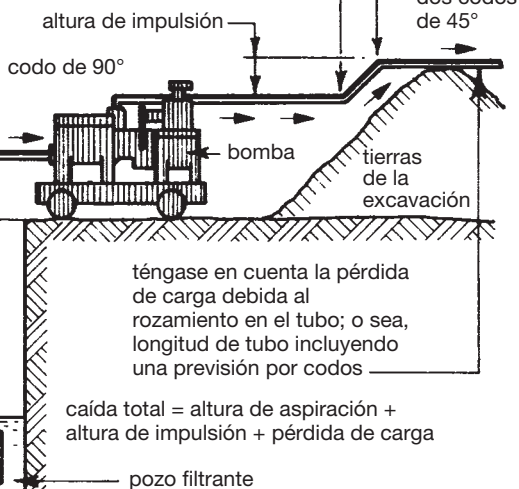
### Dimensionado de la bomba

se deben tener en cuenta las pérdidas por rozamiento y traducirlas en metros de tubería añadidos a la longitud real de la misma

las pérdidas de carga por rozamiento y altura se extraen de tablas facilitadas por el fabricante

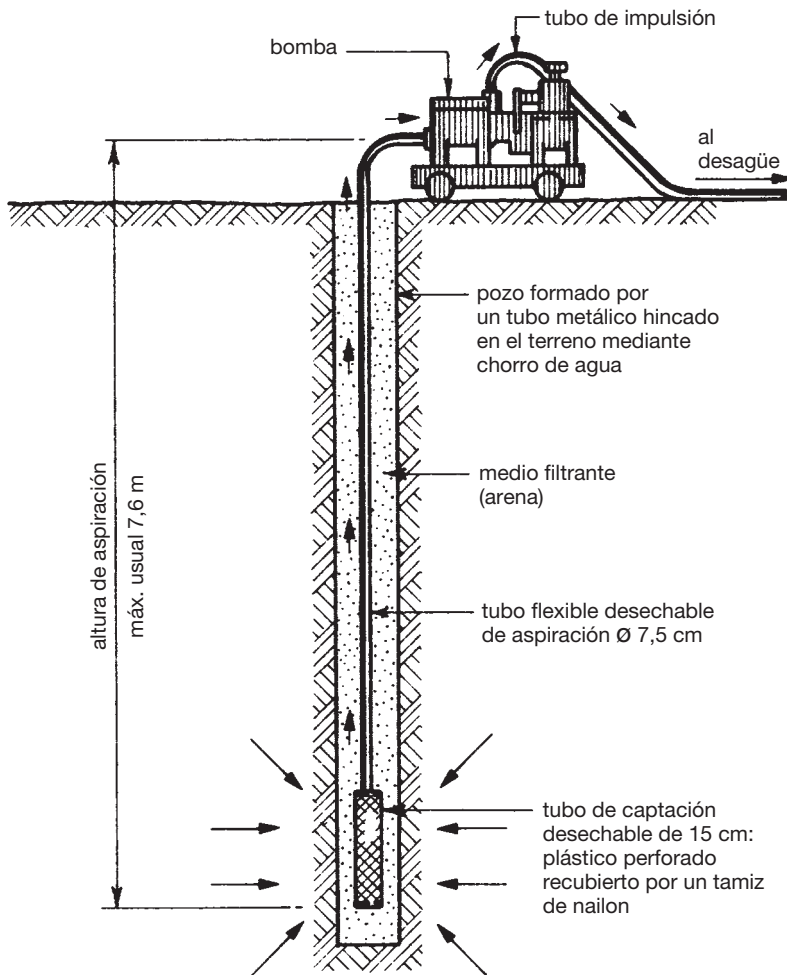
flujo de agua calculado o estimado

altura de aspiración



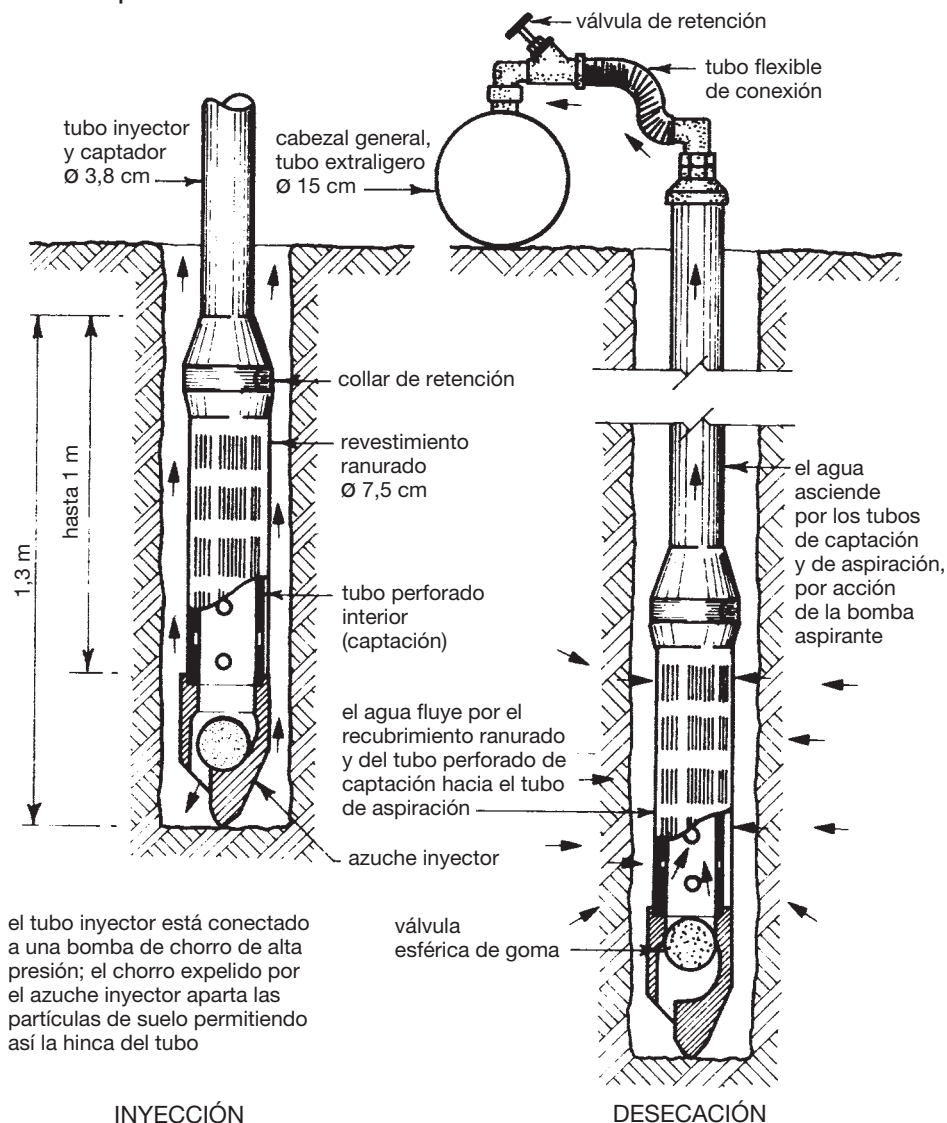
**Pozos entubados:** con este método se consiguen los mismos objetivos que con el de pozos filtrantes simples (página anterior), pero se evitan los movimientos del terreno posibles con el sistema antes mencionado. El procedimiento consiste en hincar en el terreno, mediante chorro de agua, un tubo metálico de revestimiento de diámetro suficientemente grande hasta una profundidad que vendrá definida por la altura máxima de aspiración de la bomba que se utilice. Entonces se introduce en su interior otro tubo perforado desechable de captación, conectado por su extremo superior a un tubo desechable de aspiración. El espacio anular hueco que queda entre estos y el de revestimiento se rellena de gravilla que actúa como medio filtrante; el tubo de revestimiento se extrae después o mientras se realiza la operación de relleno de la gravilla.

#### Ejemplo tipo

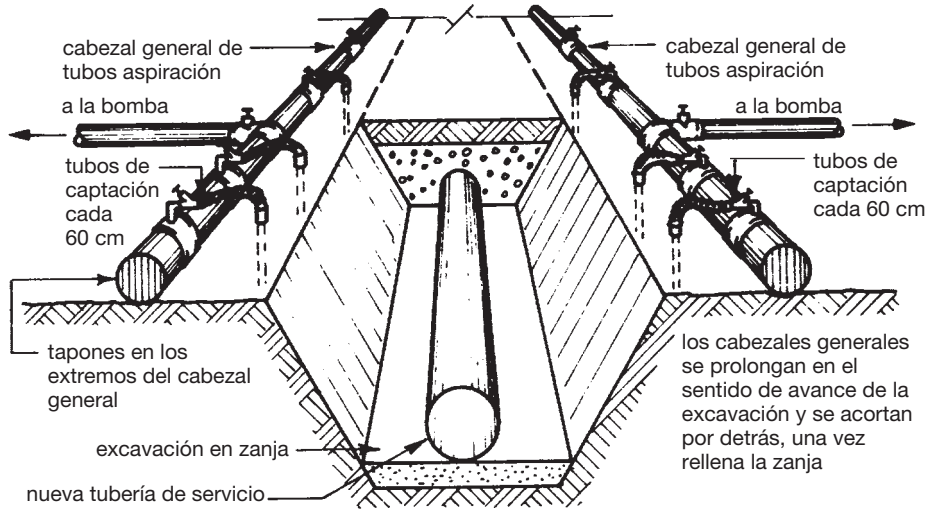


**Sistemas de captación:** su objetivo es rebajar la capa freática a un nivel inferior al de explanación para obtener una zona de trabajo seca. El principio básico es hincar en el subsuelo con chorro de agua una serie de tubos de captación conectados a un cabezal general de tubos de aspiración que, a su vez, está conectado a una bomba aspirante. Estos sistemas son idóneos para la mayor parte de subsuelos y pueden instalarse rodeando completamente una excavación o alineados a distancias regulares (p. ej., a todo lo largo de una zanja de excavación). En el caso en que el nivel de explanación proyectado sea inferior a la capacidad de aspiración de la bomba, puede emplearse un sistema escalonado en varios pisos (véase página siguiente).

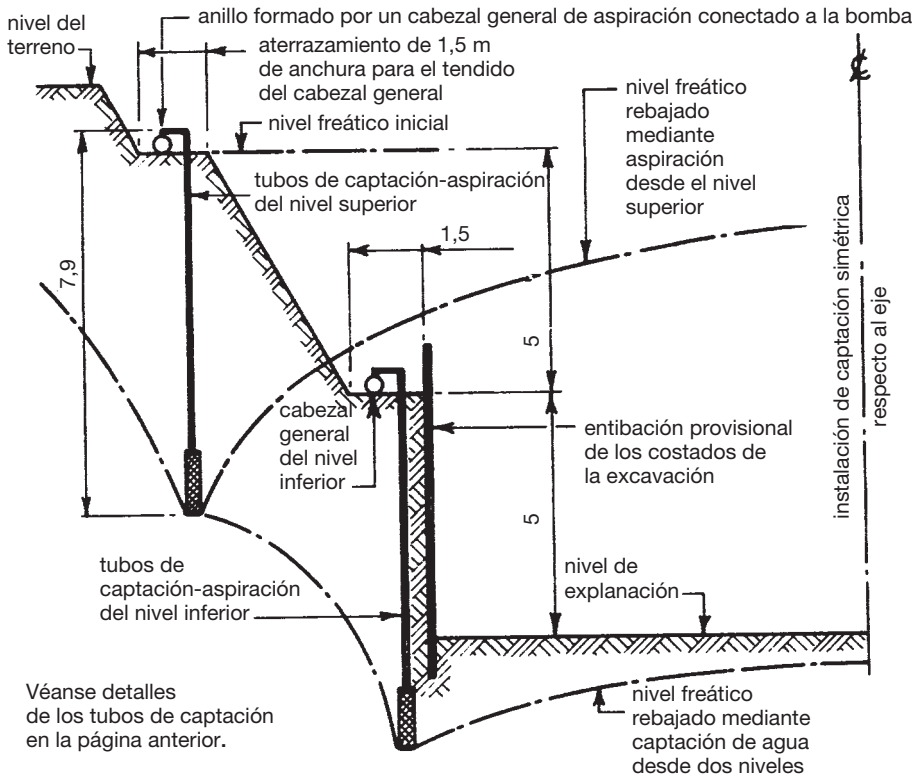
### Detalles tipo



### Detalles de instalación de una línea de captación de agua



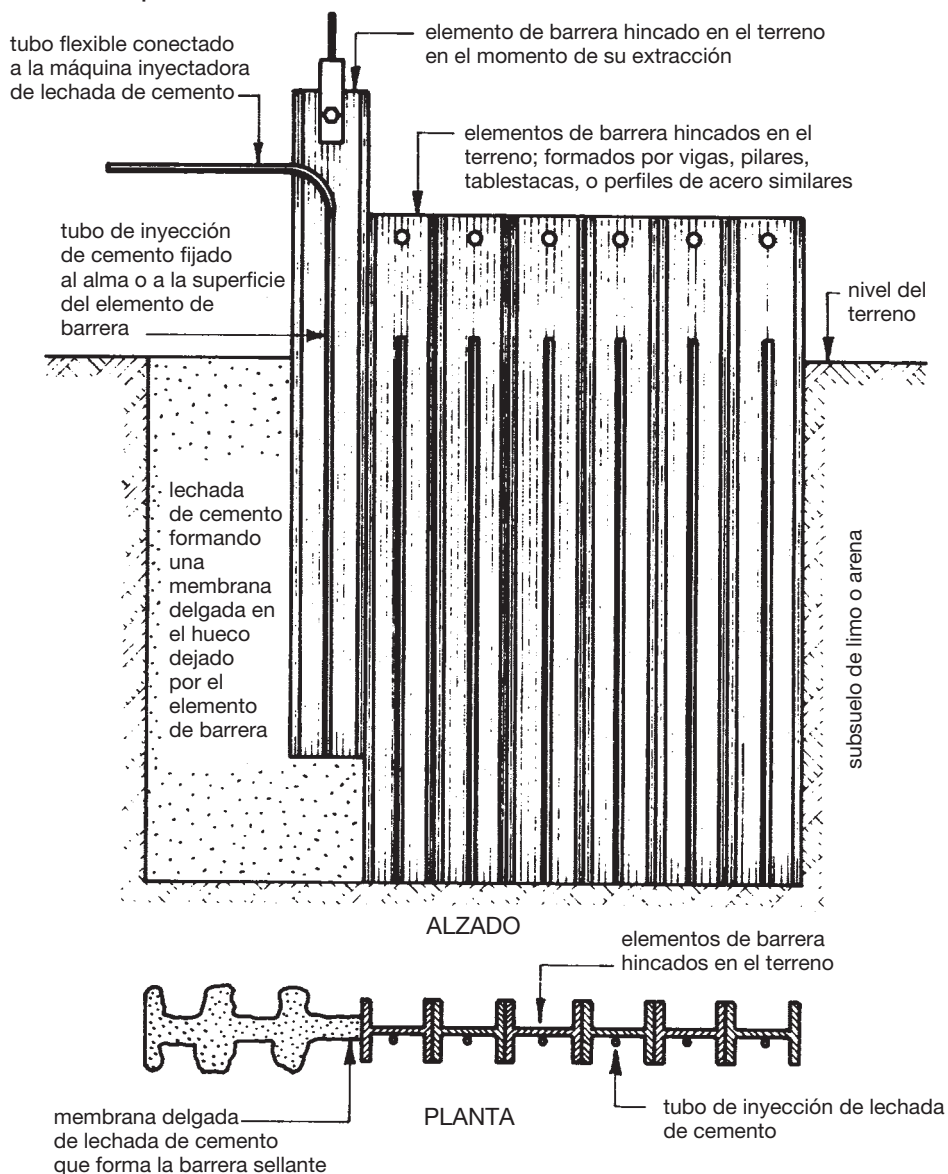
### Detalles de instalación de una línea de captación de agua de varios pisos



## Control del agua del subsuelo. Exclusión permanente

**Membranas delgadas revestidas con lechada de cemento inyectado a presión:** sirven para formar una cortina o barrera impermeable permanente empotrada en el terreno que permite “sellar” la zona de excavación en proyecto. Son adecuadas para terrenos limosos y arenosos y su instalación es bastante rápida, aunque precisan apoyo de tierras a ambos lados. Su única limitación es la profundidad hábil de hinc y extracción.

### Detalles tipo



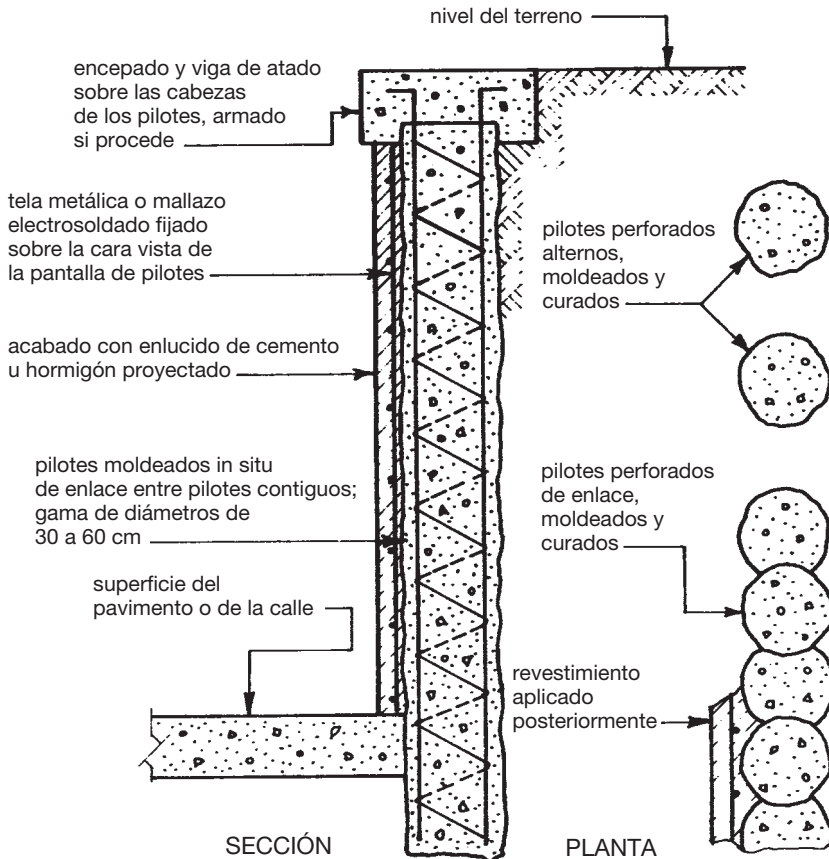
**Cortina continua de pilotes:** con ella se consigue formar un muro estructural permanente de pilotes perforados entrelazados. En primer lugar se perforan y moldean pilotes alternos por medios tradicionales, para después proceder a perforar los pilotes de enlace utilizando una barrena especial.

Este sistema es idóneo para casi todos los tipos de subsuelo y sus principales ventajas son su economía en solares pequeños y cerrados, y la posibilidad de ejecutarse junto a cimientos existentes con un mínimo de vibración y ruido.

En la práctica, resulta problemático asegurar el perfecto entrelazado de los pilotes en toda su longitud, razón por la cual la cara vista se suele revestir de una tela metálica o un mallazo, dándosele un acabado final de hormigón proyectado. Como alternativa, se puede moldear un muro de hormigón armado ante la cortina de pilotes.

Este método de control del agua de infiltración es particularmente adecuado en estructuras como sótanos, pasos a distinto nivel bajo calles y aparcamientos subterráneos.

### Detalles tipo





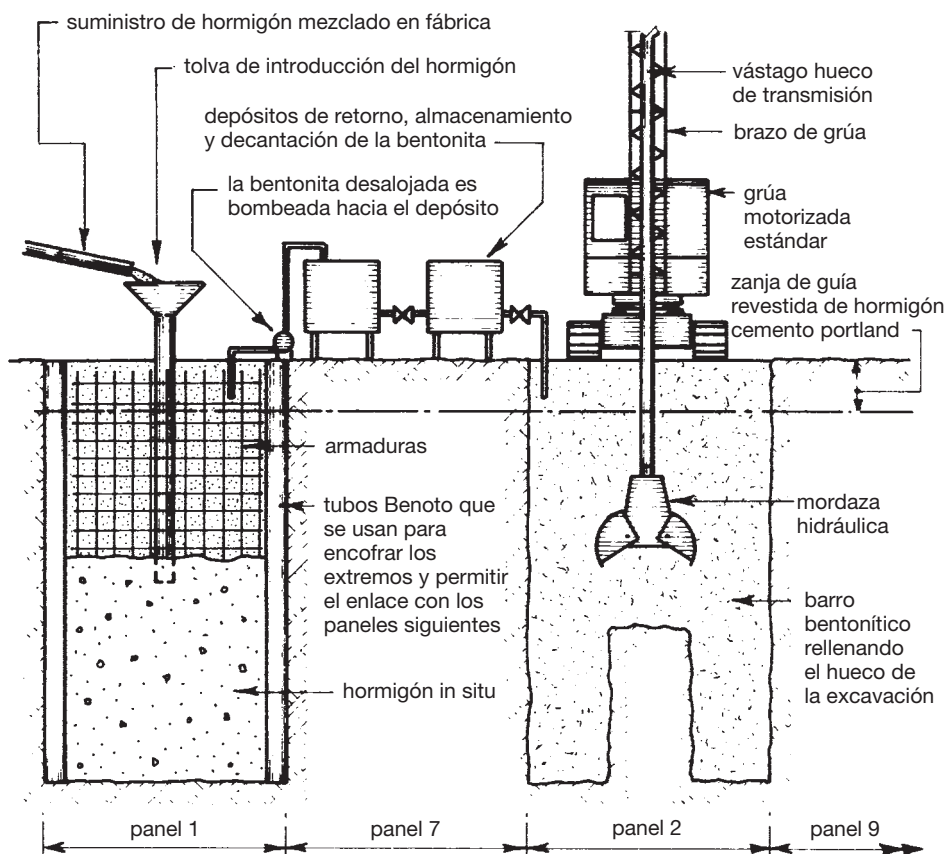
### Control del agua del subsuelo. Exclusión permanente

**Muros pantalla:** muros estructurales de hormigón armado que pueden moldearse in situ (generalmente por el método de la bentonita) o construirse con componentes prefabricados de hormigón (véase página siguiente). Son adecuados para la mayor parte de subsuelos y su instalación produce muy poca vibración y poco ruido, lo que los hace particularmente idóneos para obras situadas junto a edificios existentes.

El elevado coste de estos muros los hace antieconómicos, a menos que puedan incorporarse a la estructura global del edificio.

Los muros pantalla son adecuados para sótanos, aparcamientos subterráneos y estructuras similares.

### Detalle tipo de un muro pantalla de hormigón armado moldeado in situ

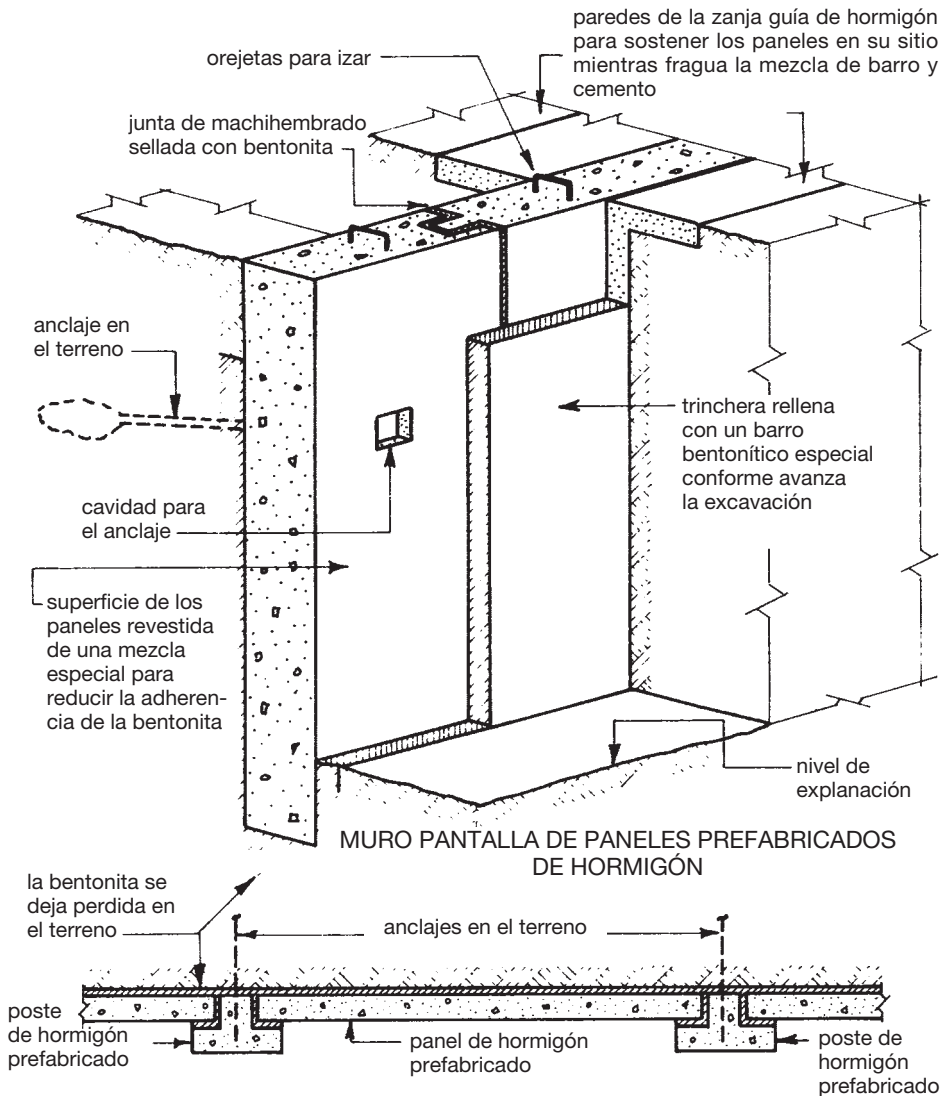


longitud de panel = 3 × ancho de la mordaza hidráulica

NOTA: la bentonita es una suspensión coloidal controlada de tierras de batán y agua que produce un barro con propiedades tixotrópicas y ejerce sobre los laterales de la excavación una presión mayor que la producida por las tierras + la presión hidrostática.

**Muros pantalla con paneles de hormigón prefabricado:** con las mismas aplicaciones que los moldeados in situ, presentan todas las ventajas de los componentes producidos en fábrica, pero carecen de la flexibilidad que dan los muros moldeados en obra. Las unidades de panel, o poste y panel, se colocan en una trinchera rellena con una mezcla especial de bentonita y cemento, con un retardador para controlar el tiempo de fraguado. La mezcla asegura que las juntas entre los paneles componentes del muro queden efectivamente selladas. Para asegurar la estabilidad del conjunto, los paneles o postes se ligan a las tierras contenidas mediante anclajes en el terreno.

#### Detalles de un muro pantalla de paneles prefabricados de hormigón



#### MURO PANTALLA DE PANELES Y POSTES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

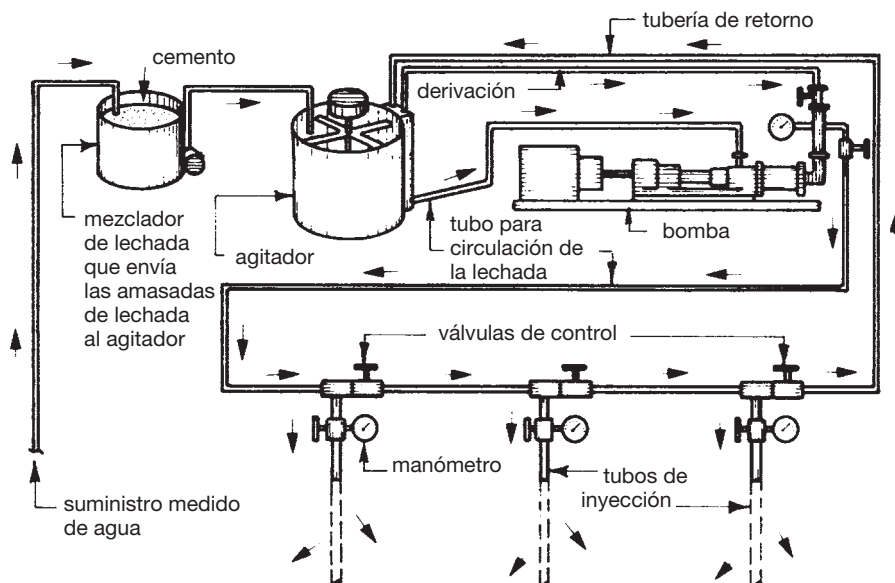
**Métodos de inyección de lechada:** estas técnicas se emplean para formar una cortina o barrera sellante en suelos de elevada permeabilidad en los que el uso de bombas resultaría antieconómico. Las cortinas formadas con métodos de inyección de lechada no son estructurales, razón por la que requieren algún sistema de contención de tierras que, en algunos casos, puede estar alejado un mínimo de 4 m del frente de la excavación en proyecto.

La mezcla se inyecta en el terreno bombeando la lechada a alta presión por unos tubos especiales de inyección insertados en el terreno. La distribución y separación de los tubos de inyección dependen del tipo de lechada y de las condiciones del terreno.

### Tipos de lechada:

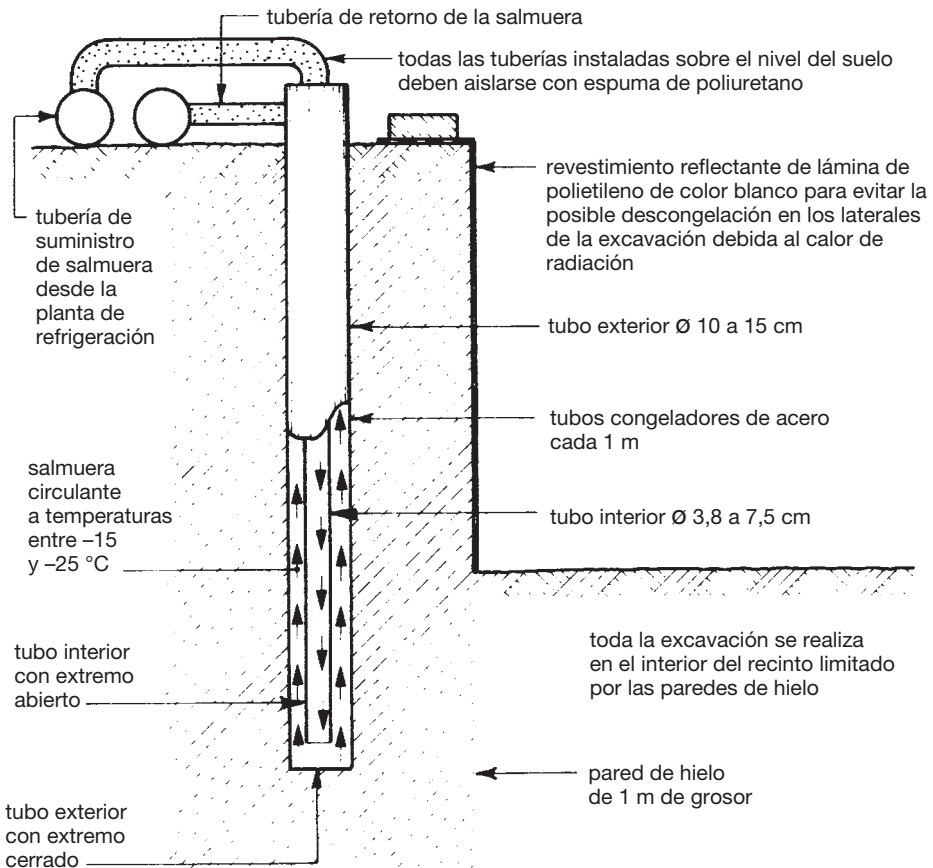
1. Lechadas de cemento: mezcla de cemento puro y agua; cemento y arena con una relación de 1:4, o cenizas de combustible pulverizado y cemento en una relación 1:1. Adecuadas para graveras, terrenos granulares y estratos de rocas fisuradas y agrietadas.
2. Lechadas químicas: pueden emplearse métodos de una sola inyección de lechada (premezclada) o de dos inyecciones (a la primera inyección química sigue inmediatamente una segunda que reacciona en el acto con la anterior), para formar un coloide coagulado permanente en el terreno que reduce su permeabilidad, al tiempo que aumenta su resistencia. Idóneo para arenas medias y gravillas.
3. Lechadas de resinas: su aplicación es similar a la de las lechadas químicas, pero su baja viscosidad les permite penetrar mejor en terrenos limosos y arenosos finos.

### Detalle tipo de una instalación de inyección de lechada de cemento



**Técnicas de congelación artificial del terreno:** método adecuado para todo tipo de suelo saturado y rocoso y para suelos con un grado de humedad superior al 8 % de los huecos. El concepto básico consiste en congelar las capas mojadas o saturadas mediante inserción en el terreno de una serie de tubos congeladores para formar una pared de hielo que haga de barrera impermeable. El tratamiento exige cierto tiempo de desarrollo y sus costes iniciales son elevados, por lo que solo es conveniente en obras grandes de una duración razonable. Los tubos congeladores pueden instalarse verticalmente para excavaciones convencionales, y horizontalmente en casos de excavación de túneles. Las salmueras que se utilizan normalmente son el cloruro de magnesio y el cloruro cálcico, consiguiéndose temperaturas comprendidas entre  $-15$  y  $-25$  °C; se tarda entre 10 y 17 días en formar una pared de hielo de 1 m de grosor. En caso de desear reducir el periodo de congelación inicial, puede utilizarse el nitrógeno líquido como medio congelante, si puede justificarse el gasto adicional que ello ocasiona.

#### Detalles tipo de una instalación de congelación del terreno



**Investigación del suelo:** antes de decidir qué tipo de cimentación va a utilizarse en una obra, conviene llevar a cabo un estudio del suelo para establecer las condiciones y propiedades del mismo. Los métodos que pueden utilizarse para ello y el resto de fuentes de información (la experiencia local, el servicio cartográfico y los mapas geológicos) deben ser ya conocidos. Si de tal estudio se deduce la existencia de un terreno natural malo o de relleno, el proyectista se enfrenta a varias opciones:

1. **No construir:** a menos que se encuentre un nuevo solar adecuado, solo convenirá edificar si se localizan las zonas exactas de terreno malo y se calcula una cimentación en torno a las mismas o que, de una u otra forma, consiga salvarlas.
2. **Vaciado y sustitución:** los terrenos malos pueden excavarse, vaciarse y rellenarse con tierras compactadas. Este método conlleva el riesgo de que se produzcan asentamientos diferenciales y, por general, es antieconómico para profundidades superiores a 4 m.
3. **Sobrecarga:** este método consiste en cargar el terreno previamente con una sobrecarga de grava o material similar para acelerar el asentamiento y mejorar la capacidad portante. Generalmente este método es poco económico debido a la demora que se produce en el comienzo de las obras, que puede oscilar de unas pocas semanas a dos o más años.
4. **Vibración:** este método de consolidación del terreno consiste en hacer vibrar partículas de material granular en su interior hasta formar columnas de piedra, bien sea usando el suelo granular natural o por sustitución (véanse págs. 287 y 288).
5. **Compactación dinámica:** es un método de mejora del suelo que consiste en dejar caer sobre él una masa pesada desde una altura considerable, con lo cual se consigue compactar el suelo y mejorar así su capacidad portante. Es especialmente adecuado para terrenos granulares (véase pág. 289).
6. **Inyección de lechada:** este método de consolidación del terreno puede emplearse en cualquier tipo de suelo, y consiste en introducir una lanza de sonda en el interior de un agujero de sonda de 15 cm de diámetro perforado previamente. La lanza es giratoria y tiene dos boquillas; la superior arroja agua y aire a gran presión sobre las paredes del pozo, lo que obliga a los materiales sueltos a subir hacia la superficie. La boquilla inferior rellena el hueco con un barro de cemento que al fraguar se convierte en una masa sólida (véase págs. 290).

**Vibración del suelo:** su objetivo es consolidar el suelo existente mediante la reorganización y compactación de partículas granulares gruesas para formar columnas de piedra con el terreno.

Esto se lleva a cabo mediante una gran aguja vibrante con un radio efectivo de compactación de 1,5 a 2,7 m.

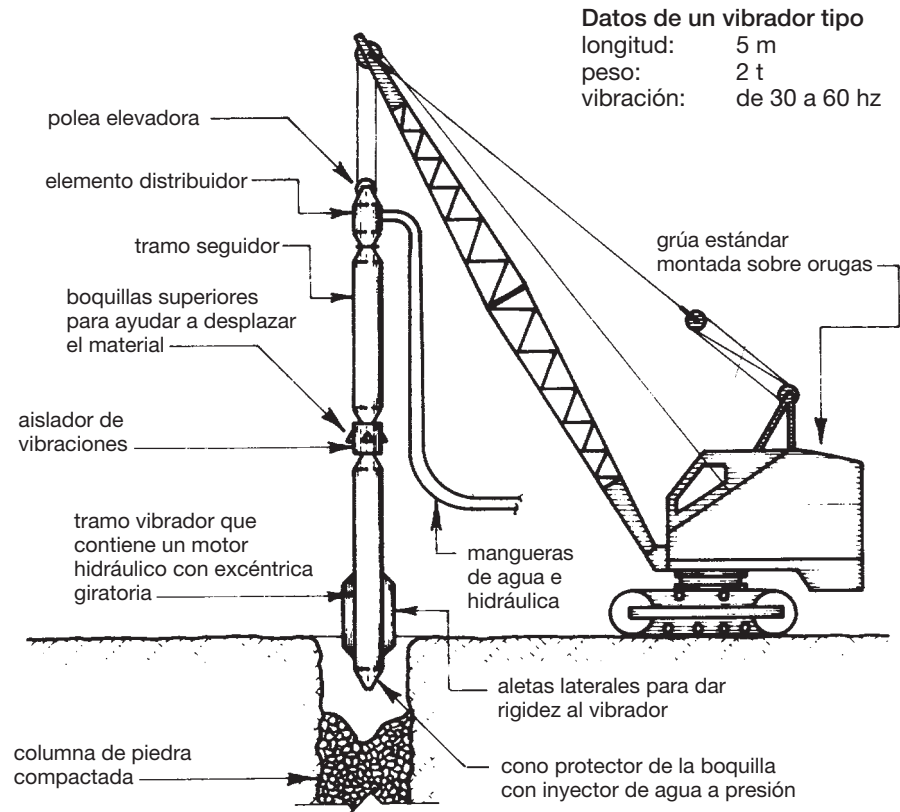
En solares grandes, el vibrador se inserta en cada uno de los vértices de una retícula triangulada regular de 1,5 a 3 m de lado.

En los suelos de grano grueso se vierte árido grueso adicional en los pozos de inserción hasta conseguir los niveles deseados, mientras que en suelos arcillosos u otros de grano fino, se somete el vibrador a subidas y bajadas alternas para que la acción del chorro de agua a presión vaya desplazando al material blando circundante y se vaya formando un pozo, que se rellenará de material de grano grueso compactado in situ por el vibrador.

Generalmente, los tamaños de grano del material de relleno oscilan entre 2 y 7 cm, con una granulometría uniforme según necesidades.

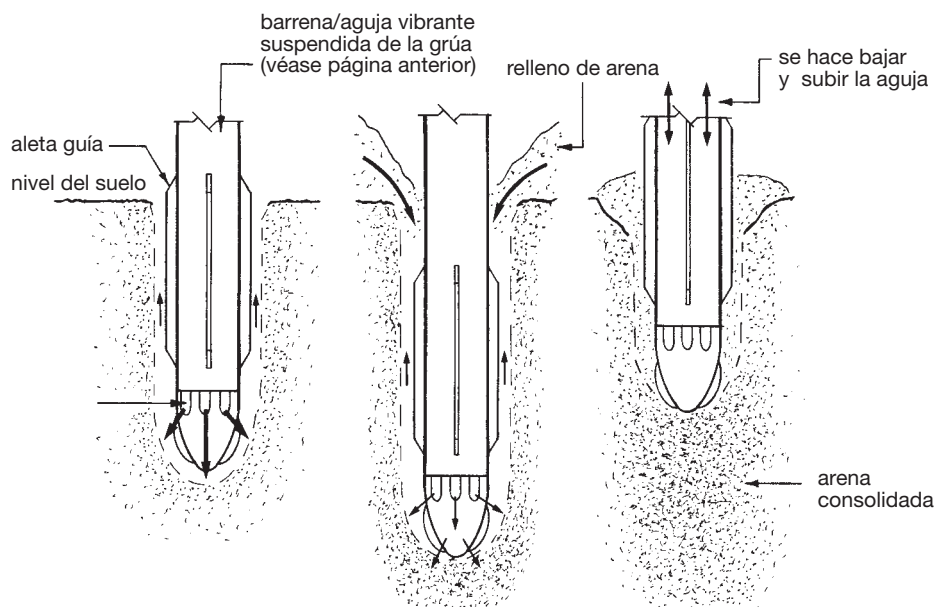
El sistema de vibración del suelo no debe ser confundido con un pilotaje, sino que se trata de un medio de consolidación del terreno para aumentar su capacidad portante dentro de una gama comprendida entre los 200 y 500 kN/m<sup>2</sup>.

#### Detalle tipo



**Compactación de arena:** se aplica a subsuelos no cohesivos cuyas partículas granulares se compactan y reordenan con vibradores de aguja hasta obtener una configuración más densa.

Se utiliza una gran aguja vibrante que se introduce en el terreno mediante un chorro de agua a presión (una combinación de peso propio y desplazamiento de las partículas más finas del suelo). Bajo dicha presión, los gránulos del suelo se compactan y la densidad aumenta a medida que desciende la aguja vibrante. A la profundidad adecuada, que puede determinarse mediante el cálculo de las cargas del edificio, o por las limitaciones prácticas del equipo concreto de que se disponga (por lo general, 30 m como máximo), se detiene la inyección de agua a presión y se rellena de arena el espacio que rodea la aguja, que se va retirando gradualmente y compacta el terreno granular en el proceso. La compactación prosigue hasta que la arena alcanza el nivel del suelo. La separación de las perforaciones debe ser más bien pequeña, con el fin de asegurar la continuidad y uniformidad del subsuelo compactado.



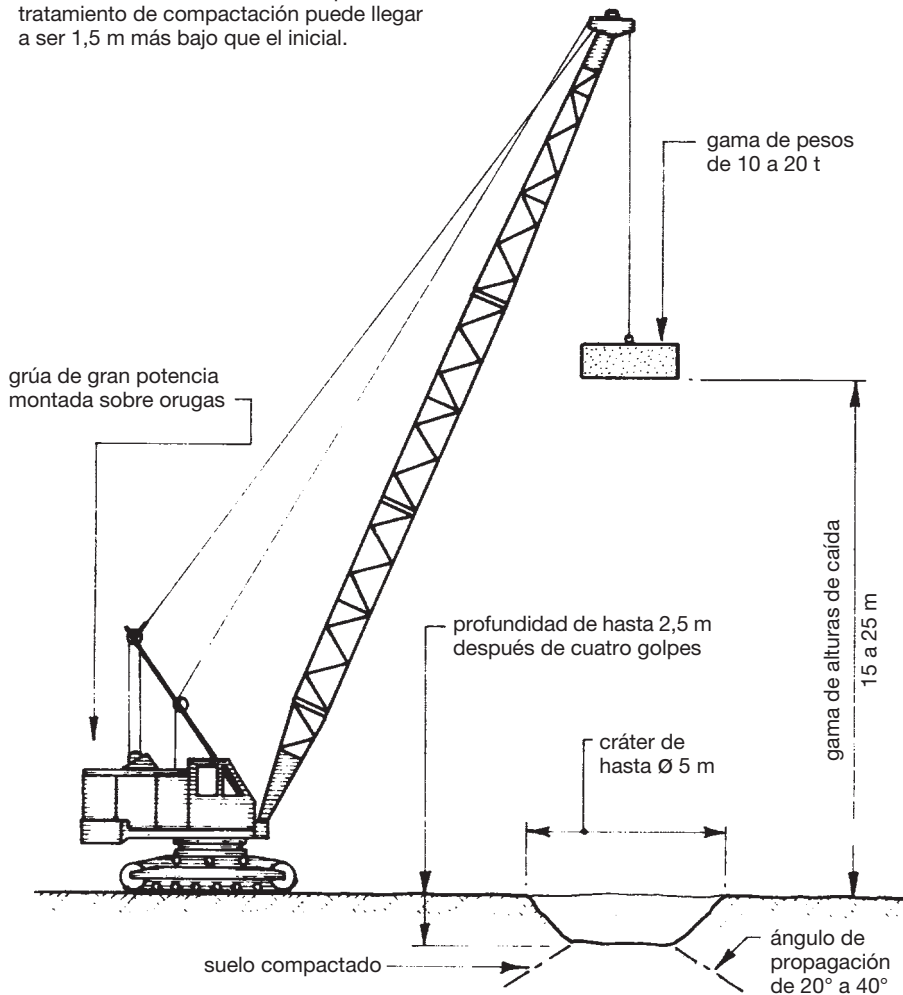
1. La aguja vibrante penetra en el terreno bajo la presión del chorro de agua.
2. A la profundidad requerida por cálculo, se reduce la presión del agua y se introduce arena alrededor de la aguja, al tiempo que avanza la compactación por la acción vibrante.
3. Cuando se considera suficiente la resistencia a la compactación, se hace subir y bajar la aguja para consolidar más arena.

### PROCEDIMIENTO DE COMPACTACIÓN DE ARENA

**Compactación dinámica:** este método de mejora del suelo consiste en dejar caer una masa pesada desde una altura considerable, y es particularmente efectivo en suelos granulares. Si existe agua en el subsuelo, es necesario excavar zanjas para permitir que se vaya el agua y evitar que se acumule en los cráteres formados al caer la masa. El tipo, el tamaño, la forma y la altura de caída del peso se escogen para cada solar, pero generalmente se ejecutan tres o cuatro golpes en cada posición, formando un cráter de hasta 2,5 m de profundidad y 5 m de diámetro. La vibración a través del subsuelo puede ser problemática en operaciones de compactación dinámica en la proximidad de otros edificios, cuyo estado y condiciones deben ser cuidadosamente considerados previamente, al igual que la profundidad, posición y estado de las conducciones de servicios existentes.

### Detalle tipo

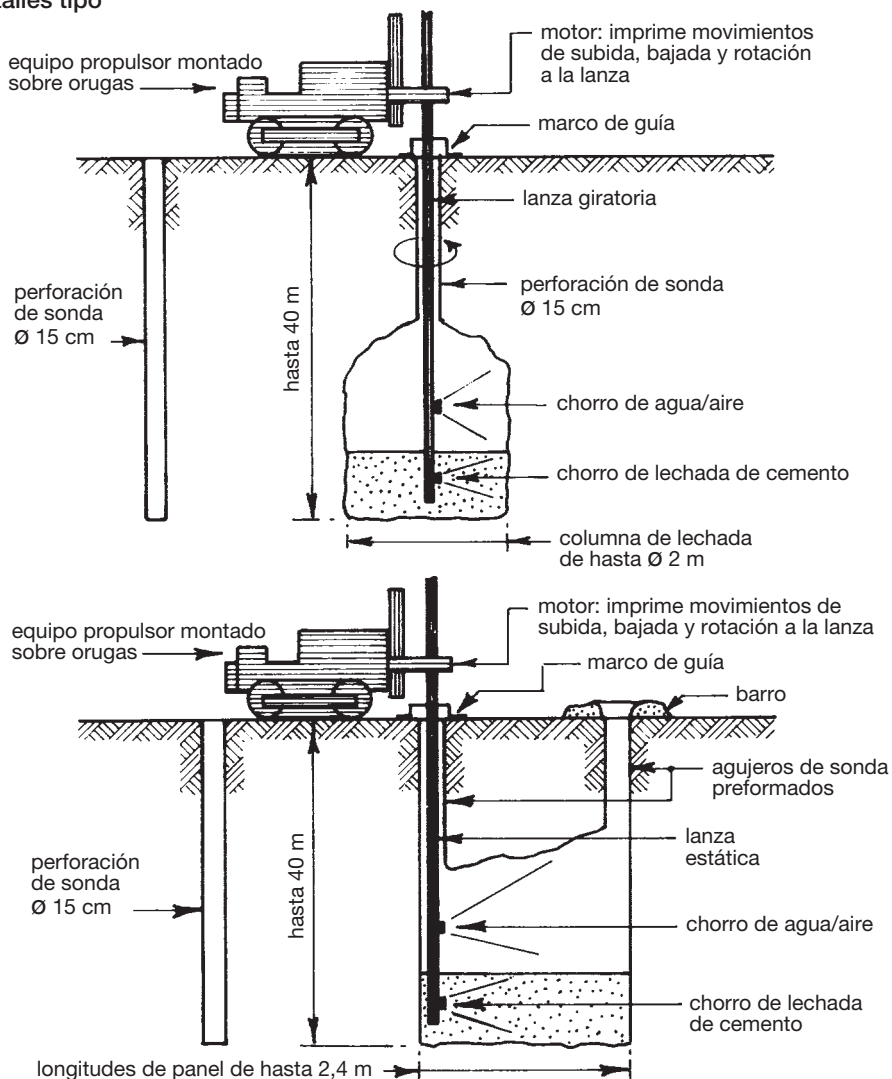
NOTA: el nivel final del terreno después del tratamiento de compactación puede llegar a ser 1,5 m más bajo que el inicial.





**Inyección de lechada:** se trata de un medio de consolidación del terreno que consiste en introducir una lanza de sonda en el interior de unos agujeros de sonda previamente perforados. A la lanza se le imprime un movimiento de rotación y se somete a las paredes del agujero de sonda a un potente chorro de agua y aire a presión procedente de la boquilla superior de la lanza, lo que se traduce en un ensanchamiento del agujero y en la compactación de sus paredes. Al mismo tiempo se introduce una lechada de cemento a presión por la boquilla inferior para llenar el vacío creado. El agua expelida por la boquilla y las tierras mezcladas con ella se ven forzadas a ascender hacia la superficie en forma de barro. En caso de mantener estática la lanza, pueden formarse paneles de lechada. La separación, profundidad y distribución de las perforaciones debe ser objeto de un estudio especializado.

### Detalles tipo



**Terrenos no urbanizados:** suelen ubicarse en el “cinturón verde” no urbanizable de las áreas urbanas, con el fin de preservar las zonas campestres. En los cinturones verdes solo se permite un mínimo de edificación con fines agrícolas.

**Terrenos baldíos:** la mayor parte son terrenos anteriormente urbanizados y que contienen edificios obsoletos o en ruinas, por lo general industriales.

**Reconocimiento del terreno:** es esencial hacer un estudio geotécnico del terreno para determinar si existen agentes contaminantes en el suelo y en el agua freática. Es de particular importancia verificar el contenido de ácidos, sales, metales pesados, cianuros y alquitrán, además de materias orgánicas susceptibles de descomposición y de formación de metano altamente inflamable. El análisis del suelo permitirá determinar el umbral a partir del cual el solar podría considerarse susceptible de riesgo para el usuario final. Por ejemplo, un jardín privado o una zona de juegos infantiles deberán admitir un valor menor que uno dedicado a aparcamiento comercial.

**Preparación del solar:** para construir estructuras ligeras en solares que en algún momento se rellenaron con materiales no contaminados, es recomendable un sistema de cimentación “flotante” con una losa armada. En edificios de más entidad, puede ser conveniente recurrir a procesos de consolidación y compactación de terrenos. Existe todo un abanico de soluciones para subsuelos que contengan productos químicos u otros agentes contaminantes.

**Legislación:** En 1999, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) estimó entre 300.000 y 1.500.000 el número de zonas contaminadas en Europa occidental. En España, a través del Plan nacional de recuperación de suelos contaminados (1995-2005), se inventariaron 4.532 emplazamientos como potencialmente contaminados. A pesar de la vulnerabilidad ecológica de los suelos, la legislación europea y la española han carecido de instrumentos normativos para promover su protección. Hasta la promulgación de la Ley 10/1998 de Residuos, en España no se disponía de ninguna norma legal que permitiera proteger eficazmente los suelos contra la contaminación y, en el caso de los ya contaminados, identificarlos y caracterizarlos con una metodología normalizada y técnicamente rigurosa. El Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios para la declaración de suelos contaminados.

El método empleado tradicionalmente para hacer frente con medios sencillos al problema de solares contaminados ha sido excavar el terreno y transportar las tierras a un vertedero autorizado. Sin embargo, con el incremento del número de obras en terrenos abandonados, los vertederos empiezan a escasear. A este problema se suma la creciente reticencia de los transportistas a manejar grandes cantidades de dichos residuos. Además, si la profundidad de excavación supera aproximadamente los 5 m, el sistema es menos práctico y más caro. En casos semejantes, cabe considerar métodos alternativos como el tratamiento físico, biológico o químico del suelo.

**Encapsulación:** consiste en cercar in situ el suelo contaminado. Para ello, se cava una zanja perimetral hasta encontrar roca u otro estrato firme, y se rellena con un agente impermeable, como arcilla bentonítica. También se precisa un coronamiento horizontal impermeable que conecte las zanjas por la parte superior. Si existen contaminantes líquidos o gaseosos, las especificaciones para la barrera impermeable deberán ser mucho más estrictas, ya que esos fluidos se filtran con facilidad. En todo caso, es esencial establecer un sistema de comprobación del estado del suelo, pues la barrera puede deteriorarse con el tiempo. Este sistema es aplicable a cualquier agente contaminante.

**Lavado del suelo:** comprende la extracción del suelo, su cribado para eliminar los objetos grandes y su posterior introducción en una unidad de lavado similar a una gran hormigonera. Ya dentro de esta, en un primer lavado básico se añaden agua y detergentes antes de aplicar un lavado con agua a presión para disolver los agentes contaminantes y separar las arcillas de los limos. El proceso permite eliminar combustibles, metales y productos químicos.

**Extracción por vapor:** se emplea para eliminar combustibles o disolventes industriales y otros depósitos orgánicos. Se practican diversas perforaciones de pequeño diámetro a profundidades variables. Se aspira el suelo contaminado con tubos de vacío introducidos en esas perforaciones. Los agentes contaminantes se recogen en una planta de tratamiento de vapor situada en superficie, se tratan y se evaporan a la atmósfera. Se trata de un proceso lento y la limpieza de un solar puede durar varios meses.

**Electrólisis:** en caso de existir metales en las tierras, puede recurrirse a la electrólisis, que consiste en la descomposición química de un cuerpo por el paso de una corriente continua de bajo voltaje. La corriente eléctrica circula entre el ánodo y el cátodo, y los productos de la descomposición aparecen en la superficie de los electrodos. Ello permite separar los iones metálicos, para proceder después a su tratamiento.

### BIOLÓGICO

**Fitorrestauración:** eliminación de los contaminantes por medio de plantas que absorben los componentes químicos dañinos del terreno. Esas plantas se recogen y destruyen a continuación. Existe una variante que utiliza la degradación fúngica de los contaminantes.

**Biorrestauración:** se estimula el crecimiento de microbios que aparecerían de forma natural y que consumen productos químicos derivados del petróleo y aceites, convirtiéndolos en agua y anhídrido carbónico. Para ello, las condiciones deben ser idóneas; p. ej., temperatura  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con un adecuado suministro de nutrientes y oxígeno. Se excava el suelo no tratado y se dispone sobre una tubería perforada, por la que se insufla aire, a fin de mejorar el proceso antes de reponer las tierras.

### QUÍMICO

**Oxidación:** se utilizan perforaciones subterráneas para introducir peróxido de hidrógeno o permanganato potásico a presión. Los depósitos químicos y de petróleo se convierten en agua y anhídrido carbónico.

**Extracción de disolventes:** se excava el subsuelo y se mezcla con un disolvente para descomponer los aceites, grasas y productos químicos no hidrosolubles.

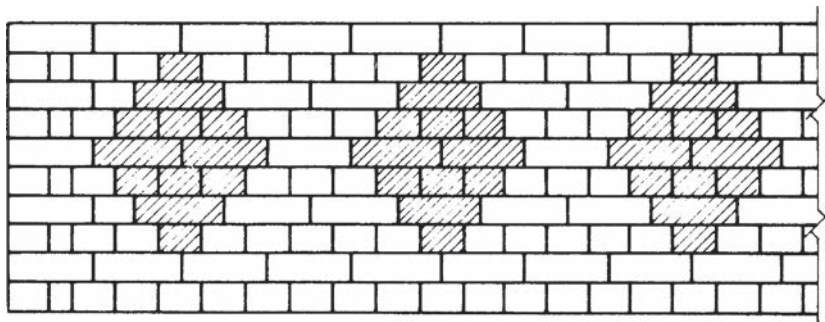
### TÉRMICO

**Tratamiento térmico (ex situ):** proceso de incineración en un gran horno contenedor. Se excava, seca y tritura el suelo para a continuación introducirlo en un horno a  $2.500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , donde se eliminan los productos químicos dañinos por evaporación o fusión.

**Tratamiento térmico (in situ):** se inyectan en el suelo vapor, agua caliente o aire caliente a presión. Otras variantes incluyen corrientes eléctricas y ondas hertzianas para calentar el agua del suelo hasta convertirla en vapor. De este modo se evaporan los productos químicos.



## 5. SUPERESTRUCTURA – 1



ELECCIÓN DE MATERIALES

MUROS DE LADRILLO Y DE BLOQUE

APAREJOS DEL LADRILLO

LADRILLOS ESPECIALES Y APLICACIONES

MUROS CON CÁMARA

CAPAS Y MEMBRANAS IMPERMEABLES

MEMBRANAS RESISTENTES A LOS GASES

ARCOS Y ABERTURAS

VENTANAS, VIDRIERÍA Y ACRISTALAMIENTO

PUERTAS DOMÉSTICAS E INDUSTRIALES

CONSTRUCCIÓN CON ENTRAMADO DE MADERA

REVOQUES Y REVESTIMIENTOS DE FACHADA

CUBIERTAS INCLINADAS DE MADERA Y CUBIERTAS PLANAS

CUBIERTAS AJARDINADAS

AI SLAMIENTO TÉRMICO

CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA U

PUENTES TÉRMICOS

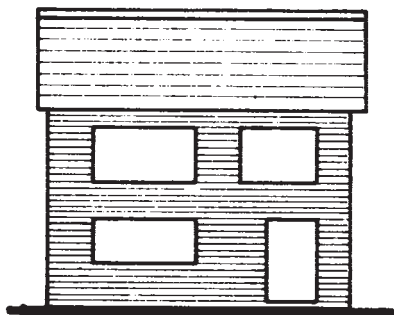
SUPRESIÓN DE BARRERAS ARQUITECTÓNICAS

### FASE I

Hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

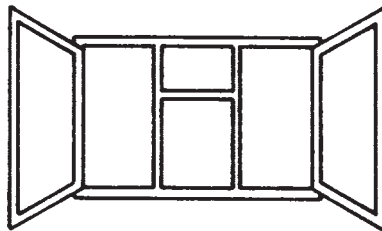
1. Tipo de edificio y su uso.
2. Demandas y preferencias del propietario.
3. Restricciones locales de proyecto.
4. Restricciones y requisitos legales.
5. Restricciones impuestas por el emplazamiento.
6. Recursos económicos.
7. Política futura en relación con el mantenimiento y adaptación.

### FASE 2



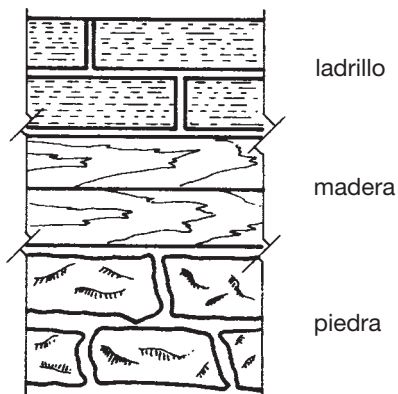
Decidir posiciones, tamaños y formas de las aberturas

### FASE 3



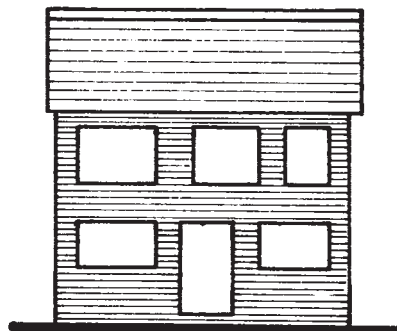
Decidir el estilo, carácter y materiales de las aberturas

### FASE 4



Decidir los materiales básicos para cubierta y paredes

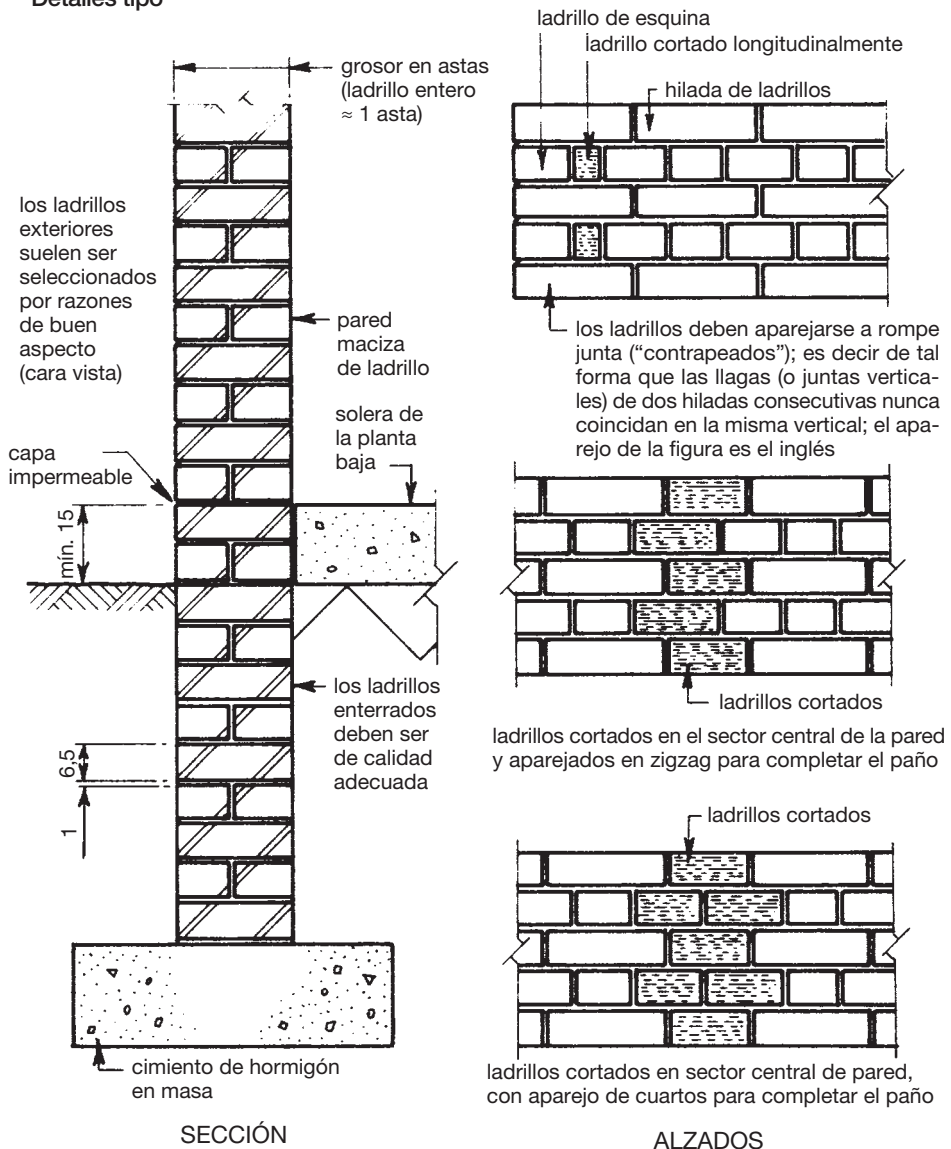
### FASE 5



Revisar todas las decisiones y efectuar cambios, si procede

**Ladrillos:** son elementos paralelepípedos prefabricados que se utilizan en las construcción de muros. La gama de medidas varía de unos lugares a otros, aunque por lo general se considera que para recibir esa denominación las piezas no deben sobrepasar los 49 cm de largo, 24 de ancho y 11,5 alto. En España los muros de fábrica de ladrillo se rigen por el “Código técnico de la edificación” (CTE) y los formatos habituales son:  $24 \times 11,5 \times 5,3$  cm (formato métrico o castellano) y  $29 \times 14 \times 6,5$  cm (formato catalán). Cuando los ladrillos tengan función estructural, al igual que los bloques, deberán colocarse con algún tipo de aparejo que garantice la trabazón entre las piezas. Por lo general, los ladrillos son de arcilla cocida o de cal y arena, y existe una amplia gama de resistencias, tipos, texturas, colores y formatos especiales.

### Detalles tipo





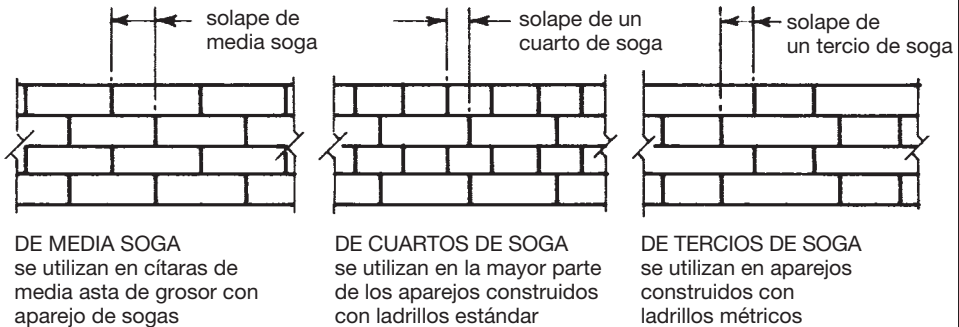
## Aparejos del ladrillo. Principios

**Aparejo:** disposición de los ladrillos en un muro, pilar o pilastra siguiendo un patrón repetitivo con el fin de lograr una trabazón adecuada.

### Objetivos del aparejo:

1. Obtener la máxima resistencia y la mejor distribución de las cargas en el muro, pilar o pilastra.
2. Asegurar la estabilidad lateral y la resistencia contra los empujes laterales.
3. Obtener un aspecto agradable.

### Formas de solape



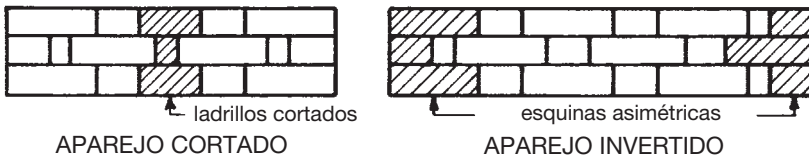
### Normas sencillas de aparejo

1. El aparejo se establece a lo largo de todo el paño de muro trabajando desde ambos extremos para asegurar que no haya juntas verticales continuas en hiladas consecutivas.

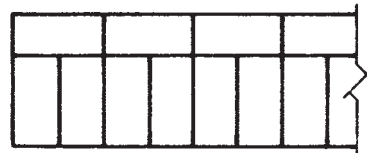


NOTA: todas las hiladas impares se aparejan como la 1ª hilada y todas las pares como la 2ª hilada

2. Los muros cuya longitud no se corresponda exactamente con un número entero de medias astas, pueden aparejarse del siguiente modo:

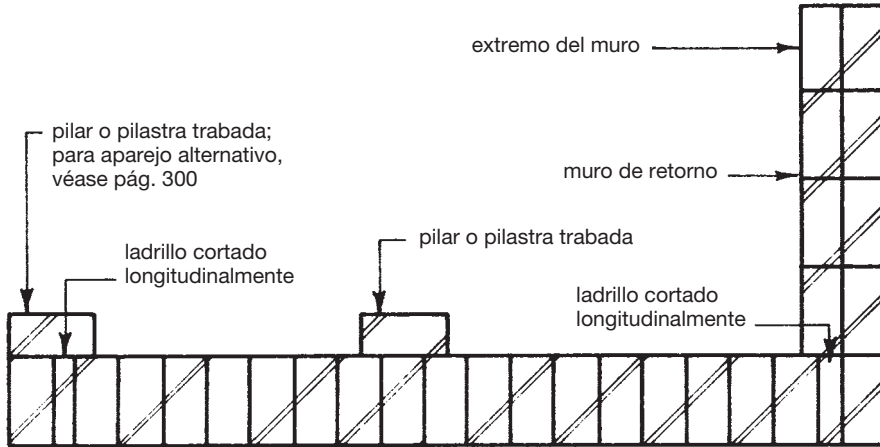


3. Las juntas verticales o transversales deben atravesar el grosor total de la pared a menos que se rematen con un ladrillo a soga.

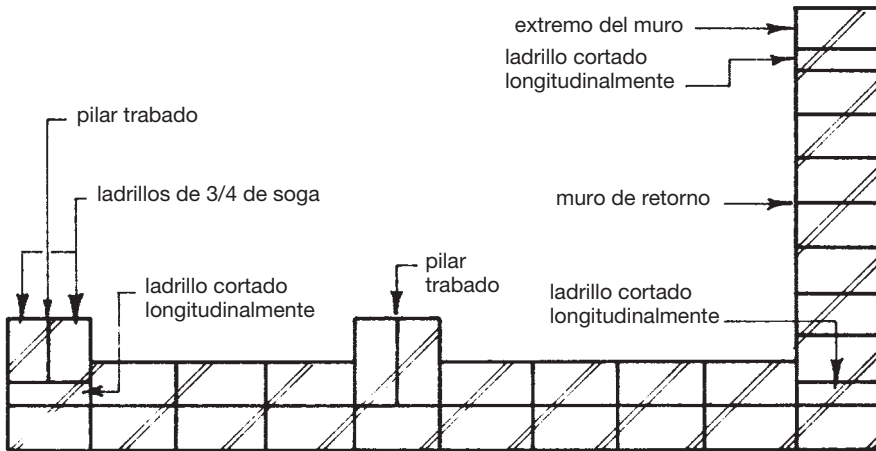


**Aparejo inglés:** formado por alternancia de hiladas a soga con hiladas a tizón, es uno de los aparejos con mayor trabazón longitudinal pero requiere más ladrillos vistos que otros aparejos (89 por m<sup>2</sup>).

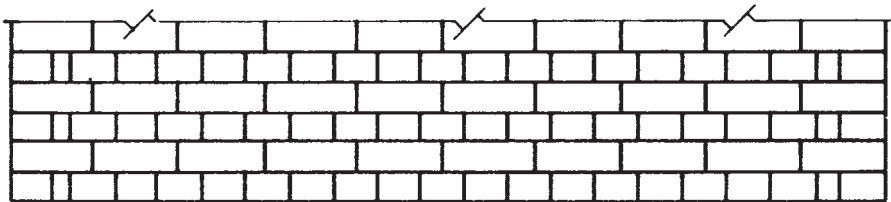
**Ejemplo tipo**



PLANTA DE LAS HILADAS IMPARES



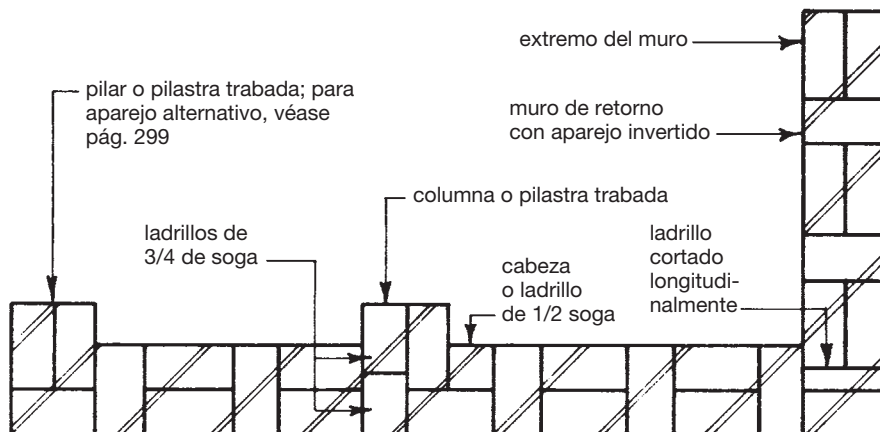
PLANTA DE LAS HILADAS PARES



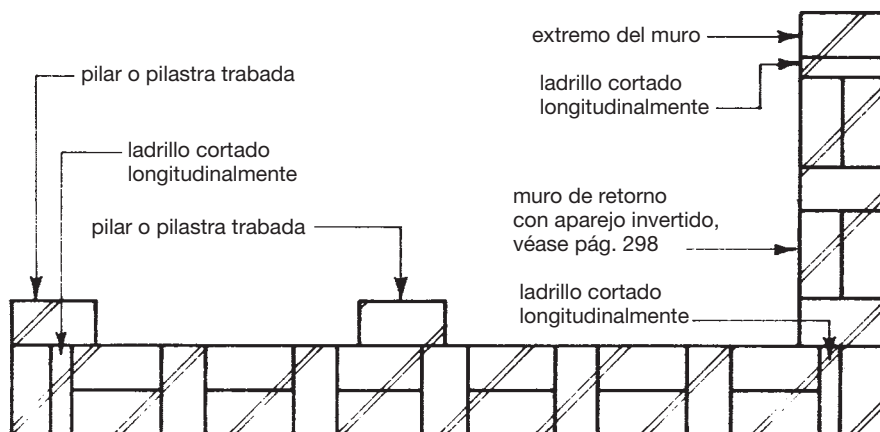
ALZADO

**Aparejo flamenco:** formado por alternancia de sogas y tizones en una misma hilada, no logra una trabazón tan perfecta como en el aparejo inglés, pero sus resultados estéticos son superiores y se emplean menos ladrillos vistos (79 ladrillos por m<sup>2</sup>).

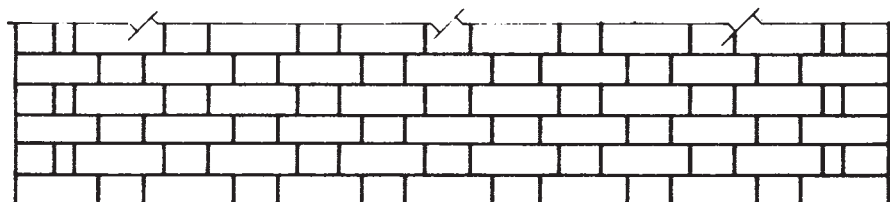
**Ejemplo tipo**



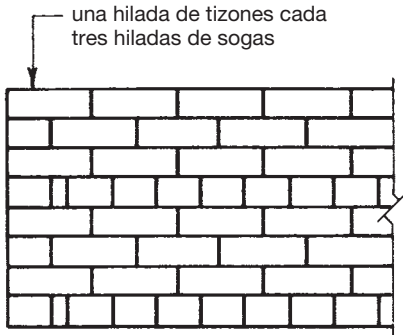
PLANTA DE LAS HILADAS IMPARES



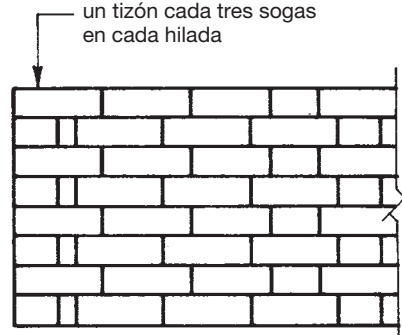
PLANTA DE LAS HILADAS PARES



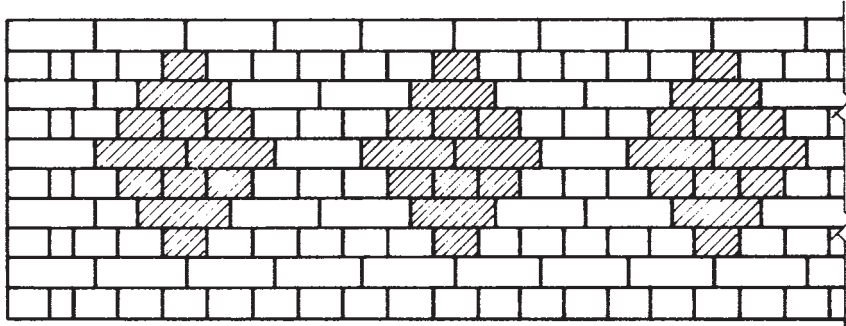
ALZADO



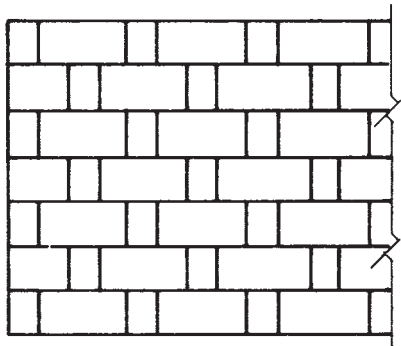
**APAREJO INGLÉS PARA MURO DE JARDÍN:** proporciona un rápido reparto lateral de las cargas y se utilizan menos ladrillos vistos por m<sup>2</sup> que en el aparejo inglés.



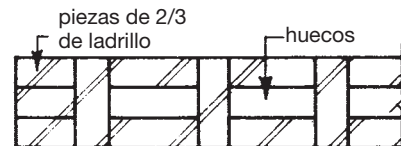
**APAREJO FLAMENCO PARA MURO DE JARDÍN:** usado en muros de un asta de grosor, permite mantener un mismo y agradable dibujo en ambas caras.



**APAREJO EN CRUZ O APAREJO BELGA:** es un aparejo inglés con las hiladas a soga alternadas con las hiladas a tizón, pero con las sucesivas llagas de sogas desplazadas medio ladrillo, correspondiéndose las llagas y los ejes de sogas, lo cual se logra por interposición de tizones al final del muro. Permite realizar dibujos con ladrillos de distintos colores o texturas.



PLANTA DE LAS HILADAS IMPARES

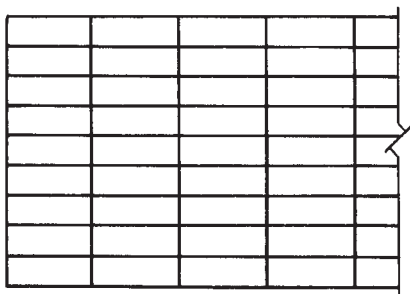


PLANTA DE LAS HILADAS PARES

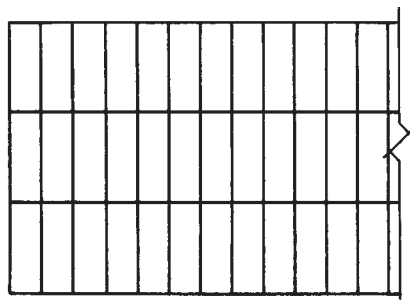
**APAREJO DE "RATONERA":** las sogas de cada hilada solo ocupan las caras exteriores del muro, dejando un vacío central, mientras los tizones se ocupan de la trabazón del conjunto. Los huecos centrales reducen notablemente el peso de la pared, con el consiguiente ahorro de materiales.

## Aparejos del ladrillo. Aparejo de llaga continua

**Aparejo de llaga continua:** es el aparejo más rápido, sencillo y económico, ya que no es preciso cortar ladrillos ni disponer de tamaños especiales. El muro parece estar suelto, ya que la continuidad vertical de las juntas imprime cierta debilidad a la estructura, a menos que se refuerce horizontalmente con una armadura en los tendeles, o en tendeles alternos si la carga es moderada. En el muro capuchino, o con cámara de aire, las distancias relativas entre las llaves o entre los perpiños que enlazan las dos hojas deben reducirse más de lo normal (separación horizontal  $\leq 60$  cm; separación vertical  $\leq 22,5$  cm y al tresbolillo).

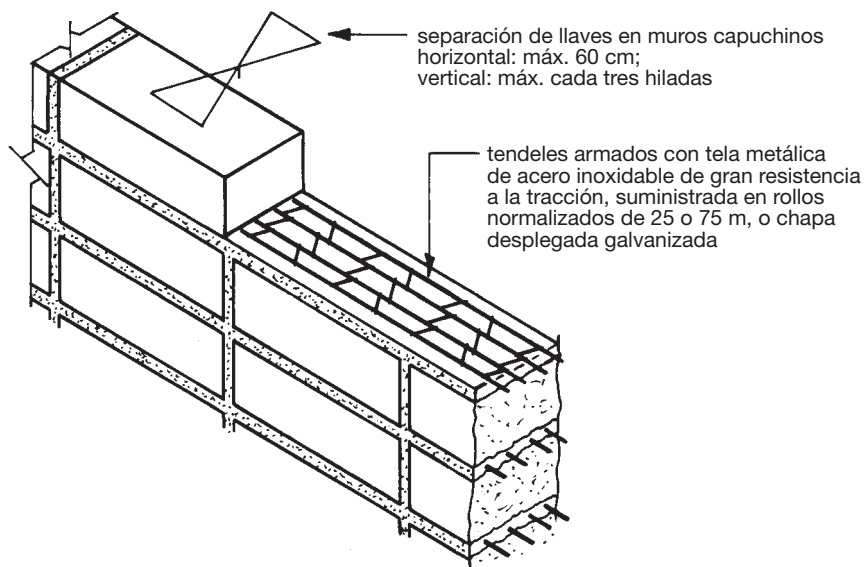


LADRILLOS A SOGA



LADRILLOS A SARDINEL

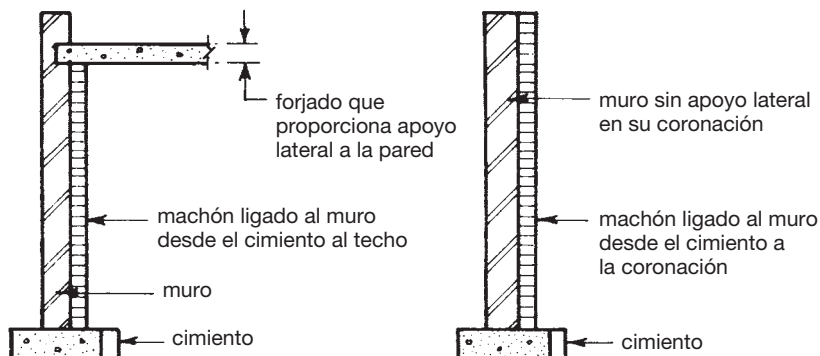
**Aplicación:** este aparejo de aspecto tan característico se utiliza preferentemente en paredes no estructurales de edificios de entramado y en tabiques no portantes de obra vista.



MURO DE LLAGA CONTINUA ARMADO

**Pilastras:** su función principal es proporcionar apoyo lateral al muro del que forma parte, desde el cimiento a su coronación. También tienen la función secundaria de dividir un muro en diferentes tramos, cada uno de los cuales puede considerarse como un muro en sí. Como norma general, y como medio de mejorar la estabilidad, los extremos de los muros deben estar ligados a una pilastra, machón o muro de retorno.

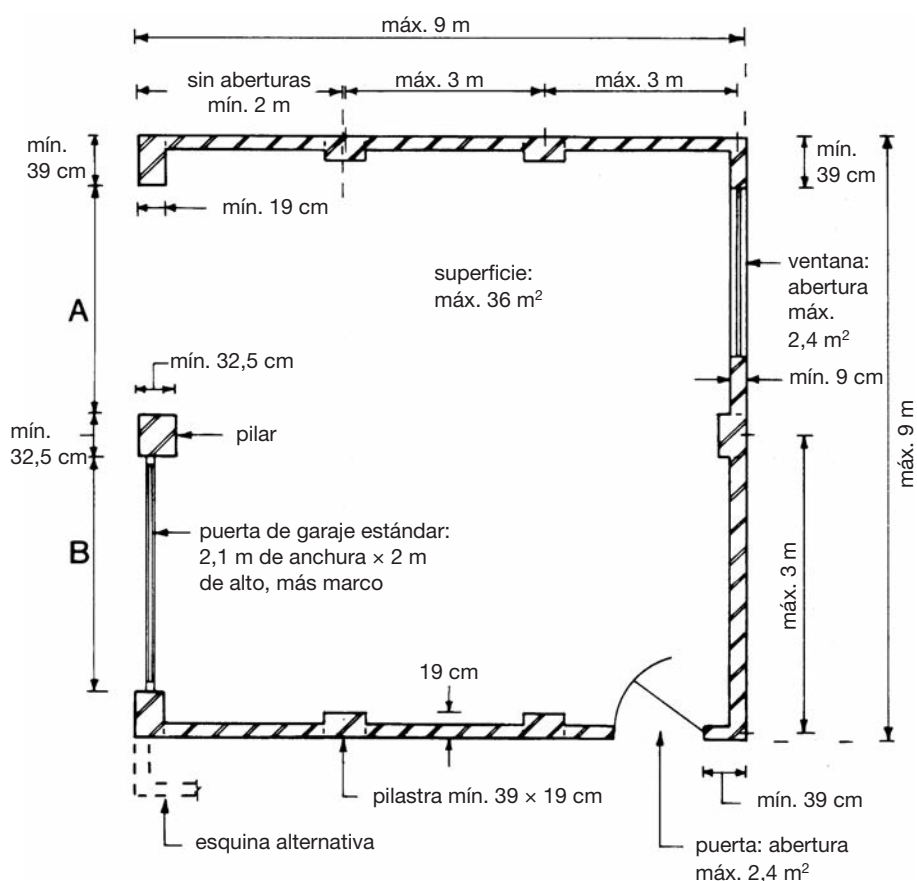
### Ejemplos tipo



Requisitos para un muro exterior de un pequeño edificio no residencial de una planta o un anexo que supere los 2,5 m de longitud o altura y una superficie inferior a 36 m<sup>2</sup> aprox.:

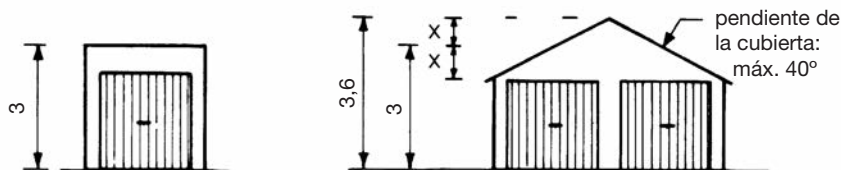
- Grosor mínimo: 9 cm; es decir, ladrillo de 10,25 cm o bloque de 10 cm.
- Albañilería de ladrillo macizo o bloque aparejado tomado con mortero de cemento.
- Peso mínimo de la albañilería: 130 kg/m<sup>3</sup> si la superficie es superior a 10 m<sup>2</sup>.
- Sin empujes laterales, salvo los del viento.
- Longitud o altura máxima no superior a 9 m.
- Altura máxima tal como se muestra en la pág. 305.
- El zuncho de la cubierta se encarga de proporcionar el arriostramiento, tal como se muestra en pág. 433.
- Como máximo, dos aberturas importantes en una fachada del edificio. Altura máx.: 2,1 m; anchura máx.: 5 m (en caso de haber dos aberturas, la anchura máx. debe ser inferior a 5 m).
- Puede haber otros huecos menores, tal como se muestra en la página siguiente.
- Trabadas o conectadas a toda altura a pilastras de sección 39 × 19 cm, con una separación entre ejes de máx. 3 m, tal como se muestra en las figuras superiores. las uniones con las pilastras se ejecutan con juegos de llaves planas de 20 × 3 mm de acero inoxidable y una separación vertical de 30 cm.

Pilastras trabadas a muros de media asta de grosor (mín. 9 cm)

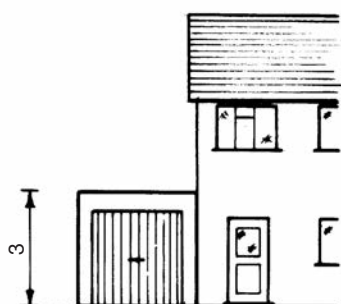


- Se admiten aberturas grandes (A y B) en una sola pared. La suma de sus anchuras debe ser  $\leq 5$  m y su altura máxima debe ser  $\leq 2,1$  m. No se admiten otras aberturas a menos de 2 m.
- Los demás muros que no tengan ninguna abertura grande, pueden tener aberturas menores cuya superficie total sea  $\leq 2,4$  m<sup>2</sup>.
- Como máximo, una sola abertura entre pilastras.
- La mínima distancia exterior desde cualquier esquina de una fachada a una abertura debe ser  $\geq 39$  cm, a menos que la esquina tenga una pilastra.
- La dimensión mínima de pilastra de 39 x 19 cm puede reducirse a 32,7 x 21,5 cm para adaptarse a las medidas del ladrillo.

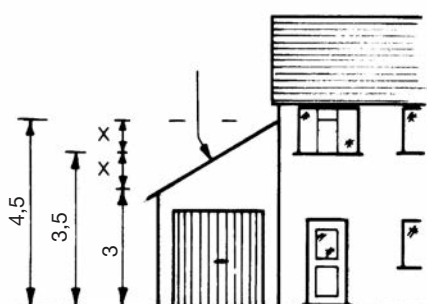
Los edificios construidos con muros de media asta de bloque macizo de hormigón de 10 cm de grosor (mín. 9 cm) y pilastras tienen límites de altura para mantener la estabilidad. La altura de esos edificios varía en función del perfil de la cubierta; en ningún caso excederá del menor valor de los indicados en los ejemplos siguientes:



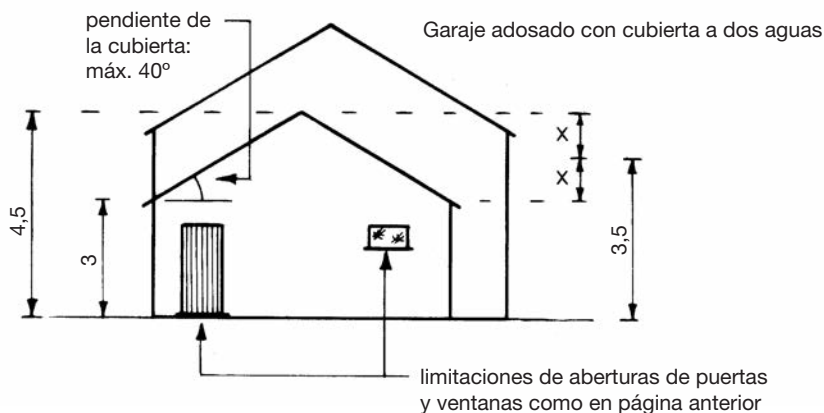
Garajes y talleres exentos no residenciales



Garaje adosado con cubierta plana



Garaje adosado con cubierta a un agua



NOTA: todas las dimensiones son máximas y en metros.

La altura se mide desde la cara superior del cimiento hasta la coronación del muro, excepto en los casos en los que se señala a una altura intermedia. En caso de que la cara inferior de la losa de piso proporcione un arriostramiento efectivo, las medidas pueden tomarse desde ahí.



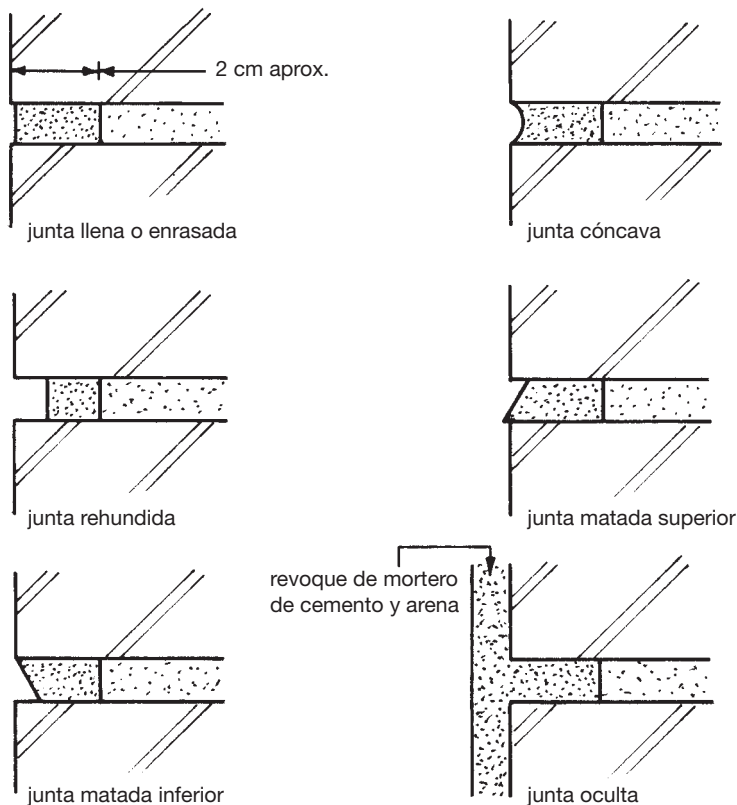
## Fábrica de ladrillo. Juntas y rejuntado

El aspecto de un edificio depende en gran medida del acabado que se da al mortero de las juntas.

**Junta:** espacio entre dos ladrillos contiguos de una fábrica y que suele rellenarse con mortero.

**Rejuntado:** operación que consiste en rascar el mortero de las juntas de una pared, hasta una profundidad de unos 2 cm y sustituirlo por una mezcla de mortero fresco, generalmente más resistente a la humedad. En ciertos casos, el mortero del rejuntado se colorea con algún pigmento para realzar el aspecto de la fábrica.

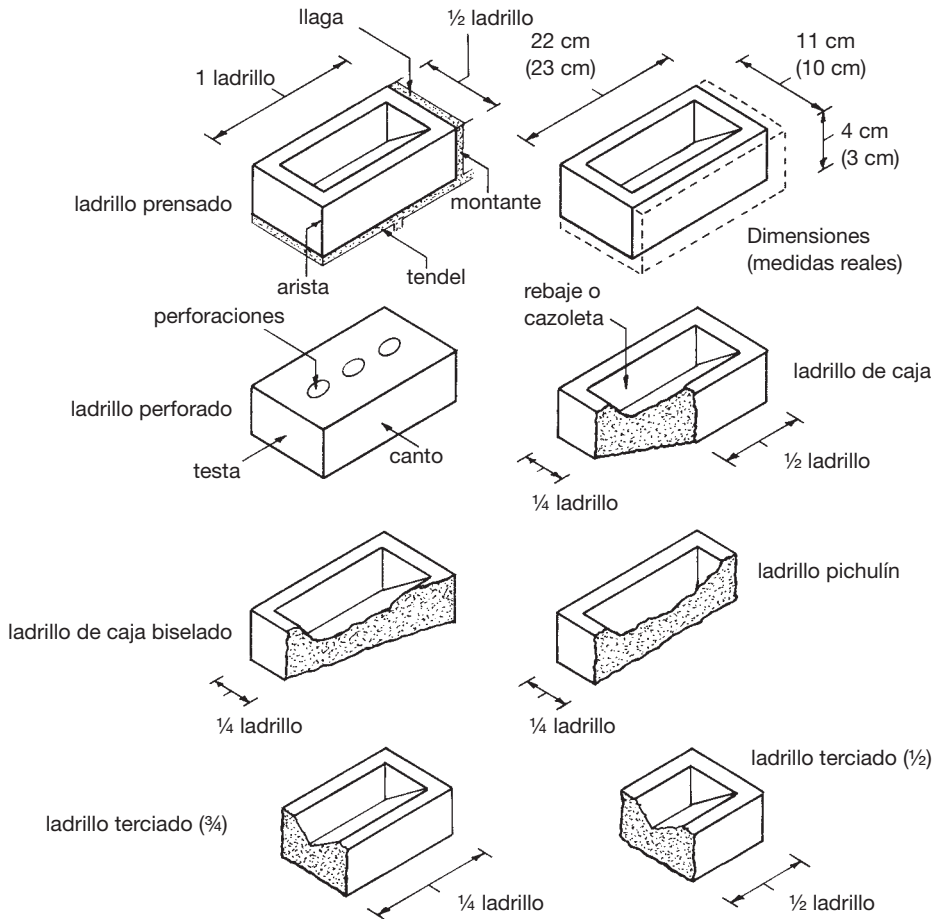
### Perfiles característicos de rejuntados



### EJEMPLOS DE REJUNTADOS DE ALBANILERÍA

NOTA: las juntas rehundida y matada inferior no deben utilizarse a la intemperie, pues retienen el agua de lluvia, lo que podría provocar daños en la fábrica en caso de heladas y favorecer la aparición de líquenes.

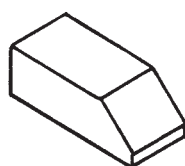
Se utilizan para resolver situaciones especiales, como cantos de peldaños, esquinas, jambas, albardillas, etc. El aparejo de un muro no es un puro capricho estético; en un buen aparejo, la disposición de los ladrillos busca la solidez e integridad del muro. En un muro de albañilería, la longitud de los solapes no debe ser inferior a un cuarto de la soga menos una junta. Las piezas especiales pueden obtenerse cortando a máquina o manualmente ladrillos normales, o bien comprándolas ya hechas. Las piezas a medida son relativamente caras ya que se fabrican individualmente en moldes de madera dura.



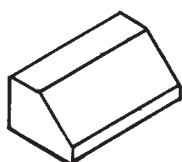
LADRILLOS NORMALIZADOS Y CORTADOS A MEDIDA

La fábrica de ladrillo puede llegar a ser repetitiva y monótona, pero con un poco de imaginación en el proyecto y una ejecución cuidadosa por mano de obra especializada, el resultado puede adoptar una expresión artística. La gran variedad de colores, texturas y acabados en que se presenta el ladrillo nos permite hacernos una idea del potencial artístico de la obra vista. Un posible acabado es aplicar la técnica del chorro de arena a la cerámica blanda, antes de cocer. Además, la extensa gama de técnicas de rejuntado, colores de mortero y formatos estándar y especiales permite múltiples posibilidades de expresión arquitectónica.

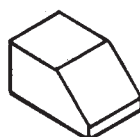
La mayor parte de los ladrillos se fabrica con arcilla cocida, pero también existen los de cemento —fabricados sin cocción, por compresión de una mezcla de arena y cemento, y, a veces, cal hidráulica— o los de hormigón. La arcilla es ideal para crear formas especiales manualmente en moldes de madera dura. A continuación se muestra una serie de formatos corrientes, pero las posibilidades de creación son ilimitadas.



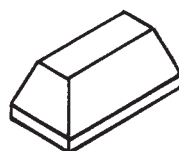
tizón para zócalo  
longitud 24 cm



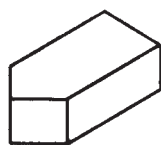
soga para zócalo  
grosor 12 cm



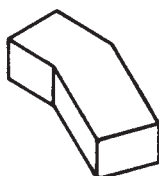
tizón terciado para  
zócalo longitud  
18 cm



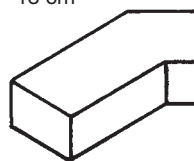
pieza de esquina  
para zócalo



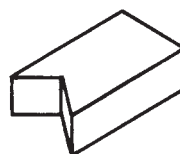
ladrillo esquina



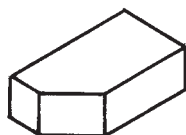
ladrillo en ángulo



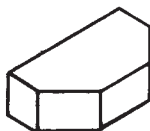
ladrillo en pata  
de perro



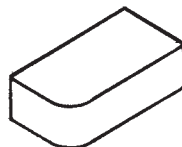
ladrillo en pico  
de pájaro



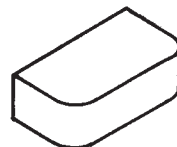
ladrillo biselado



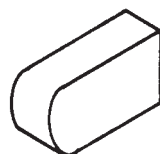
ladrillo doble  
biselado



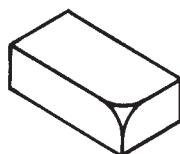
ladrillo romo



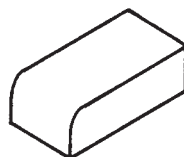
ladrillo doble romo



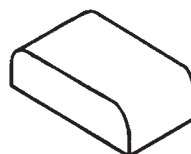
ladrillo 1/2 bocel



inglete redondeado



albardilla  
redondeada simple

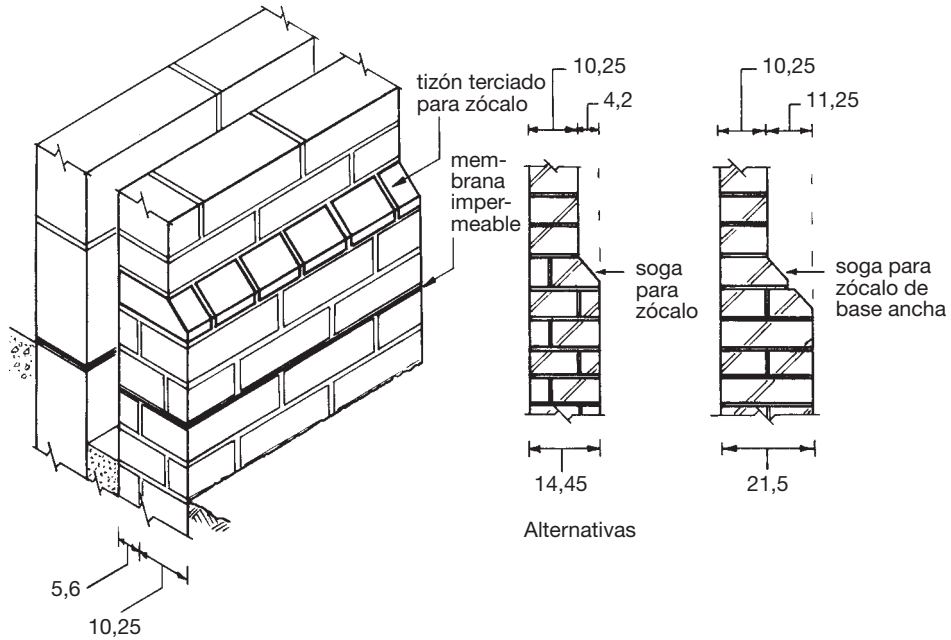


albardilla  
redondeada doble

LADRILLOS HECHOS A MEDIDA Y DE FORMATOS ESPECIALES

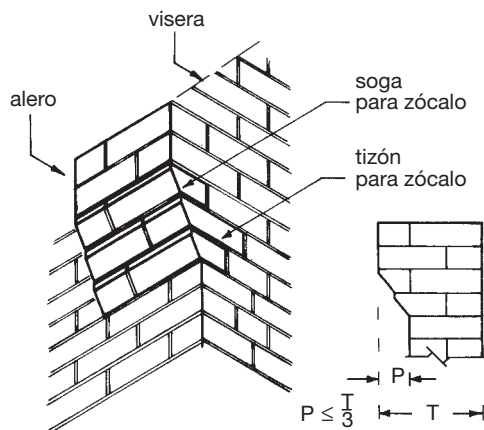
**Zócalos:** elemento saliente en la base de un muro exterior que se utiliza para realzar su aspecto. Su especial exposición a la intemperie determina que solo son aptos para esta función aquellos ladrillos con cualidades de resistencia a las heladas. Por la misma razón, hay que evitar la junta rehundida y la junta matada inferior, pues por su diseño tienden a retener el agua.

#### Base de muro exterior tipo



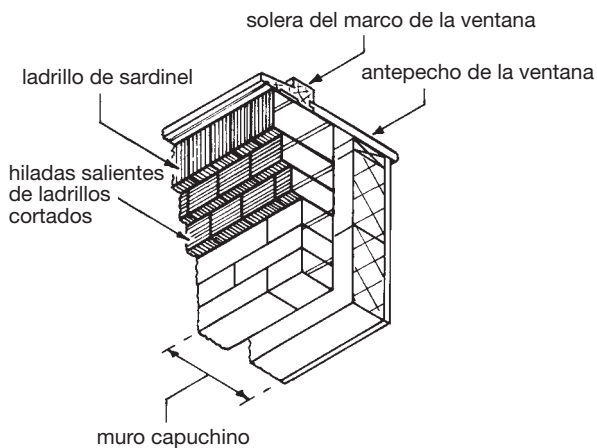
Alternativas

**Ménsula:** elemento saliente en la parte alta de un edificio. Puede crearse utilizando ladrillos de zócalo invertidos, manteniendo el aparejo de sogas y tizones. Por razones de integridad estructural, el vuelo total (P) no debe exceder un tercio del grosor total de la pared (T). En la página siguiente se muestran otros tipos de ménsula.



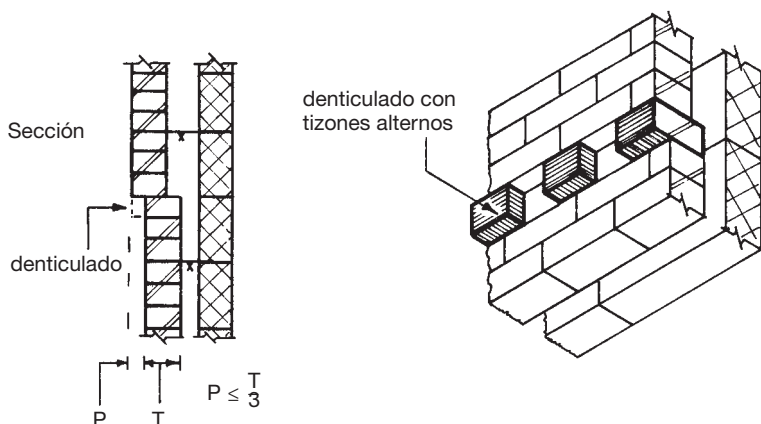
Detalle de ménsula en la unión del alero y la visera

**Ménsula:** es un tipo de zócalo invertido ubicado generalmente en las partes altas del edificio y que suele tratarse como un rasgo distintivo del mismo. Un ejemplo característico es el del detalle adjunto, correspondiente al antepecho de una ventana, construido con aparejo de cuartos de tizón.

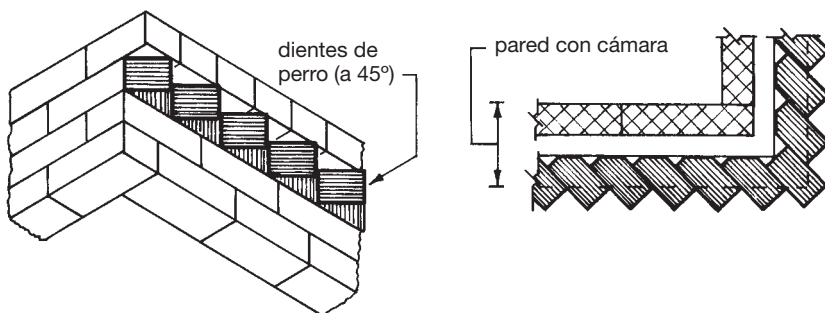


#### ALFÉIZAR AMARTELADO

**Denticulado:** variante de la ménsula continua en la que se hacen sobresalir tizones alternos.

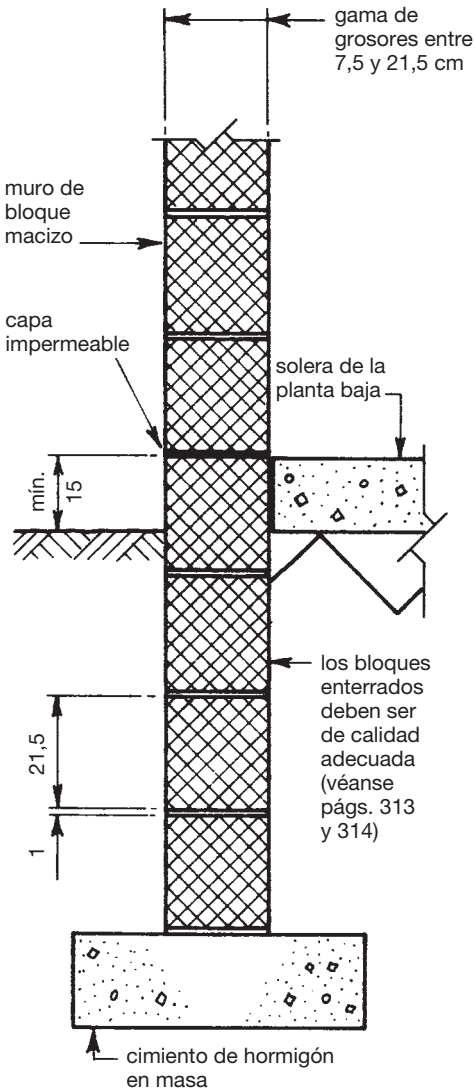


**Dientes de perro:** variante del denticulado en la que los elementos salientes a 45° se organizan.

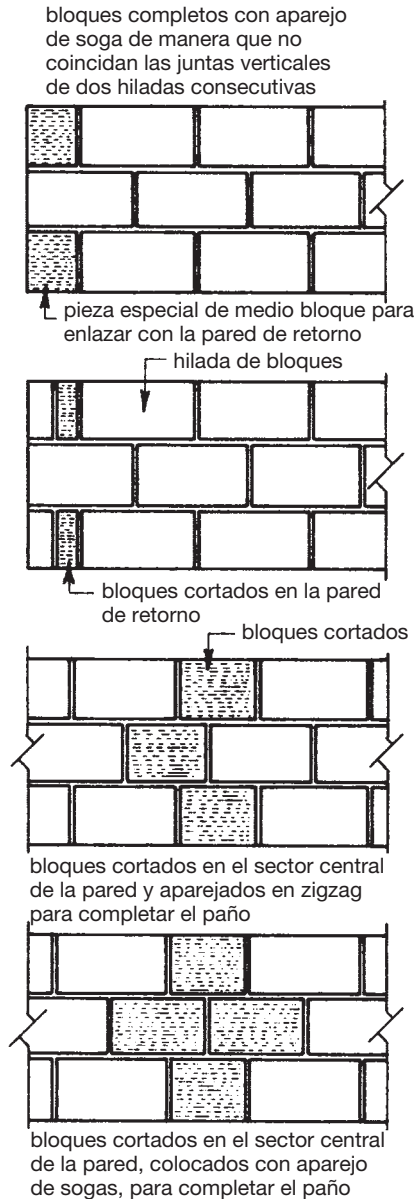


**Bloques:** elementos paralelepípedos prefabricados que se emplean en las construcción de muros y cuyas medidas exceden de las normalizadas como ladrillos. En España, la construcción con bloques está regulada en el “Código técnico de la edificación” (CTE). “Documento básico. Seguridad estructural: fábrica”. Según esta normativa, los bloques de muros de carga deben tener una resistencia mínima a compresión de 5 N/mm<sup>2</sup>.

### Detalles tipo



SECCIÓN

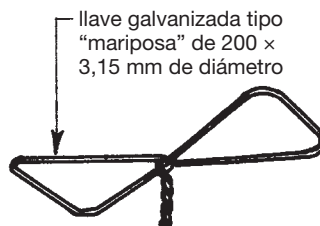
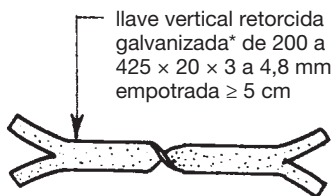
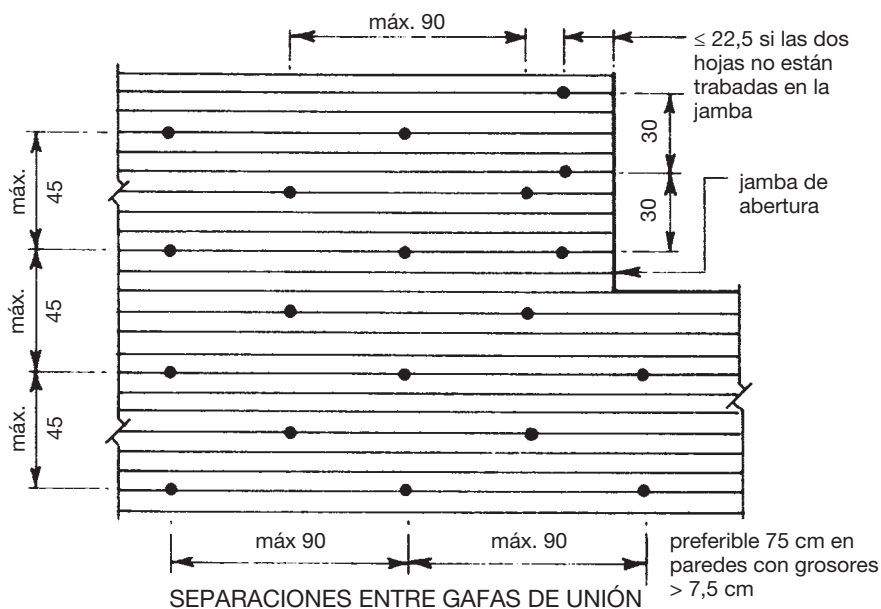


ALZADOS

**Pared con cámara:** también llamada pared hueca, consiste en una pared exterior de ladrillo o bloque, separada de otra interior por una cámara de aire. El conjunto de esas dos paredes tiene mayor poder aislante y mejores propiedades frente a los agentes atmosféricos que los de una sola pared maciza cuya masa fuera la suma de ambas. Por esta razón, las paredes con cámara de aire son de uso generalizado en las fachadas de los edificios residenciales. Las dos hojas de las paredes se ligan entre sí mediante anclajes de retención, llaves o lañas metálicas, dispuestos a trespelillo a distancias regulares (véase la figura inferior).

El grosor de la cámara debe estar comprendido entre 50 y 75 mm, a menos que se utilicen llaves retorcidas, como la que aparece en la figura inferior izquierda, pues en este caso el grosor de la cámara puede estar comprendido entre 75 y 300 mm.

Las cámaras deben ser estancas y, cuando sobrepasen el nivel de la cubierta, deberán sellarse por la parte superior.



### LLAVES METÁLICAS TÍPICAS

NOTA: en la actualidad se prefieren las llaves de acero inoxidable o no ferrosas.

**Requisitos mínimos:**

Grosor de cada hoja: 9 cm.

Anchura de la cámara: 5 cm

Llaves a distancias regulares (véase página anterior).

Resistencia a compresión de los ladrillos: 5 N/mm<sup>2</sup> para alturas hasta dos plantas.\*

Resistencia a compresión de los bloques: 2,8 N/mm<sup>2</sup> para alturas hasta dos plantas.\*

\* Para los ladrillos y los bloques de fábricas comprendidas entre los cimientos y la superficie del suelo suele prescribirse una resistencia de 7 N/mm<sup>2</sup>. Esa misma prescripción suele imponerse cuando el cimiento de debajo de la planta baja se encuentra a una profundidad  $\geq 1$  m.

Si se trata de una fachada, un muro medianero o un muro cortafuegos, el grosor combinado de las dos hojas + 1 cm debe ser  $\geq 1/6$  de la altura de la planta.\*\*

\*\*Por lo general se mide entre las caras inferiores de los apoyos laterales; por ejemplo, las de las caras inferiores de las vigas del suelo o el techo, o desde la cara inferior de las vigas del piso superior hasta media altura de un muro hastial.

Dimensiones de muro para un grosor combinado mínimo de las hojas de 9 + 9 cm:

| Altura     | Longitud  |
|------------|-----------|
| máx. 3,5 m | máx. 12 m |
| 3,5-9 m    | máx. 9 m  |

Dimensiones de muro para un grosor combinado mínimo de las hojas de 28 cm; p. ej., 19 + 9 cm para una altura de una planta y un grosor combinado mínimo de las hojas de 18 cm; es decir 9 + 9 cm, para el resto de la altura.

| Altura  | Longitud |
|---------|----------|
| 3,5-9 m | 9-12 m   |
| 9-12 m  | máx. 9 m |

Dimensiones de muro para un grosor combinado mínimo de las hojas de 28 cm para una altura de dos pisos, y un grosor combinado mínimo de las hojas de 18 cm para el resto de la altura.

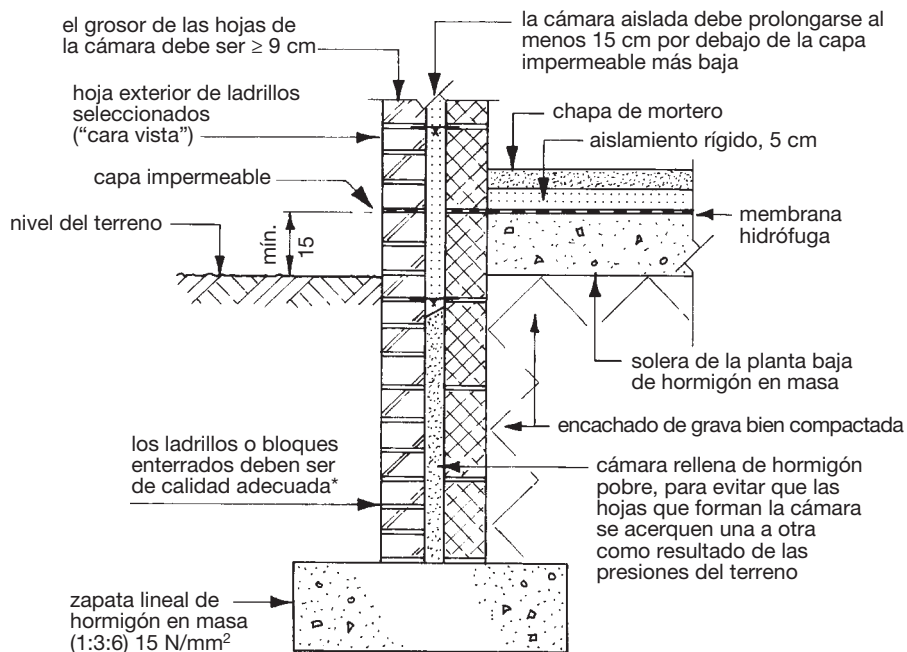
| Altura | Longitud |
|--------|----------|
| 9-12 m | 9-12 m   |

La longitud del muro se mide entre ejes de trabazones tales como las constituidas por machones, contrafuertes, pilastras, pilares o chimeneas.

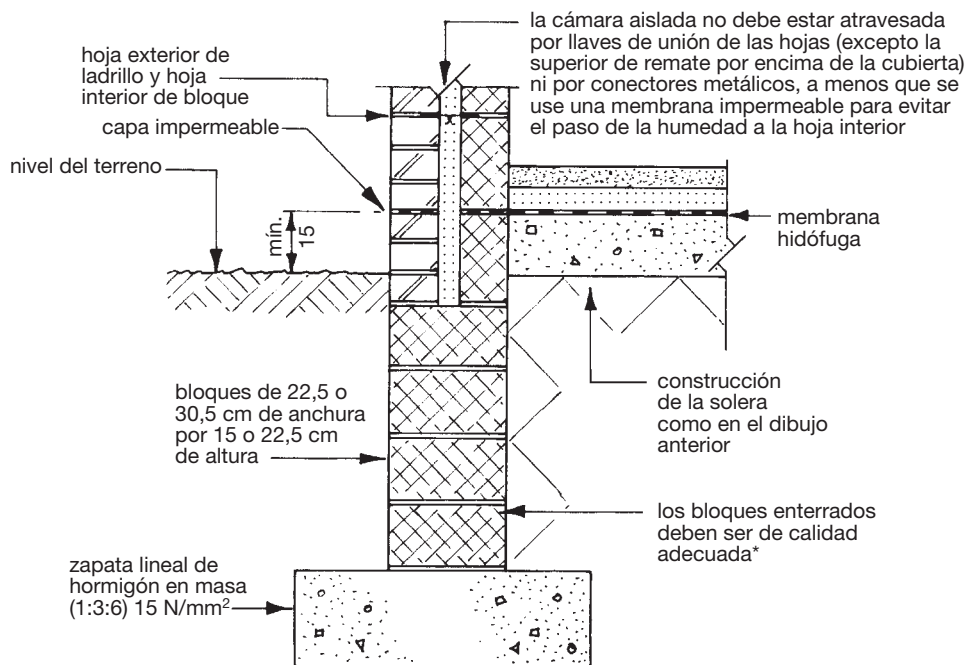
Para otras aplicaciones de muros, véanse los principios de cálculo de la fábrica de ladrillo en la pág. 327.



## Muros con cámara



CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

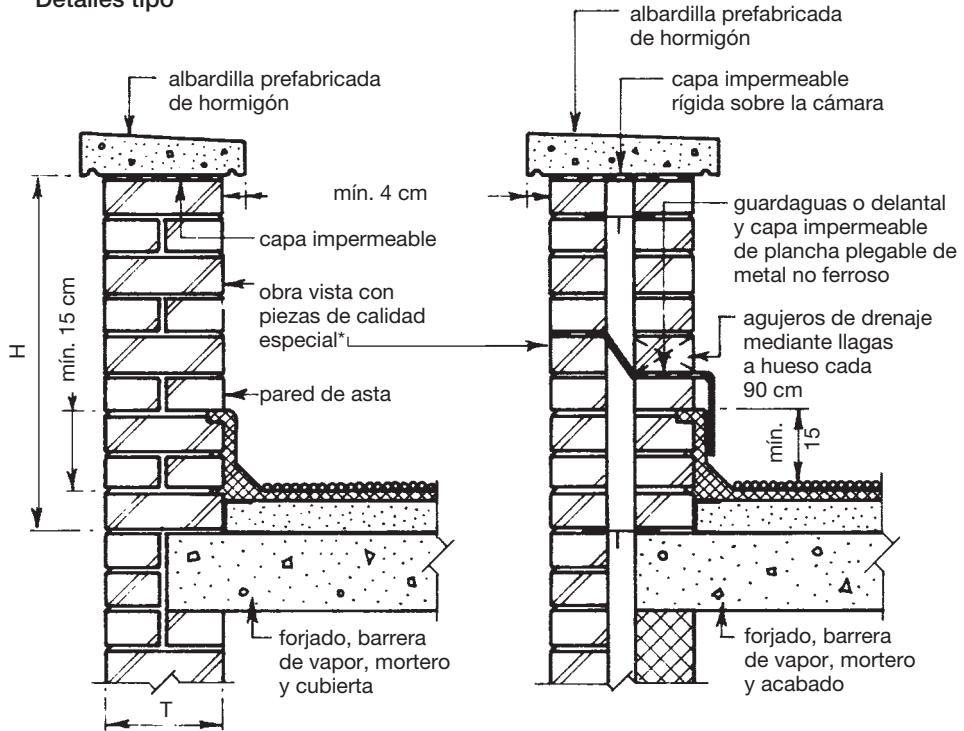


CONSTRUCCIÓN ALTERNATIVA

\* La resistencia mínima a compresión depende de la altura del edificio y de la carga.

**Pretil:** murete bajo que sobresale del nivel de una cubierta, un puente o un balcón formando una protección o barrera en el borde. Los pretils están expuestos a la acción de los elementos en sus tres caras, frontal, posterior y superior, por lo que requieren un cuidadoso diseño y una esmerada construcción para ser duraderos.

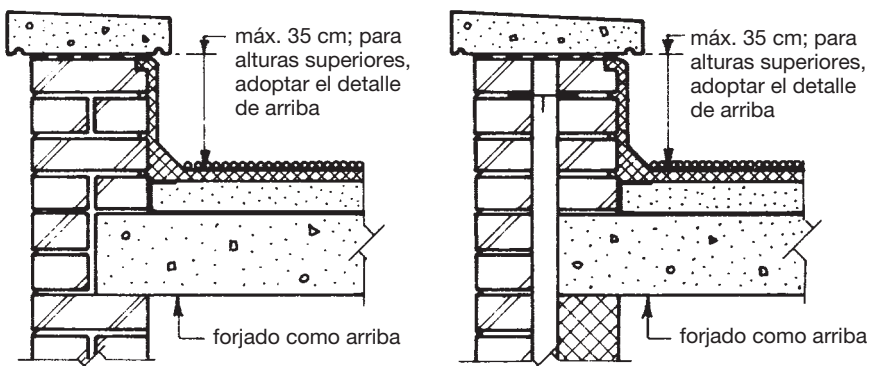
### Detalles tipo



T (un asta), H: 86 cm

MURO MACIZO. PRETIL ALTO

MUROS CON CÁMARA. PRETIL ALTO



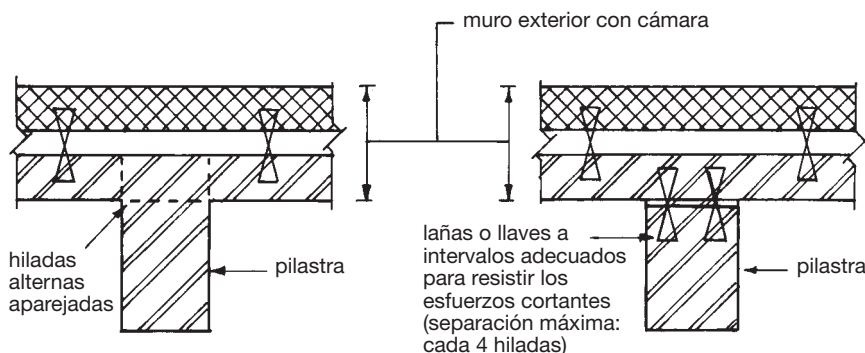
MURO MACIZO. PRETIL BAJO

MUROS CON CÁMARA. PRETIL BAJO

\* En caso de obra si revestir.

## Muros apilastrados

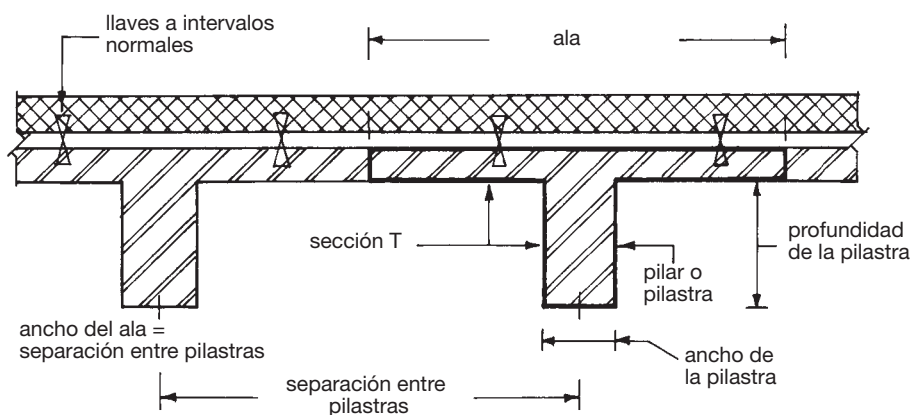
A lo largo de la historia, los muros con contrafuertes y pilastras de albañilería se han utilizado para proporcionar sostén lateral a los edificios altos de una planta, como iglesias y catedrales. Las aplicaciones modernas del apilastrado son similares a las tradicionales, e incluyen teatros, gimnasios, almacenes, etc. Si el espacio lo permite, son una alternativa económica para revestimientos de albañilería o para edificios con estructuras de hormigón armado. Si es posible, las pilastras irán aparejadas con el muro principal. También pueden conectarse con él por medio de lañas o llaves horizontales de unión embebidas en las juntas, con resistencia suficiente para soportar los esfuerzos cortantes verticales entre la pilastra y el muro.



MURO CON PILASTRA APAREJADA

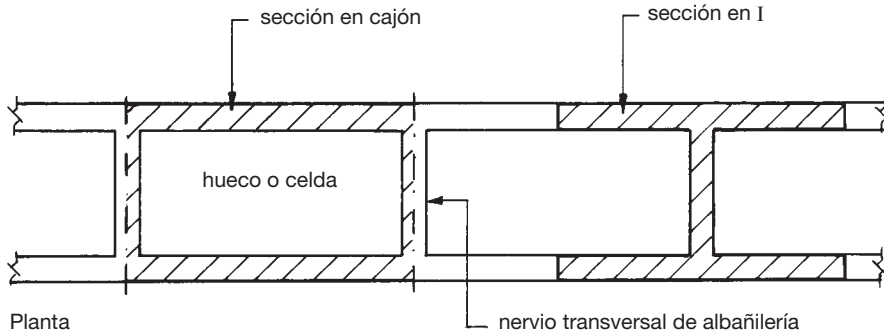
MURO CON PILASTRA ATIRANTADA

Desde el punto de vista estructural, las pilastras son pilares de refuerzo de muros de albañilería macizos o con cámara de aire. A efectos de diseño, puede considerarse que el muro se compone de un conjunto de secciones T formadas, cada una de ellas, por un "ala" y una "pilastra". Si el muro tiene cámara de aire, la hoja interior no se considera para el cálculo de los momentos flectores, aunque es evidente que proporciona rigidez a la hoja o "ala" exterior.



MURO CON PILASTRA COMO SECCIÓN ESTRUCTURAL EN T

Los muros “diafragma” de albañilería constituyen un medio alternativo de construir edificios altos de una sola planta, como almacenes, centros deportivos, iglesias, salones de actos, etc. También pueden emplearse como muros de contención o divisorios o para formar celdas, con posibilidades de plantación entre ellos. Asimismo, con este método pueden construirse muros de contención de altura considerable y capaces de resistir los empujes laterales, simplemente rellenando las celdas intermedias de hormigón y armándolas con una armadura de acero.



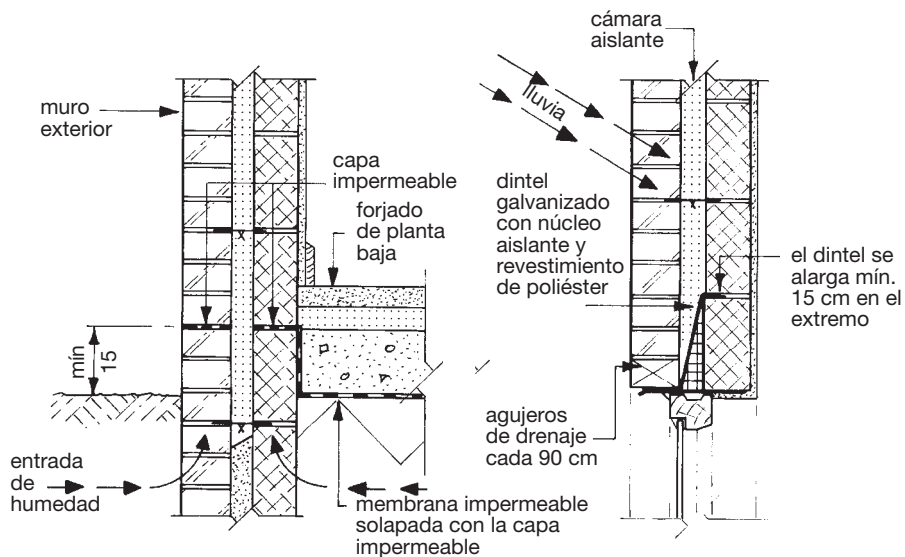
La organización de dos muros longitudinales unidos transversalmente es conceptualmente similar a un muro con cámara de aire, cuyas hojas están ligadas entre sí por medio de nervios transversales en lugar de por tirantes. Sin embargo, tiene la ventaja de ser más robusta que un muro hueco ligado con tirantes tradicionales y, desde el punto de vista estructural, puede considerarse un conjunto de secciones I o en forma de cajón. Los huecos sirven para alojar servicios, pero hay que tener en cuenta que la introducción incontrolada de aberturas en las paredes debilita la integridad estructural del conjunto. También cabe la posibilidad de rellenar los huecos con un material aislante, para reducir las pérdidas de energía calorífica del edificio y evitar las pérdidas de calor por circulación de aire dentro de los huecos. En lo referente al cumplimiento de las normas de aislamiento térmico, no hay que olvidar que este tipo de muro tiene sus limitaciones, en la medida en que los nervios transversales se comportan como puentes térmicos. El resultado de ello es que los coeficientes de transmisión calorífica de este tipo de muro aumentan aproximadamente un 10 % respecto a los de los convencionales con cámara de aire contruidos con los mismos materiales.

## Capas y membranas impermeables

**Función:** la principal función de cualquier capa o membrana impermeable es proporcionar una barrera estanca al paso de la humedad. Las capas impermeables se utilizan para:

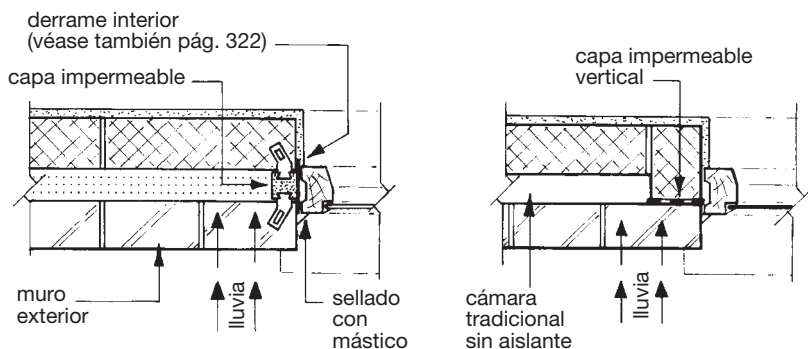
1. Resistir a la humedad que penetra por abajo (humedad ascendente).
2. Resistir a la humedad que penetra por arriba.
3. Resistir a la penetración horizontal de la humedad.

### Ejemplos tipo



PENETRACIÓN INFERIOR  
(planta baja/pared exterior)

PENETRACIÓN SUPERIOR  
(dintel de ventana/puerta)

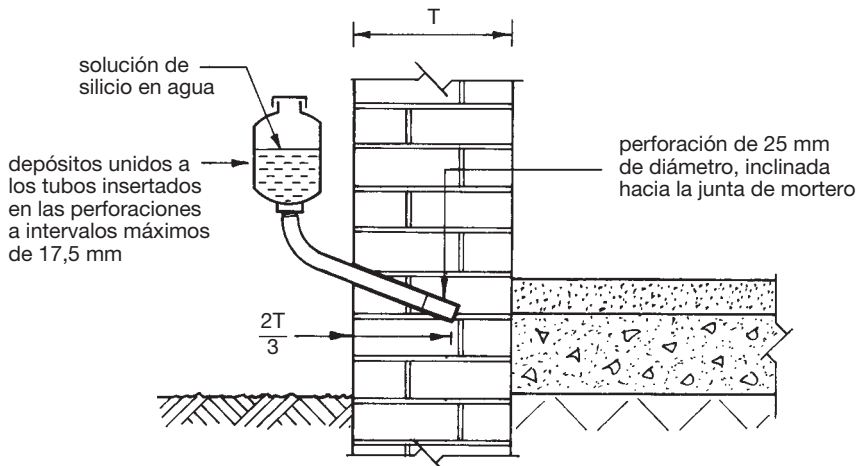


ENTRADA HORIZONTAL (jamba de ventana/puerta)

- Materiales:** Soluciones de silicio en disolvente orgánico.  
Soluciones de estearato de aluminio.  
Compuestos hidrosolubles del silicio.
- Métodos:** Inyección de soluciones con base de disolventes a alta presión (0,7-0,9 MPa).  
Inyección de soluciones con base de agua a baja presión (0,15-0,3 MPa).  
Alimentación por gravedad, con base de agua.  
Inserción/inyección de morteros.

**Inyecciones a presión:** se practican unas perforaciones de 12 mm de diámetro hasta una profundidad de unos  $\frac{2}{3}$  del grosor de la pared de albañilería, a intervalos de unos 15 cm en sentido horizontal y a la altura adecuada por encima del terreno (normalmente, unas dos o tres hiladas). Por lo general conviene que esos agujeros tengan una ligera inclinación hacia abajo. En el caso de inyecciones a alta (baja) presión, los muros de más de 12 cm (46 cm) de grosor deben perforarse por ambas caras. La solución química se inyecta mediante una bomba hasta que la pared de albañilería empieza a rezumar. Los muros con cámara de aire se tratan como si cada una de sus hojas fuera un muro macizo.

**Alimentación por gravedad:** se practican unas perforaciones de 25 mm de diámetro, igual que en las inyecciones a presión. El producto disuelto se transfiere desde unos contenedores que alimentan los tubos insertados en las perforaciones. Este proceso puede prolongarse desde unas horas hasta varios días. Como aplicación alternativa, se pueden introducir pellas congeladas en las perforaciones. Cuando se derrite, la solución se dispersa por la masa de la albañilería, momento en que se introducen nuevas pellas, y así sucesivamente, hasta que la pared esté saturada.



INYECCIÓN POR GRAVEDAD DE UNA DISOLUCIÓN DE SILICIO

**Inyección de morteros:** se practican unas perforaciones de 19 mm de diámetro por ambos lados de la pared, al nivel adecuado y con una separación horizontal no mayor de 23 cm, hasta una profundidad equivalente a unos 2/3 del grosor de la pared. Los agujeros deben tener una inclinación hacia abajo de unos 20-30°. Se limpian con agua y a continuación se les inyecta el mortero desde la base y hacia el exterior. Esta operación puede realizarse con una pistola manual de calafatear. Los morteros que se inyectan son especiales, con un cierto contenido de resina de estireno-butadieno o resina epoxi, y deben mezclarse siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.

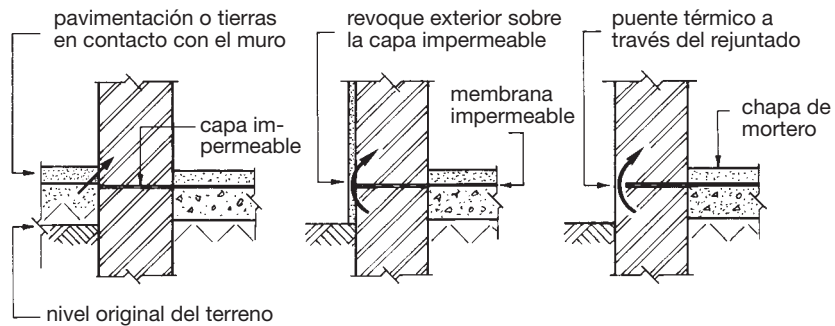
Notas relativas a todas las aplicaciones de impermeabilizantes químicos:

- Antes de comenzar el trabajo, deben eliminarse cuidadosamente todas las capas de revestimiento hasta dejar la albañilería a la vista. Esta operación se realizará hasta una altura mínima de 30 cm por encima de la última mancha de humedad ascendente por capilaridad y detectable con el higrómetro (mín. 1 m del suelo).
- Si la pared solo es accesible por un lado y ambas caras necesitan tratamiento, desde el lado accesible deberá realizarse una segunda serie de perforaciones más profundas, para penetrar en el lado inaccesible.
- Terminado el trabajo, se repasarán todos los agujeros con mortero de cemento. Si se ha utilizado un producto químico en la impermeabilización, se introducirá el mortero a presión hasta el fondo del agujero con ayuda de una espiga de madera.
- Los productos químicos actúan ligando y revistiendo los poros de la albañilería por curado y evaporación del disolvente.
- El proceso pretende proporcionar un grado aceptable de control sobre la humedad ascendente por capilaridad. Sin embargo, es posible que todavía aparezca una pequeña cantidad de vapor de agua, que se evaporará al calefactar el edificio.

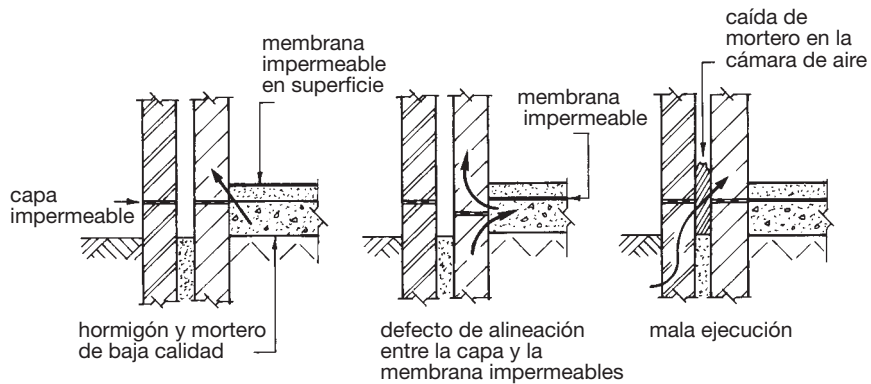
Además de por el deterioro o por las lesiones de la lámina impermeable, los puentes de penetración pueden producirse por:

- Defectos de proyecto y/o ejecución.
- Obras posteriores a la construcción, realizadas sin tener en cuenta la impermeabilización.

### Ejemplos tipo



MUROS MACIZOS



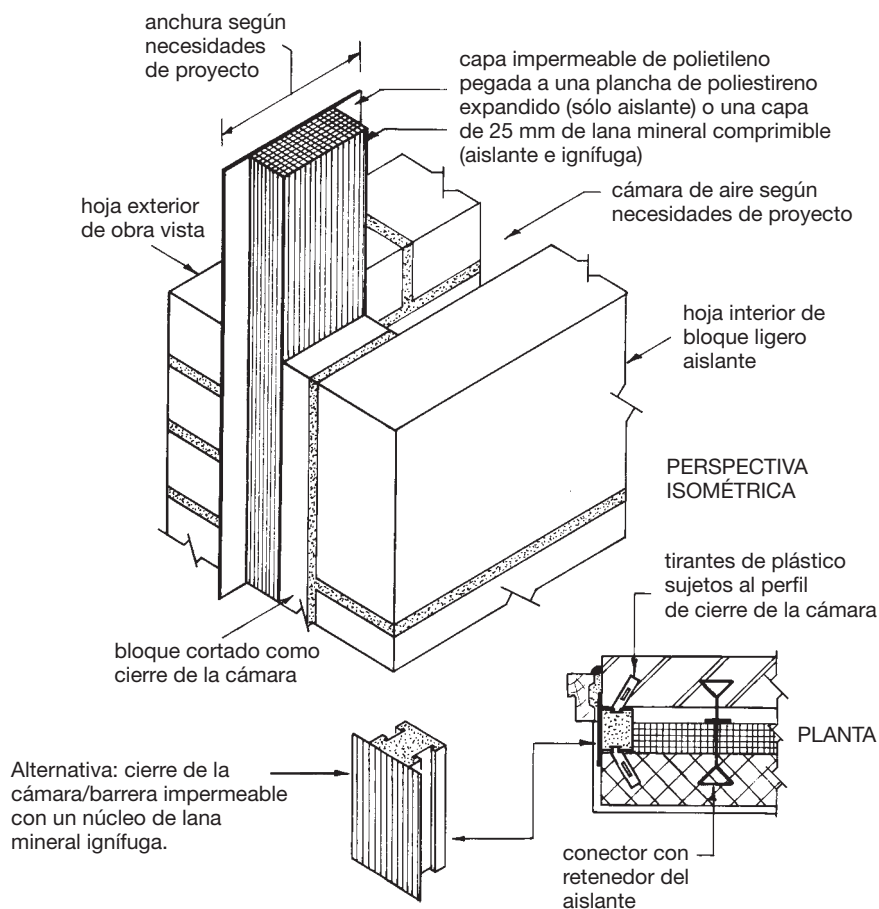
MUROS CON CÁMARA DE AIRE



## Capa impermeable aislante

La normativa sobre aislamiento térmico de algunos países pueden exigir la instalación de capas impermeables aislantes que eviten la aparición de puentes térmicos alrededor de las aberturas de puertas y ventanas en las paredes con cámara (véanse págs. 457 y 458). En cambio, si en el cierre de la cámara se interpone una capa impermeable vertical unida a un material aislante, la capa impermeable impedirá la entrada de la humedad exterior, mientras que el aislante conservará la temperatura de la jamba interior de la abertura. Todo esto ayudará a reducir las pérdidas caloríficas conservando la temperatura por encima del punto de rocío y evitando la condensación, las manchas de humedad y la aparición de moho.

### Aplicación



NOTA: pueden utilizarse aislantes con un núcleo de poliestireno expandido en aquellos puntos donde la integridad contra incendios no sea crítica.

### Gases penetrantes

**Metano:** hidrocarburo gaseoso e incoloro producido por la descomposición de materias orgánicas en los pantanos. A menudo se combina con el anhídrido carbónico y vestigios de otros gases para formar el llamado gas de vertedero. En los últimos años se ha convertido en un grave problema, pues las restricciones a la urbanización en los terrenos sin edificar de los cinturones verdes de las ciudades han obligado a urbanizar terrenos baldíos y contaminados.

El gas se desprende normalmente hacia la atmósfera, pero cuando se forma debajo de un edificio, la presión hace que acabe infiltrándose por las grietas, oquedades y uniones con las instalaciones. Como es inodoro, no es fácil de detectar hasta que entra en contacto con una llama, lo que lo convierte en devastador.

**Radón:** es un gas incoloro e inodoro presente en la naturaleza y producido por emanación de depósitos de radio. Se origina en depósitos de uranio de subsuelos graníticos. La concentración de radio aumenta considerablemente en edificios de albañilería granítica. Al parecer, se han demostrado sus efectos cancerígenos en individuos expuestos durante años a sus radiaciones. Se emplea en medicina con diversos fines: en el tratamiento del cáncer, en radiografía, en investigación química, etc.

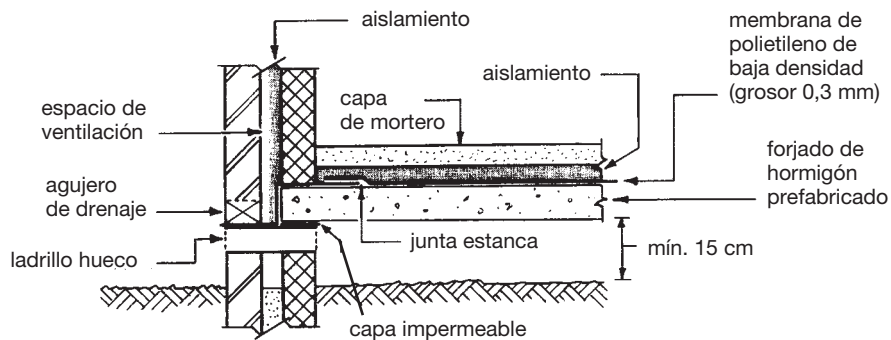
La protección de los edificios y de sus ocupantes contra los gases subterráneos puede obtenerse por medios pasivos o activos incorporados a la estructura.

1. La protección pasiva se basa en un sellado estanco integrado entre los muros y el forjado de la planta baja. Puede ser suficiente una membrana estándar de polietileno de baja densidad de 0,3 mm de grosor, siempre que estén bien selladas las juntas, aunque lógicamente es preferible una de mayor grosor, de hasta 1 mm, combinada con un refuerzo de chapa y/o tela metálica.
2. La protección activa requiere la instalación de un extractor que funcione permanentemente conectado a un colector de gas debajo del forjado de la planta baja del edificio. Esta instalación debe considerarse como parte del sistema de servicios del edificio y comportará gastos de funcionamiento y mantenimiento a lo largo de la vida del edificio.

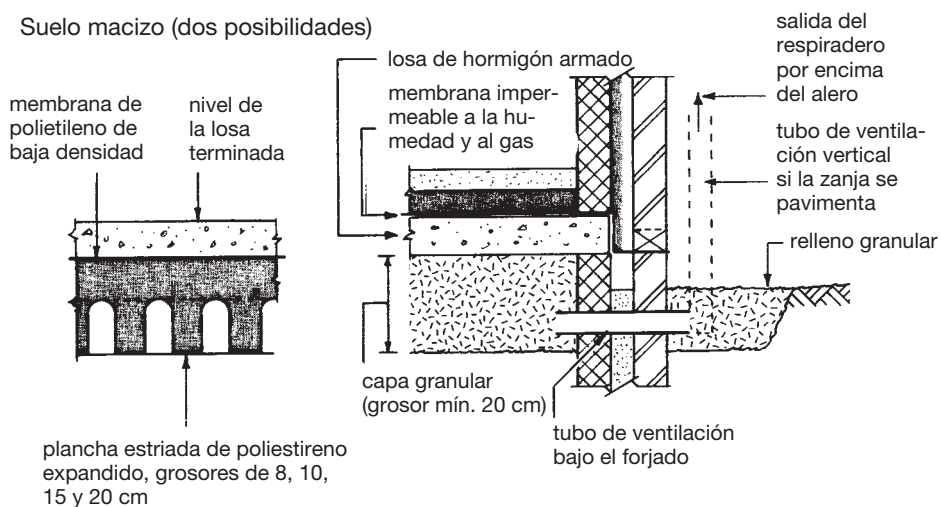
(Véanse detalles en página siguiente).

Forjado sanitario de hormigón

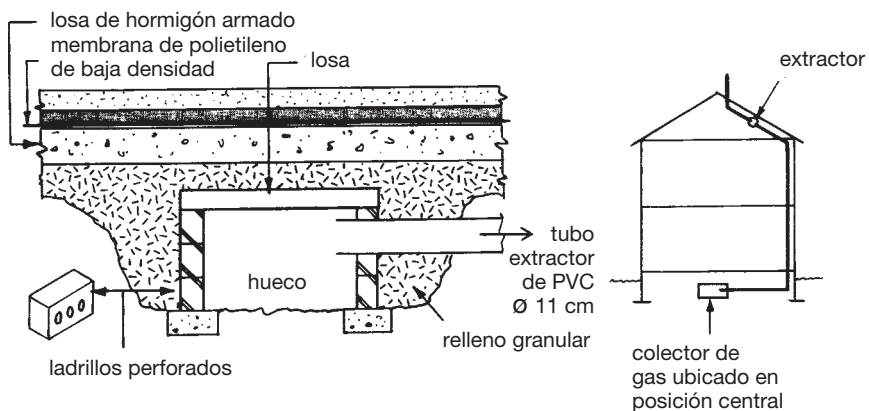
PASIVA



Suelo macizo (dos posibilidades)



ACTIVA



**Cálculo de la fábrica de ladrillo:** para el cálculo de muros de albañilería en España es preciso comprobar el "Código técnico de la edificación", que establece los procedimientos de verificación de la seguridad estructural de fábricas de ladrillo, bloque de hormigón y de cerámica aligerada, y fábricas de piedra, incluyendo las que contengan armaduras o refuerzos de hormigón armado.

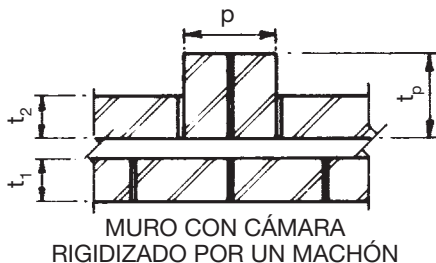
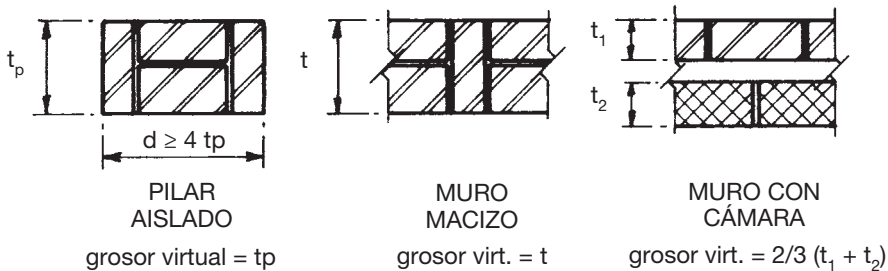
Los factores principales que determinan la capacidad portante de muros y pilares de ladrillo son los siguientes:

1. Grosor del muro.
2. Resistencia de los ladrillos empleados.
3. Tipo de mortero empleado.
4. Grado de esbeltez del muro o pilar.
5. Excentricidad de la carga aplicada.

**Grosor del muro:** el muro debe tener en todos sus puntos el grosor suficiente para soportar las cargas de proyecto y los esfuerzos inducidos. Para determinar el grosor de un muro, también deben tenerse en cuenta otras consideraciones, tales como aislamientos térmicos y acústicos.

**Grosor virtual:** es el grosor supuesto del muro o pilar que se emplea para calcular su grado de esbeltez (véase pág. 327).

#### Ejemplos tipo



grosor virtual =  
 $2/3 (t_1 + \text{grosor virtual } t_2)$

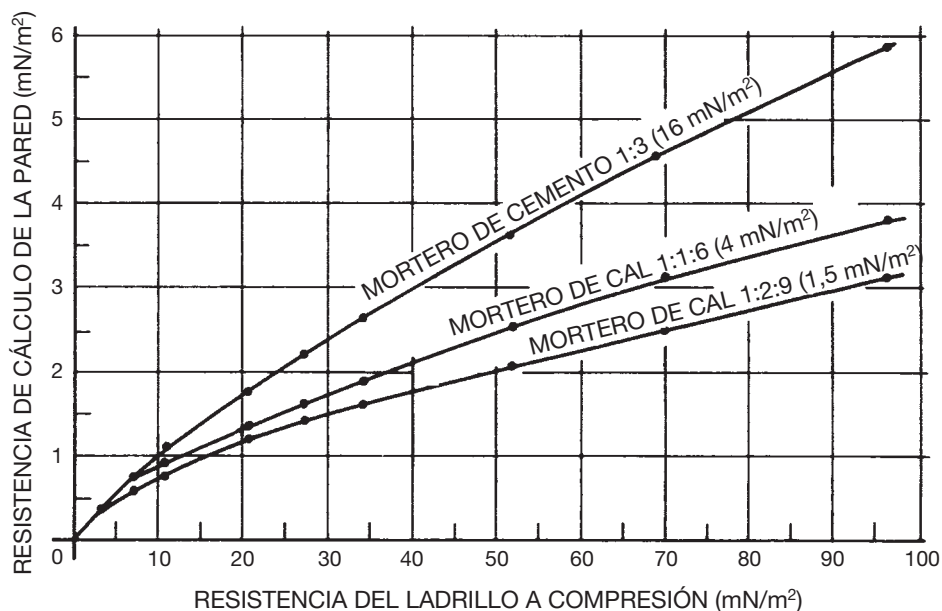
Puede calcularse el grosor virtual de  $t_2$  multiplicándolo por un coeficiente de rigidización obtenido por tablas.

**Resistencia de los ladrillos:** dada la amplia gama existente en cuestión de materias primas y de métodos de fabricación, la resistencia a compresión de los ladrillos puede presentar grandes variaciones. La resistencia a compresión de un ladrillo o de una hornada de ladrillos se establece en la UNE-EN 772-1:2002.

Una serie típica de ladrillos cerámicos daría unos resultados comprendidos entre 20 y 170 N/mm<sup>2</sup>, estando la mayoría de ellos incluidos en la franja de 20 a 90 N/mm<sup>2</sup>. Por lo general, los ladrillos silicocalcáreos tienen menor resistencia a compresión que los cerámicos; una serie típica de ladrillos silicocalcáreos podría estar comprendida entre 10 y 65 N/mm<sup>2</sup>.

**Resistencia de los morteros:** el mortero es una mezcla de un árido (arena) y un ligante, generalmente cemento. Para mejorar la docilidad, al cemento se le suelen añadir aditivos o cal. La resistencia de la mezcla está relacionada con la dosificación, es decir, con la proporción volumétrica entre sus componentes; se expresa empezando por el conglomerante o conglomerantes y terminando por la arena, que se citará siempre en último lugar (cemento:cal:arena). Para averiguar la resistencia de un mortero, se suele calcular la media aritmética de una serie de cubos de muestra (véase pág. 329).

**Resistencia de una pared de fábrica:** la resistencia de una pared de fábrica de ladrillo depende de la resistencia a compresión de los ladrillos y del tipo de mortero empleado en la construcción de la pared. Esta relación se puede representar con el siguiente gráfico, extraído de la norma británica (CP 111, tabla 3):



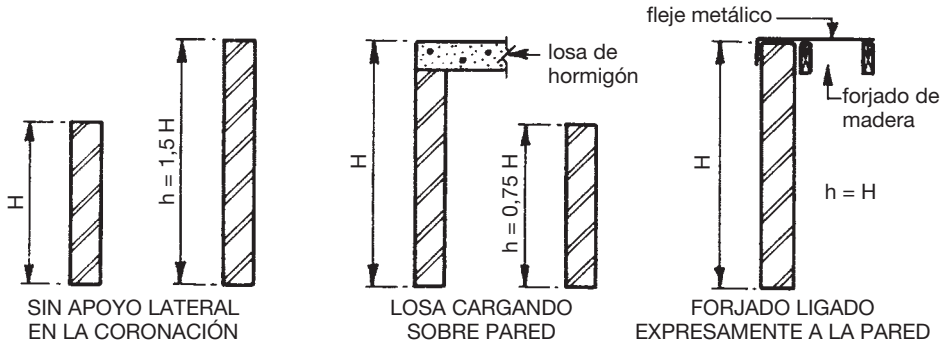
NOTA: 1 mN/m<sup>2</sup> equivale a 1 N/mm<sup>2</sup>.

**Grado de esbeltez:** cociente entre la altura virtual y el grosor virtual:

$$\text{Grado de esbeltez} = \frac{\text{altura virtual}}{\text{grosor virtual}} = h/t$$

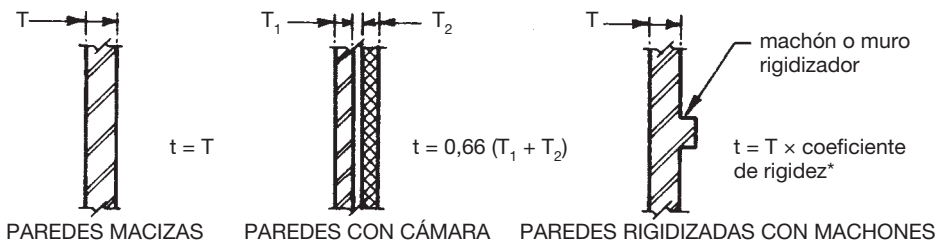
**Altura virtual:** distancia entre los puntos de inflexión de la deformada del eje del elemento sometido a flexopandeo. Es la dimensión que se toma para calcular el grado de esbeltez, por contraposición a la altura real.

**Ejemplos tipo:** altura real = H; altura virtual = h

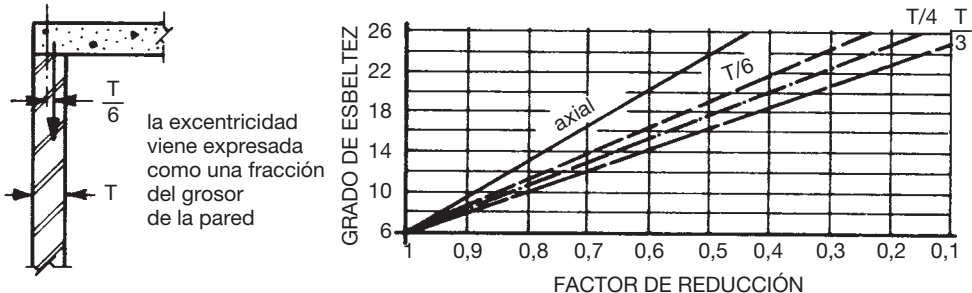


**Grosor virtual:** es la dimensión que se adopta para calcular el grado de esbeltez, por contraposición al grosor real. Para dimensionar el grosor virtual de un elemento de muro se toma su sección menor, sin contar revocos ni guarnecidos.

**Ejemplos tipo:** grosor real = T; grosor virtual = t



**Reducción de fatigas:** la fatiga admisible de un muro se basa en el producto de la fatiga básica por un factor de reducción que está relacionado con el grado de esbeltez y con la excentricidad de la carga:



## Morteros para fábricas de ladrillo y de bloque (1)

**Cal:** los morteros tradicionales son una combinación de cal, arena y agua. Esas mezclas son muy manejables y tienen la suficiente flexibilidad para tolerar movimientos leves del soporte debidos a pequeños asentamientos, dilataciones y contracciones. Los morteros de cal tienen escasa durabilidad ya que pueden descomponerse en presencia de contaminantes atmosféricos y un mal comportamiento frente a ciclos de hielo y deshielo o cristalización de sales. Sin embargo, es frecuente recomendar la cal como aglomerante suplementario del cemento para mejorar la docilidad de la mezcla y reducir la posibilidad de retracción y agrietamiento de las juntas, una característica típica de los morteros más ricos.

**Cementos:** la historia de los morteros de componentes similares al cemento es extensa. Los primeros ejemplos conocidos se remontan a tiempos de la Mesopotamia y el Egipto antiguos; uno de esos primeros ejemplos, de más de diez mil años de antigüedad, ha sido hallado en Galilea (Israel). Los morteros modernos están hechos con cemento pórtland, nombre que se atribuye a un albañil británico, Joseph Aspdin, quien en 1824 patentó el cemento pórtland, un producto de cal hidráulica mejorada que se parecía a la piedra de Portland. Sin embargo, no sería hasta la década de 1920 cuando se produciría comercialmente el cemento pórtland tal como lo conocemos hoy, a partir de una mezcla de lechada de arcilla (óxidos de silicio, aluminio y hierro) con piedra caliza (carbonato de calcio). La mezcla se calcina en un horno especial y el material resultante (denominado clínker) se machaca y muele hasta formar el polvillo de cemento, que se ensacará para su distribución.

**Mortero:** mezclas para emplear en albañilería, que deben tener las siguientes propiedades:

- Resistencia adecuada.
- Docilidad.
- Retención de agua durante la puesta en obra.
- Plasticidad durante su aplicación.
- Adherencia o ligazón.
- Durabilidad.
- Buen aspecto: textura y color.

Los morteros modernos son una mezcla de cemento, cal y arena con agua. Existen plastificantes como sustitutos de la cal para mejorar su docilidad y proporcionar resistencia frente a las heladas, cuando se utilizan en invierno.

**Cementos para albañilería:** esos cementos, patentados por lo general, contienen alrededor del 75 % de cemento pórtland y del 25 % de polvillo de piedra calcárea de aporte, con un plastificante aireante. En las especificaciones de los componentes del mortero debe preverse también la posibilidad de adoptar un contenido de cemento reducido. En todo caso, esos cementos no son adecuados para el hormigón.

**Mortero mezclado en fábrica:** se entrega en seco para su almacenamiento en silos especiales; las hormigoneras integrales son una alternativa a la mezcla y amasado en obra. Con ello se asegura:

- Producto controlado con la garantía de fábrica.
- Comodidad.
- Homogeneidad de las distintas amasadas.
- Satisfacción adecuada de las demandas variables.
- Residuos limitados.
- Uso óptimo del espacio en obra.

**Resistencia del cemento y el mortero:** véase también pág. 326. Las probetas son prismas de 4 × 4 cm de base y 16 cm de longitud. A los 28 días se procede a partir por la mitad los prismas para comprobar su resistencia a flexión. Las piezas rotas son sometidas a un ensayo a compresión realizado transversalmente a su anchura de 4 cm. En la tabla inferior se muestra una comparación entre resistencias de morteros (mN/m<sup>2</sup> o N/mm<sup>2</sup>), designaciones de morteros (i a v), y dosificaciones de la mezcla, que incluyen sugerencias de aplicaciones.

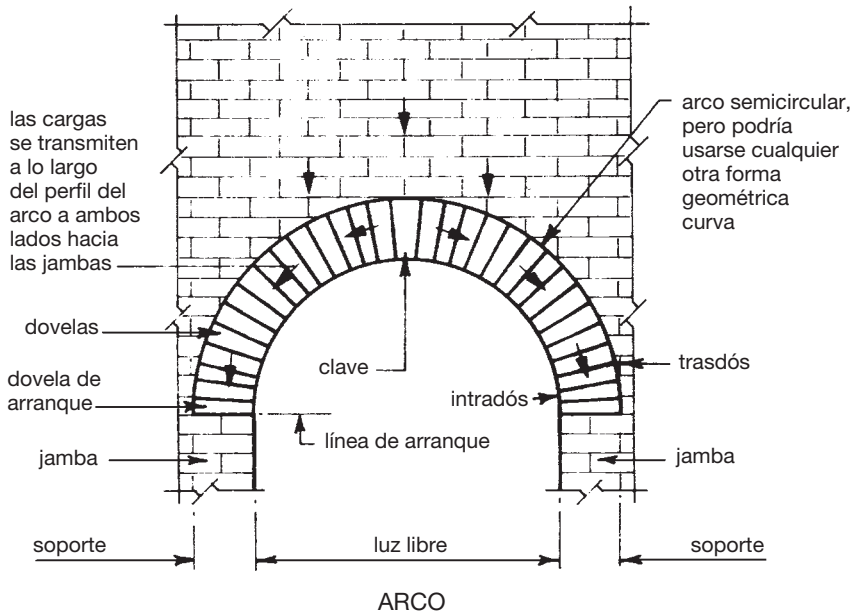
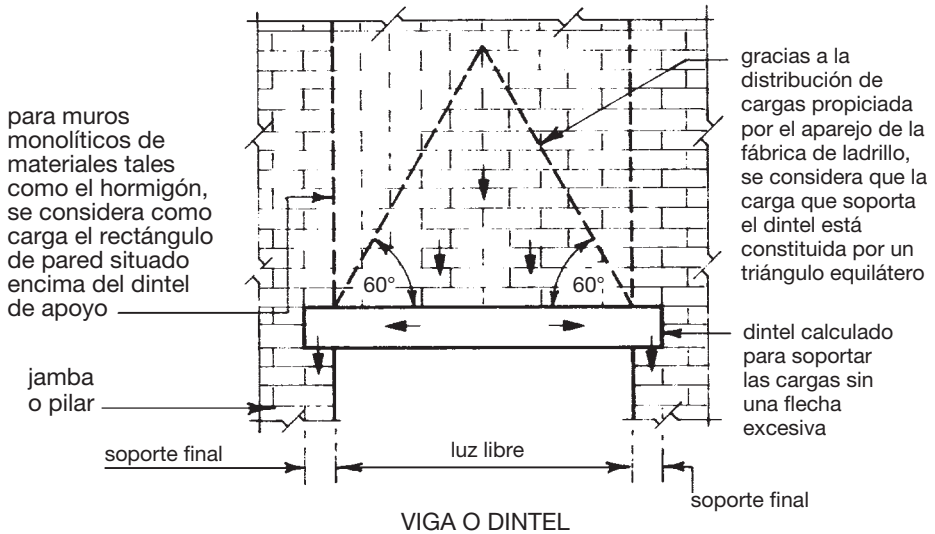
**Clasificación de morteros:**

| Designación tradicional | Resistencia (N/mm <sup>2</sup> ) | Dosificación en volumen |               | Aplicación         |
|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------|--------------------|
|                         |                                  | cemento/cal/arena       | cemento/arena |                    |
| i                       | 12                               | 1:0,25:3                | 1:3           | Exterior expuesta  |
| ii                      | 6                                | 1:0,5:4-4,5             | 1:3-4         | Exterior general   |
| iii                     | 4                                | 1:1:5-6                 | 1:5-6         | Interior protegida |
| iv                      | 2                                | 1:2:8-9                 | 1:7-8         | Interior general   |
| v                       | –                                | 1:3:10-12               | 1:9-10        | Interior, lechadas |



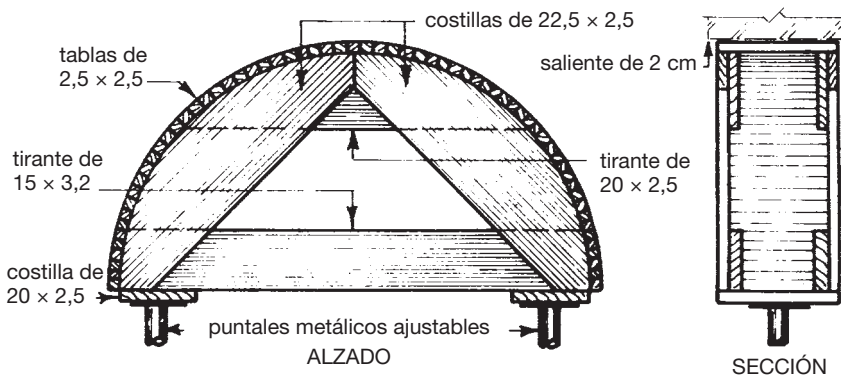
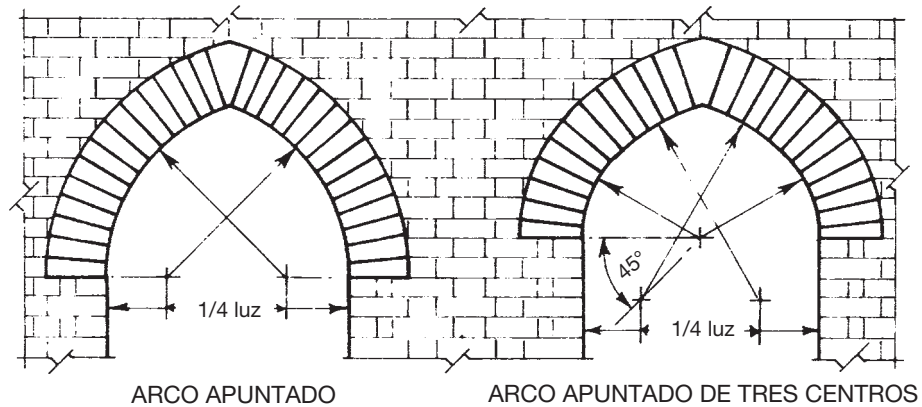
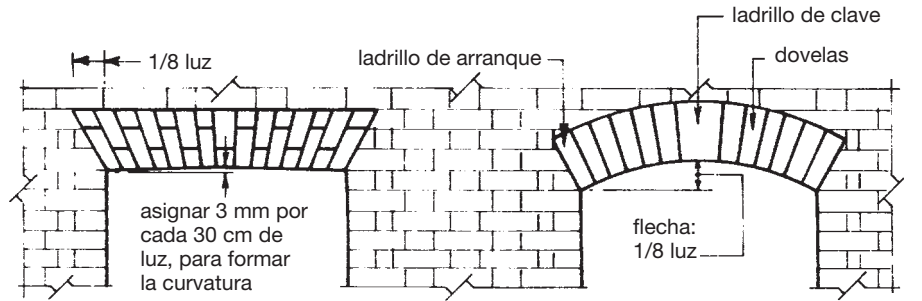
**Apoyos de la fábrica sobre las aberturas:** la función primordial de cualquier apoyo sobre una abertura es soportar las cargas que actúan sobre esta y transmitir las a ambos lados, hacia los contrafuertes, jambas o machones. Generalmente se requiere un elemento de apoyo sobre la abertura, ya que el marco de la puerta o ventana no tiene la resistencia suficiente para soportar las cargas.

### Tipos de apoyo



**Construcción de un arco:** gracias a la organización de los ladrillos o piedras de un arco situado sobre una abertura, este será autoportante una vez que el material de unión haya fraguado y adquirido la resistencia adecuada. Por tanto, el arco debe construirse sobre una estructura de apoyo provisional, hasta que llegue a ser autoportante. El método tradicional consiste en usar una cimbra de madera. También existen cimbras permanentes para luces pequeñas y formatos sencillos.

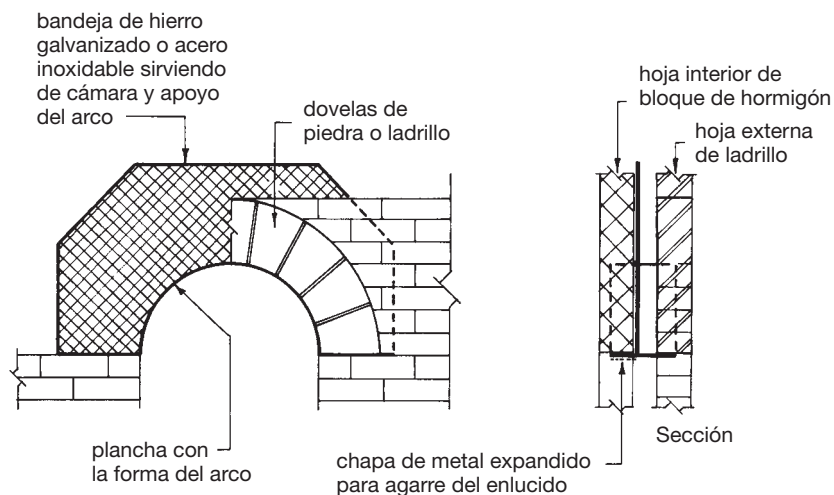
### Formatos tipo de arco



CIMBRA DE MADERA PARA LUCES DE HASTA 1,5 m

El perfil de un arco no favorece precisamente la colocación de una capa impermeable. A lo sumo, la capa impermeable podría colocarse horizontalmente al nivel superior del extradós. Ello dejaría sin protección frente a la humedad a toda la profundidad del arco y de la albañilería situada debajo de la capa impermeable. La colocación de una bandeja galvanizada o de acero inoxidable resuelve limpiamente este problema, proporcionando:

- Continuidad a la capa impermeable alrededor del extradós.
- Apoyo/cimbra del arco durante la construcción.
- Apoyo del arco y del muro después de la construcción.

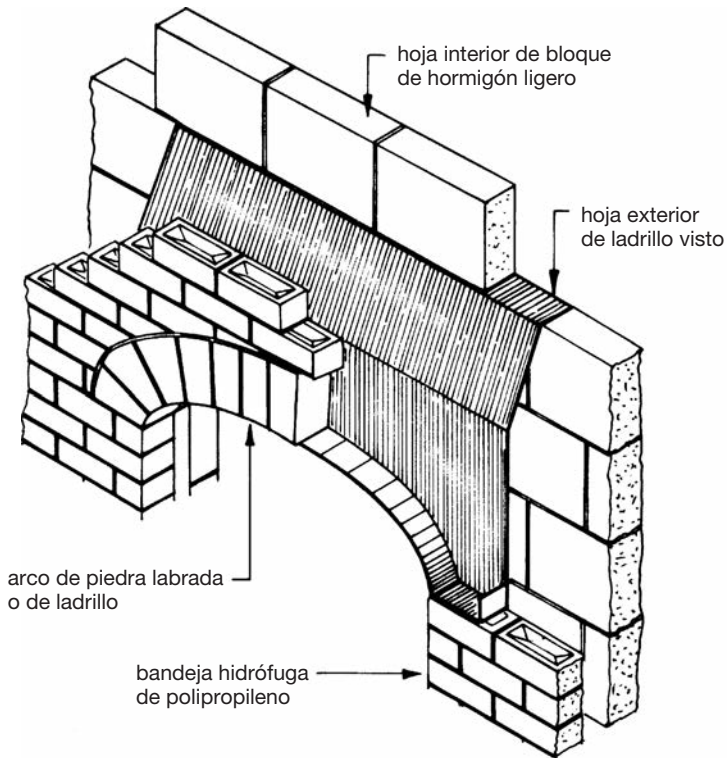


Como se ha visto en las dos páginas precedentes, se fabrican plantillas de formas estándar de hasta unos 2 m de luz, aunque algunos fabricantes ofrecen otras posibilidades. Las formas y luces irregulares se fabrican bajo pedido.

NOTA: las proporciones de los arcos semicirculares, rebajados o parabólicos de hasta 2 m de luz pueden calcularse empíricamente. En aras de la integridad de la estructura, es importante disponer de la suficiente cantidad de albañilería sobre y alrededor del arco.

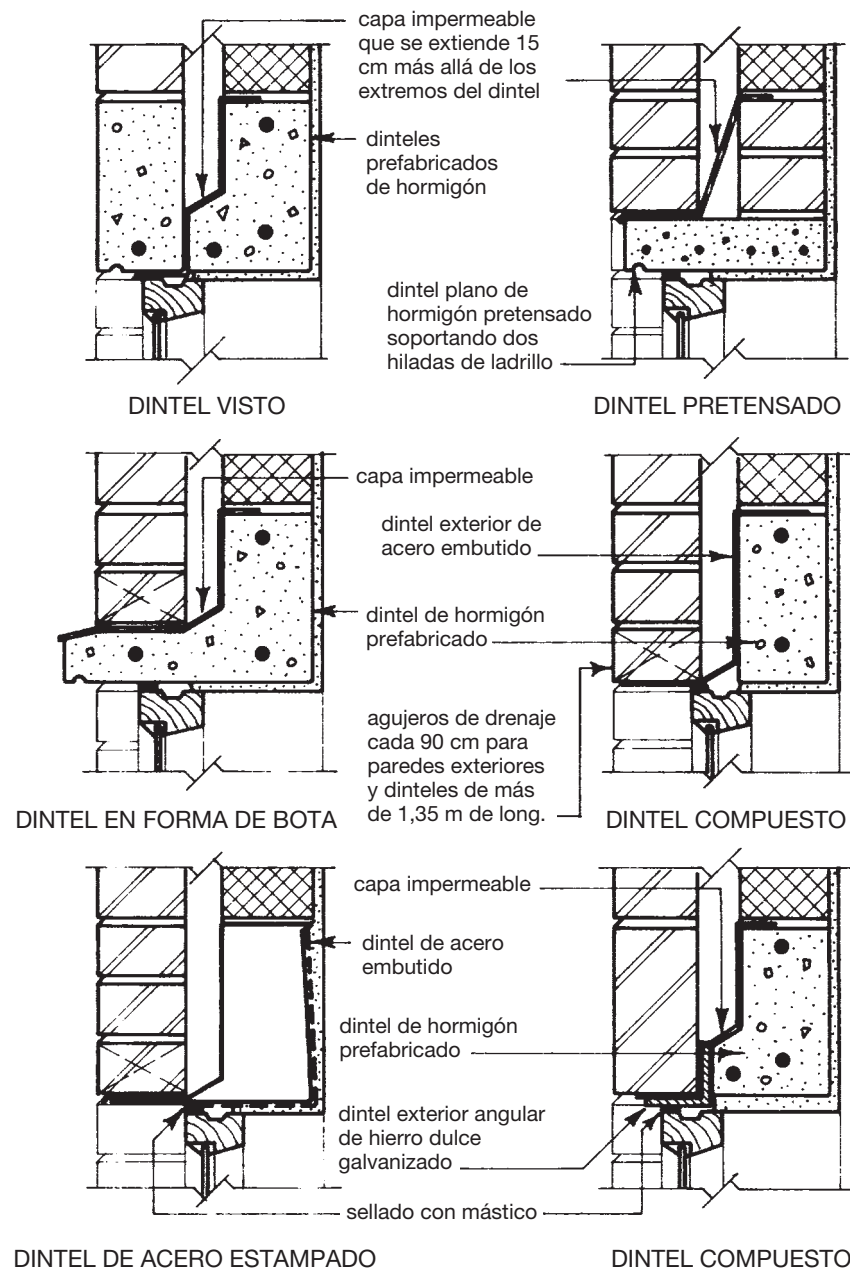
El ejemplo en acero de la página anterior combina la función estructural con una capa impermeable, sin necesidad del apoyo provisional de una cimbra. En caso de mantenerse la cimbra tradicional, puede utilizarse como capa hidrófuga una bandeja prefabricada ligera de polipropileno. Estas bandejas prefabricadas se fabrican en varios grosores (de 1,5 a 3 mm) según las luces, que pueden llegar a unos 2 m. Las cimbras encajan con el perfil de la bandeja y, si se manejan con cuidado, pueden reutilizarse varias veces.

Un material alternativo puede ser la hoja de plomo, un material adaptable pero relativamente pesado, por lo que solo se utiliza en pequeñas luces, en especial con perfiles no normalizados.



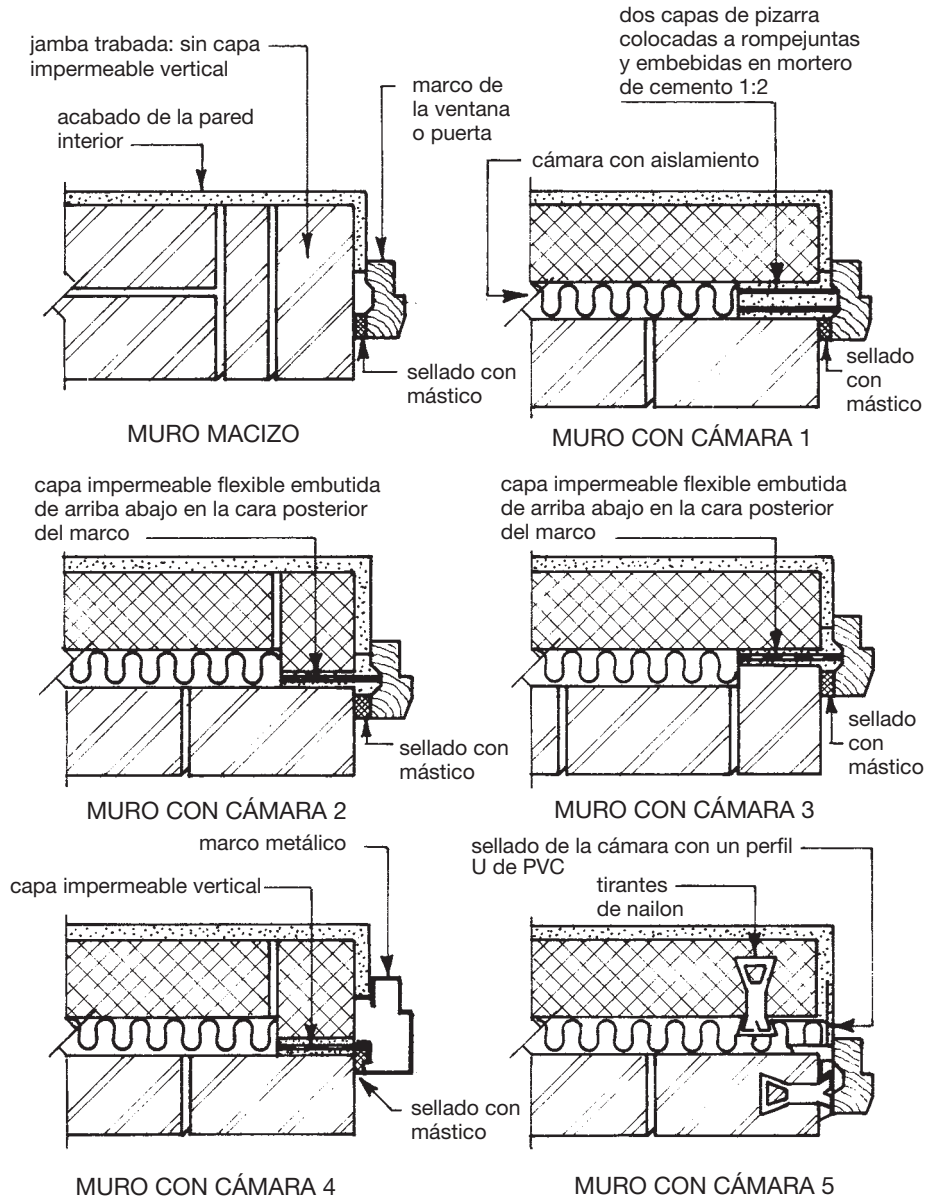
**Aberturas:** están formadas por cabecero, jambas y alféizar. La variedad de métodos y tratamientos diferentes que puede emplearse en su formación es muy amplia, aunque siempre se basa en los mismos conceptos. Aplicación limitada. Véanse págs. 457 y 458.

**Detalles de cabeceros tipo**



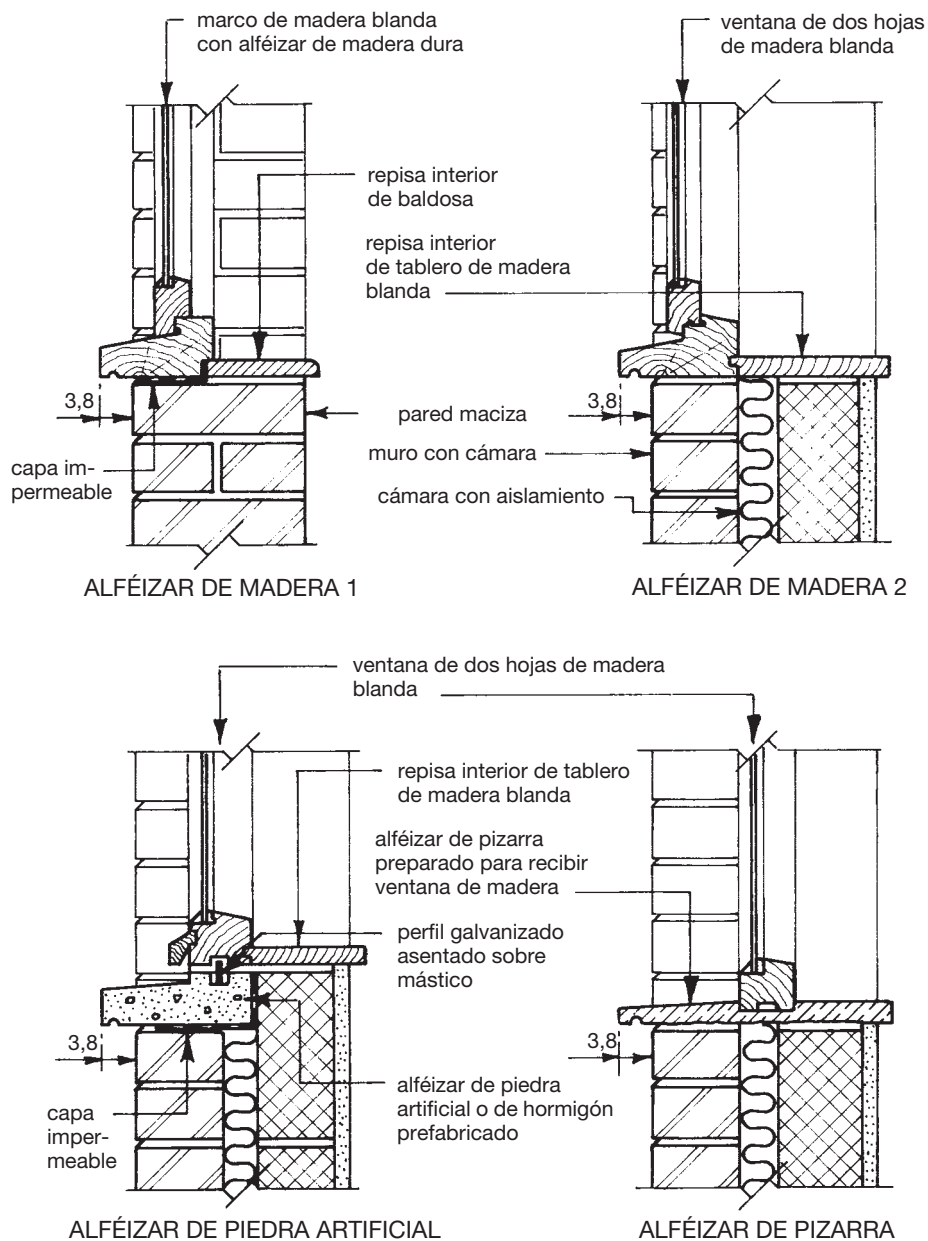
**Jambas:** pueden ser trabadas, como ocurre en los muros macizos, o sin trabar, como en los muros con cámara. En estos últimos es preciso adoptar algún medio para evitar el paso de la humedad desde la hoja externa a la interna y, de ahí, hacia el interior del edificio. Aplicación limitada. Véanse págs. 457 y 458.

### Detalles tipo de jambas

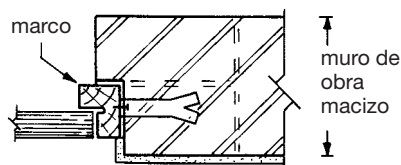


**Alféizar:** su función principal es la de recoger el agua de lluvia que se escurre por la superficie exterior de la ventana o puerta y expulsarla lejos de la pared que queda inmediatamente por debajo del mismo. Aplicación limitada. Véanse págs. 457 y 458.

### Detalles de alféizar tipo



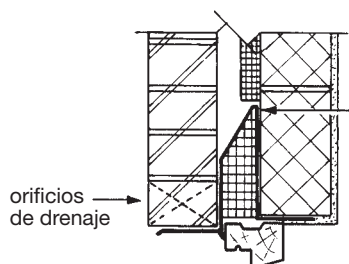
**Construcción tradicional:** en la albañilería tradicional, las aberturas en los muros se resolvían con mochetas o rebajes de obra, que servían para alojar el marco de la puerta o ventana. Este detalle se empleaba como medio de complementar la retención del marco e impedir la intrusión del aire o la lluvia.



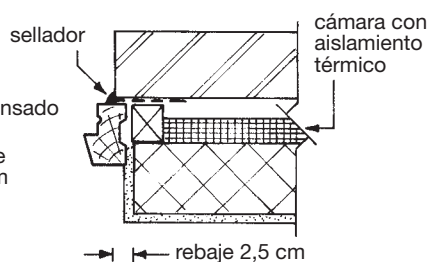
detalle tipo de albañilería con mocheta (obras anteriores a 1940)

**Zonas expuestas a la intemperie:** actualmente las mochetas de obra se utilizan principalmente en emplazamientos muy expuestos a la lluvia y al viento.

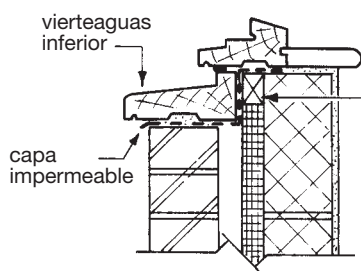
### Detalles característicos de mochetas en aberturas



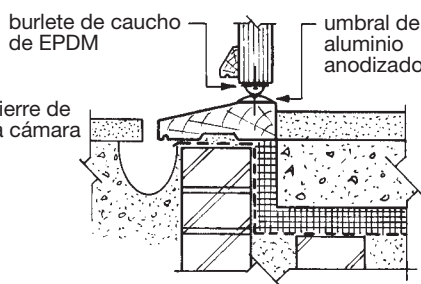
CABECERO DE VENTANA



JAMBA DE VENTANA



VIERTEAGUAS DE VENTANA

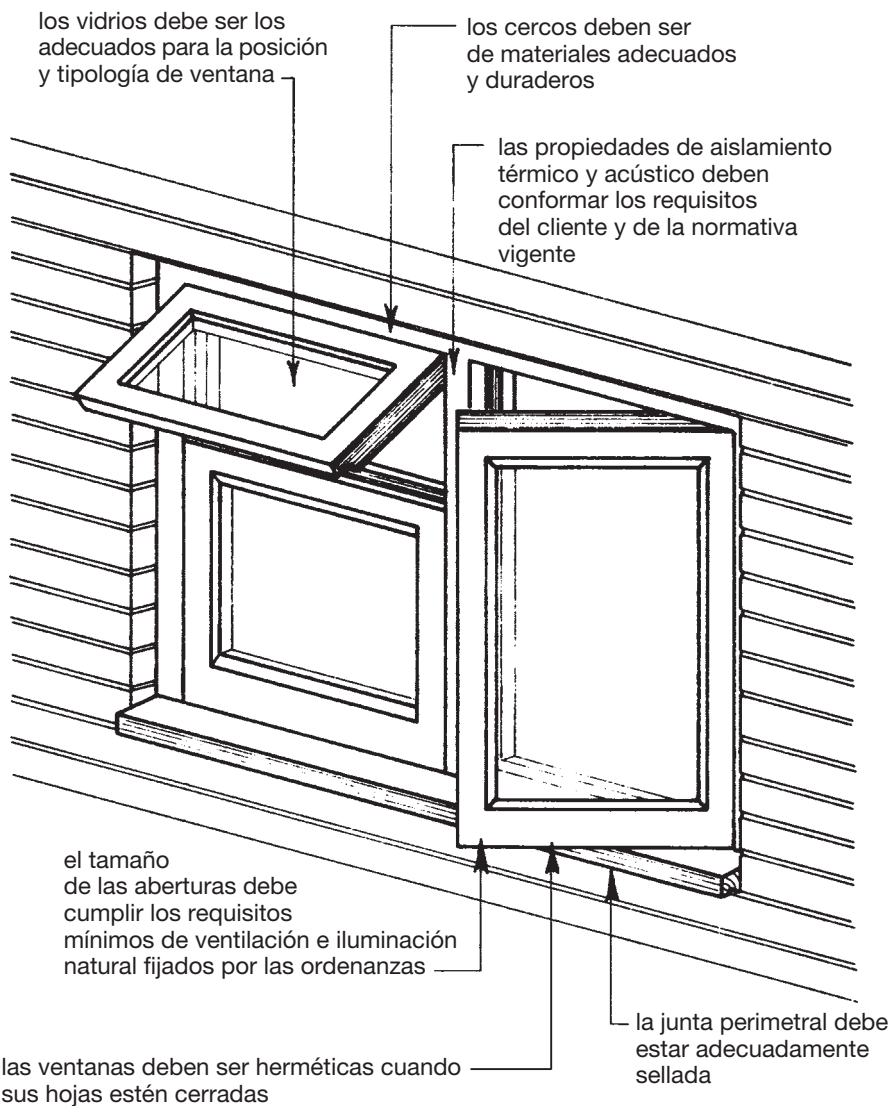


UMBRAL DE PUERTA  
(zonas a la intemperie)



## Ventanas. Requisitos de funcionamiento

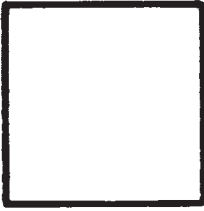
La ventana debe tener unos valores estéticos acordes con el edificio y su entorno.



La selección o el diseño de las ventanas deben tener en cuenta los empujes del viento, la facilidad de limpieza y la seguridad de uso y contra el robo. Por su ubicación, la ventana facilitará la visión hacia afuera y, por tanto, el contacto con el exterior.

Las dependencias habitables de las plantas superiores suelen disponer de una ventana que se utiliza como salida de emergencia. Superficie mín: 0,33 m<sup>2</sup>; altura y anchura mín. 0,45 m; altura máx. del antepecho: 1,1 m sobre el pavimento.

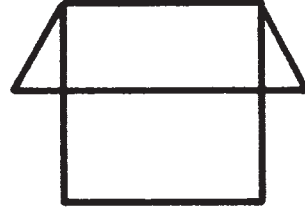
hoja abatible de eje vertical y  
apertura al exterior



### VENTANA FIJA

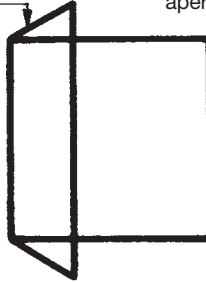
generalmente se  
combina con  
otros tipos

hoja abatible de eje superior y  
apertura al exterior



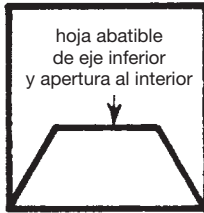
### ABATIBLE DE EJE SUPERIOR

habitualmente de pequeño  
tamaño y con fines de  
aireación controlada



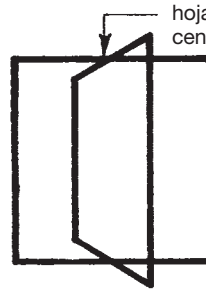
### ABATIBLE DE EJE VERTICAL NORMAL

es el tipo de ventana  
practicable más  
sencillo y económico



### ABATIBLE DE EJE INFERIOR

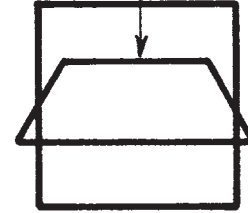
mismo uso que la  
abatible de eje superior



### PIVOTANTE

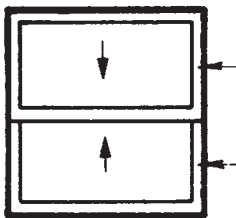
ventanas de altas prestaciones; más caras que  
las de hoja abatible; existen modelos reversibles  
para facilitar la limpieza

hoja colgada de pivotes  
centrales



### BASCULANTE

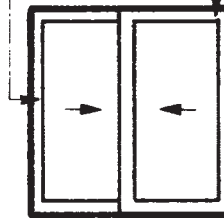
hojas colgadas de  
muelles o contrapesos



### GUILLOTINA DE DOS HOJAS DESLIZANTES

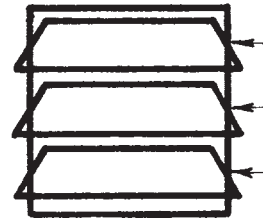
proporcionan una buena ventilación controlada  
y las hojas no ocupan espacio ante  
o detrás de la ventana

hojas deslizantes  
sobre guías



### CORREDERA DE DOS HOJAS DESLIZANTES

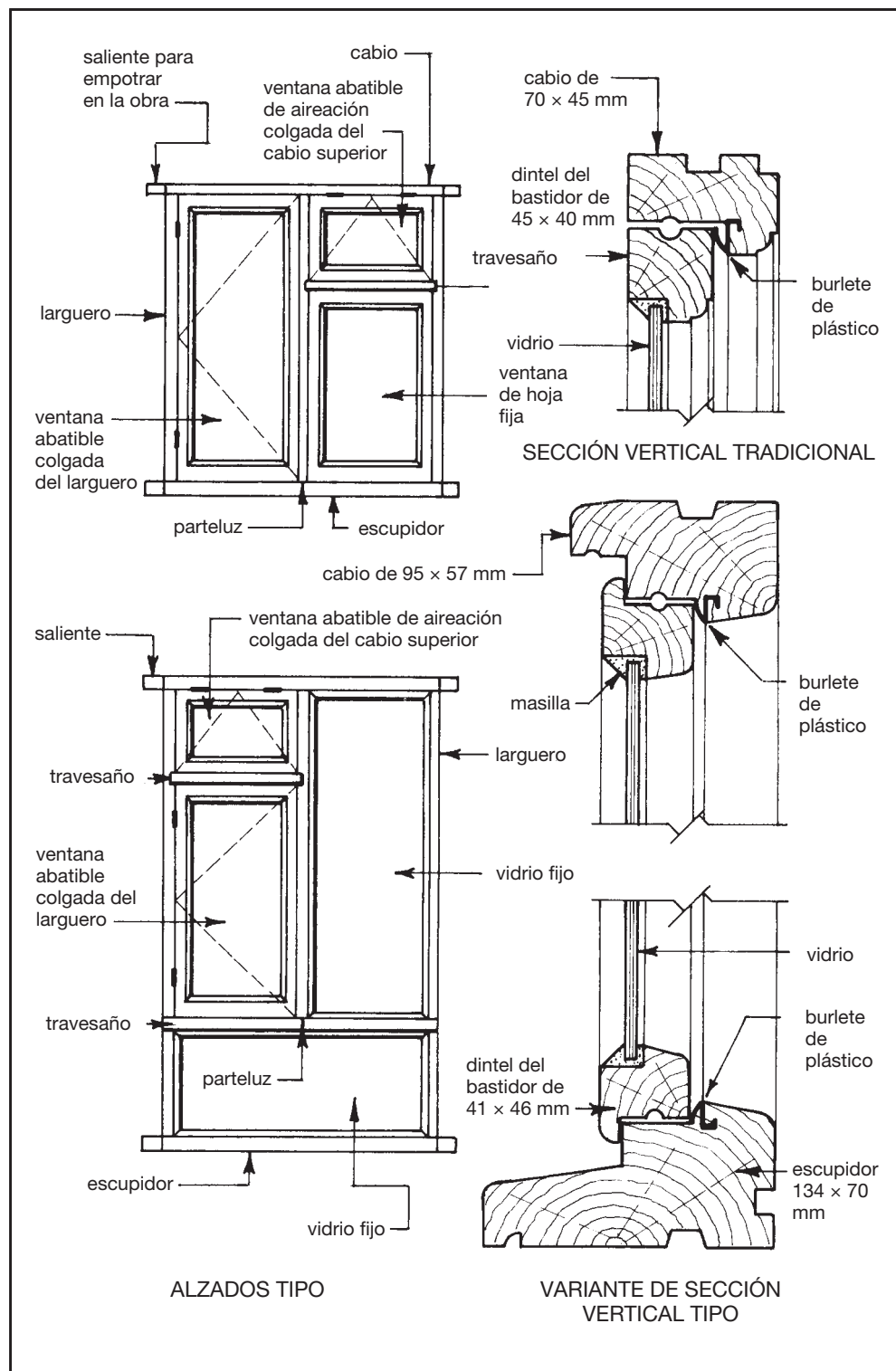
hojas giratorias sobre  
pivotes centrales



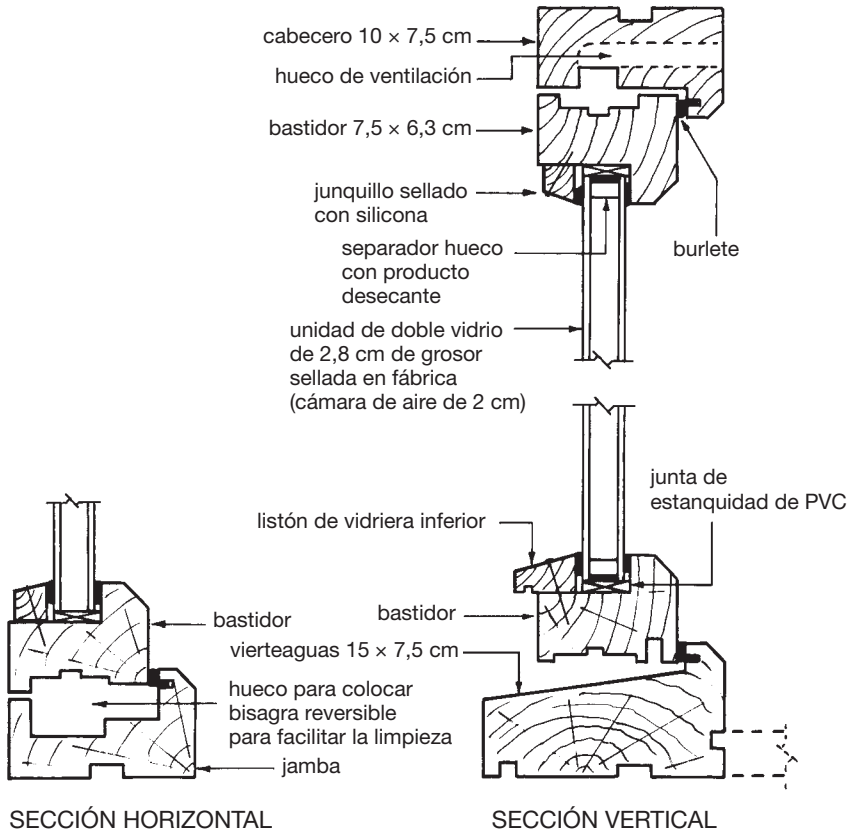
### VENTANA DE CELOSÍA

buena ventilación y  
las lamas casi no  
sobresalen de la ventana

## Ventanas de madera

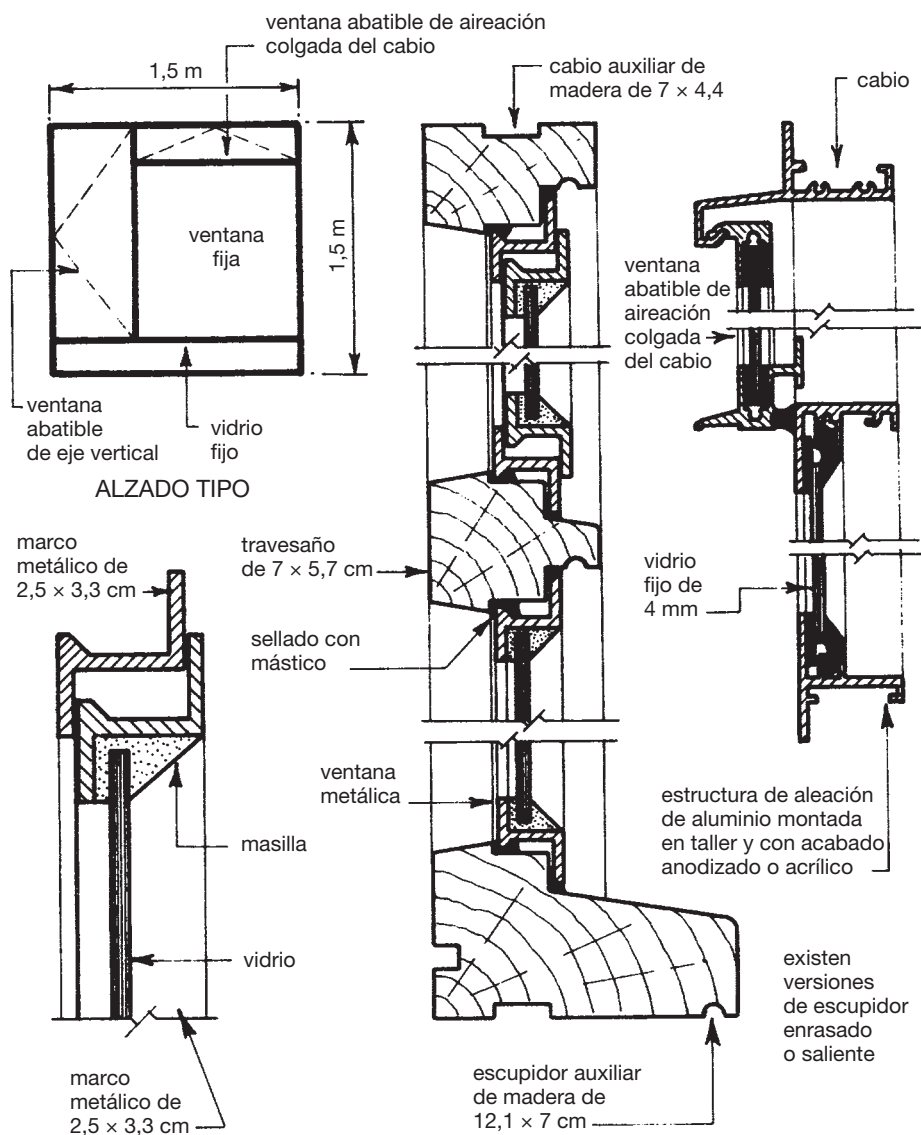


Las normas actuales de la edificación son más exigentes que antaño en cuanto a aislamientos térmico y acústico, hermeticidad al paso del aire, estanquidad al paso del agua y resistencia al viento. Sin duda estimulados por la extrema dureza del clima, los carpinteros escandinavos dan un ejemplo magnífico de calidad en estas cuestiones. Con sus diseños a base de dobles y triples vidrios, llegan a reducir considerablemente la transmitancia térmica  $U$  a unos  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  y una reducción sonora de 50 dB.



## Ventanas metálicas

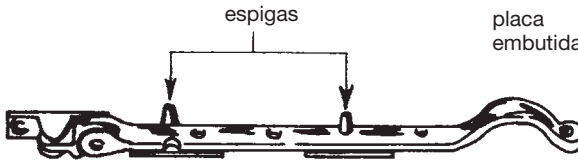
**Ventanas metálicas:** pueden ser de acero o de aluminio. Las ventanas de acero son más baratas, pero tienen un mayor coste de mantenimiento. Ambas pueden ir embutidas en marcos auxiliares de madera. Normalmente, para un mismo tamaño de abertura, proporcionan mayor superficie de vidrio que las ventanas de madera de forma similar, pero pueden dar lugar a condensaciones en la superficie de los elementos metálicos. En la pág. 356 se muestra un ejemplo de ventana con un buen rendimiento energético.



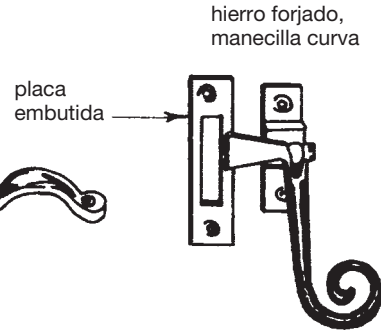
**Ventanas de madera:** existe una amplia variedad de herrajes que pueden ser montados en taller o suministrados y colocados en obra.

**Ventanas metálicas:** generalmente llegan a obra con los herrajes montados en taller.

### Ejemplos tipo



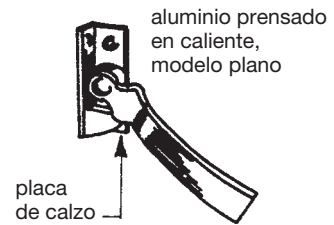
**ALDABILLA DE RETENIDA**  
hierro forjado, sección redondeada con dos espigas  
Medidas: 20; 25 y 30 cm



**CIERRE DE VENTANA**



**ALDABILLA DE RETENIDA**  
aluminio fundido, modelo plano con una espiga  
Medidas: 25 y 30 cm



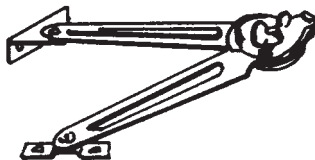
**CIERRE DE VENTANA**



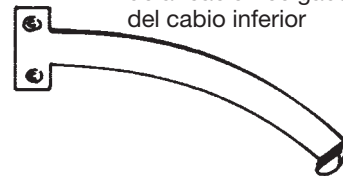
**ALDABILLA DE RETENIDA**  
acero y latón, modelo deslizante atornillado  
Medidas: 25 y 30 cm



**PESTILLO DE VENTANA DE AIREACIÓN**  
utilizado en ventanas de aireación colgadas del cabio inferior



**ALDABILLA DE RETENIDA**  
acero, modelo inmovilizador  
Medidas del brazo: 10, 14 y 17,5 cm



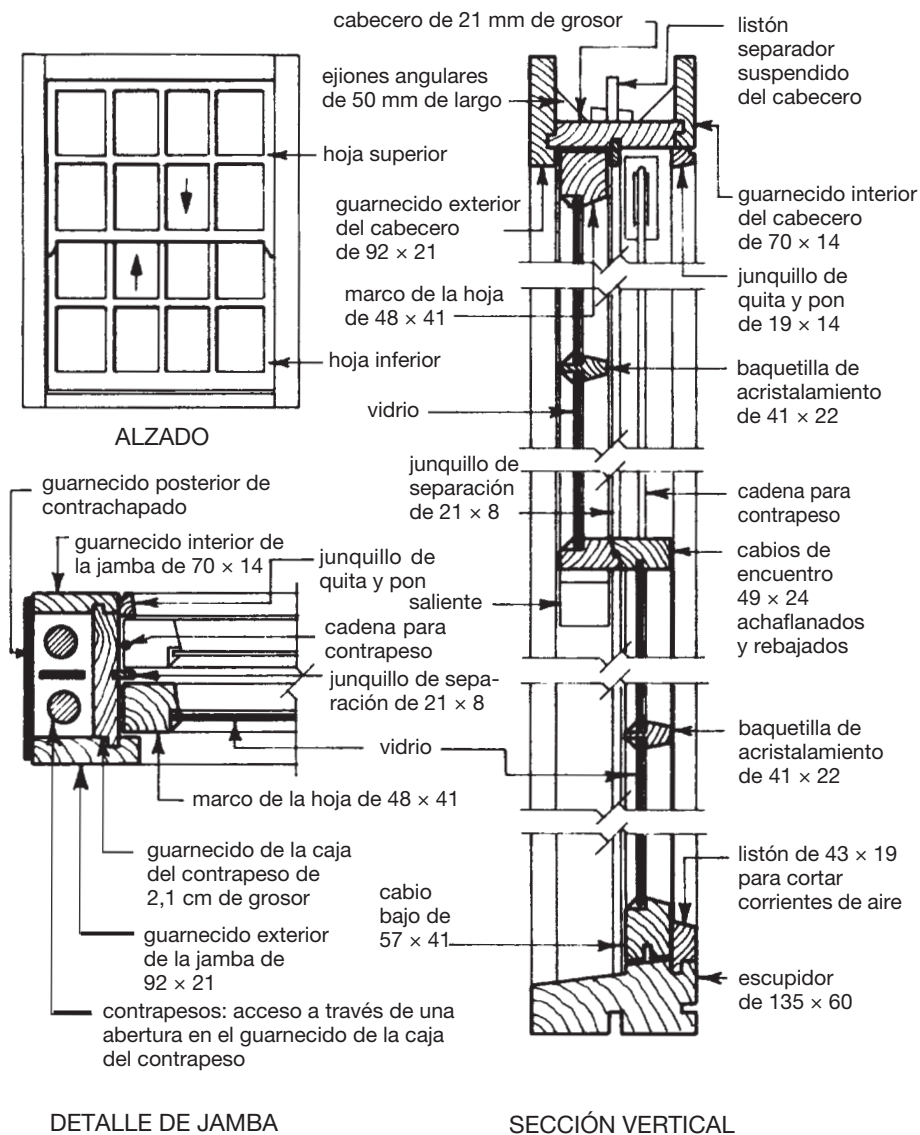
**RETENEDOR DE ARCO**  
hierro forjado o latón  
Medidas: 15, 17,5 y 20 cm

## Ventanas de guillotina

**Ventanas de guillotina:** constituyen un formato alternativo a las ventanas abatibles convencionales de eje vertical, y pueden ser de madera, metal, plástico o de alguna combinación de estos materiales.

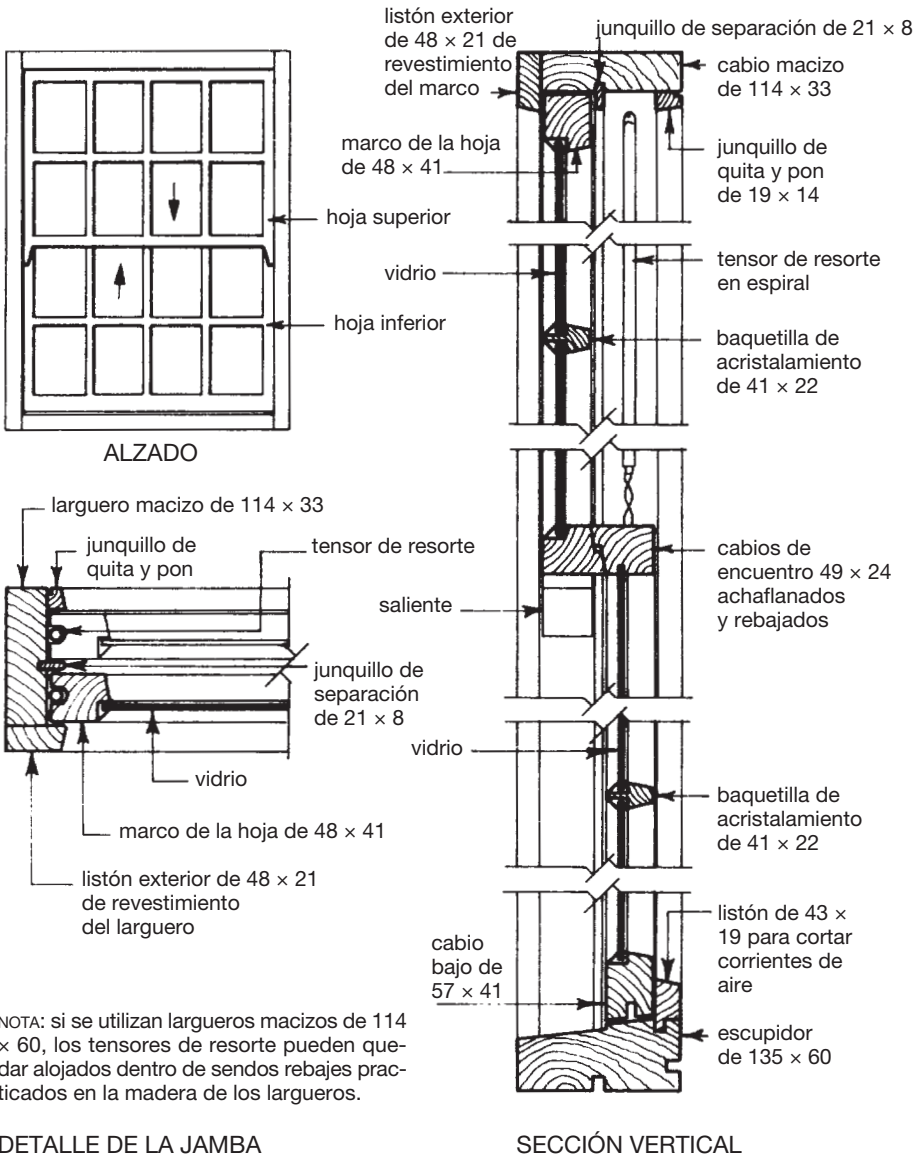
Los requisitos de funcionamiento y de diseño para el cumplimiento de sus funciones de dar luz natural, vistas al exterior, etc., son similares a los de la ventana tradicional (véase Requisitos de mantenimiento en pág. 338).

### Detalles tipo de una ventana de guillotina de dos hojas móviles con contrapeso



**Ventanas de guillotina de dos hojas móviles colgadas:** las ventanas de guillotina de madera pueden adoptar dos formatos. El formato equilibrado mediante contrapesos es el grafado en la **página anterior**, mientras que debajo de estas líneas se ilustra el formato alternativo de resorte.

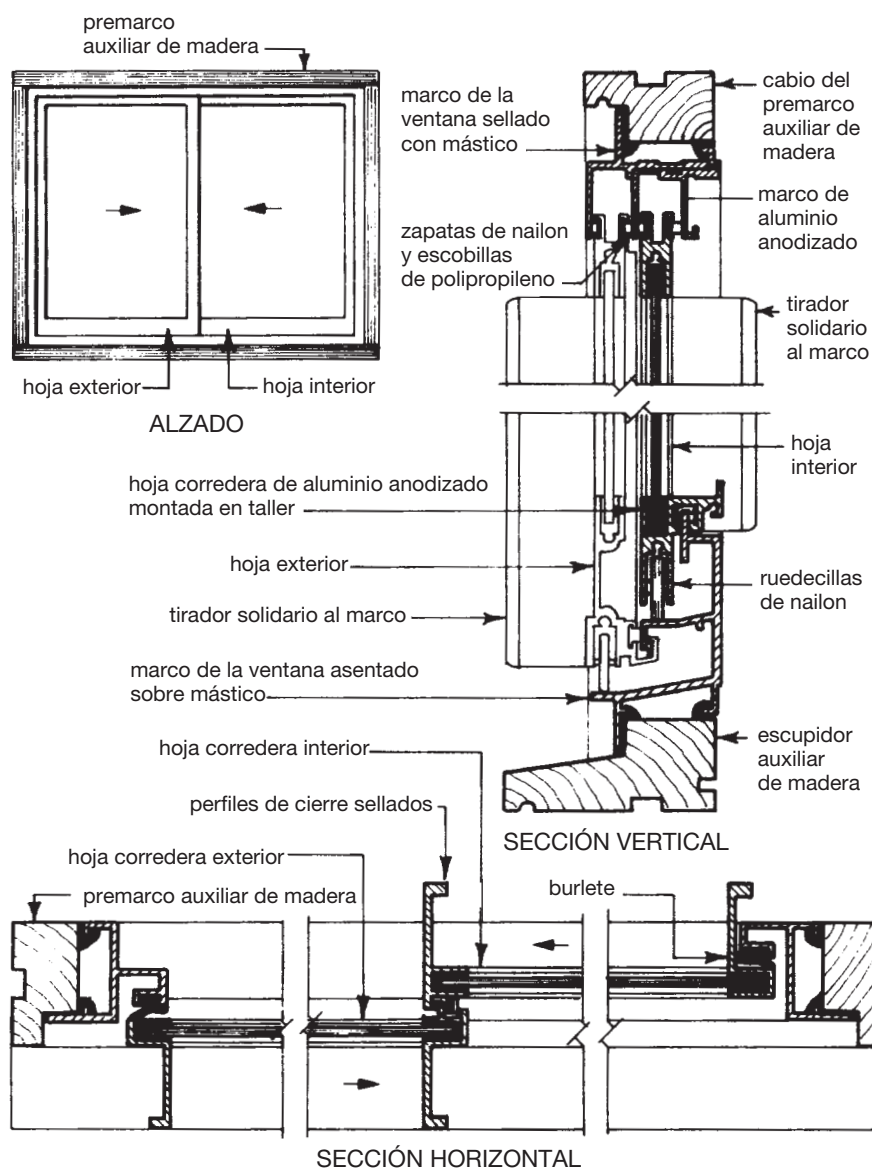
**Detalles tipo de una ventana de guillotina de dos hojas móviles equilibrada con resorte**





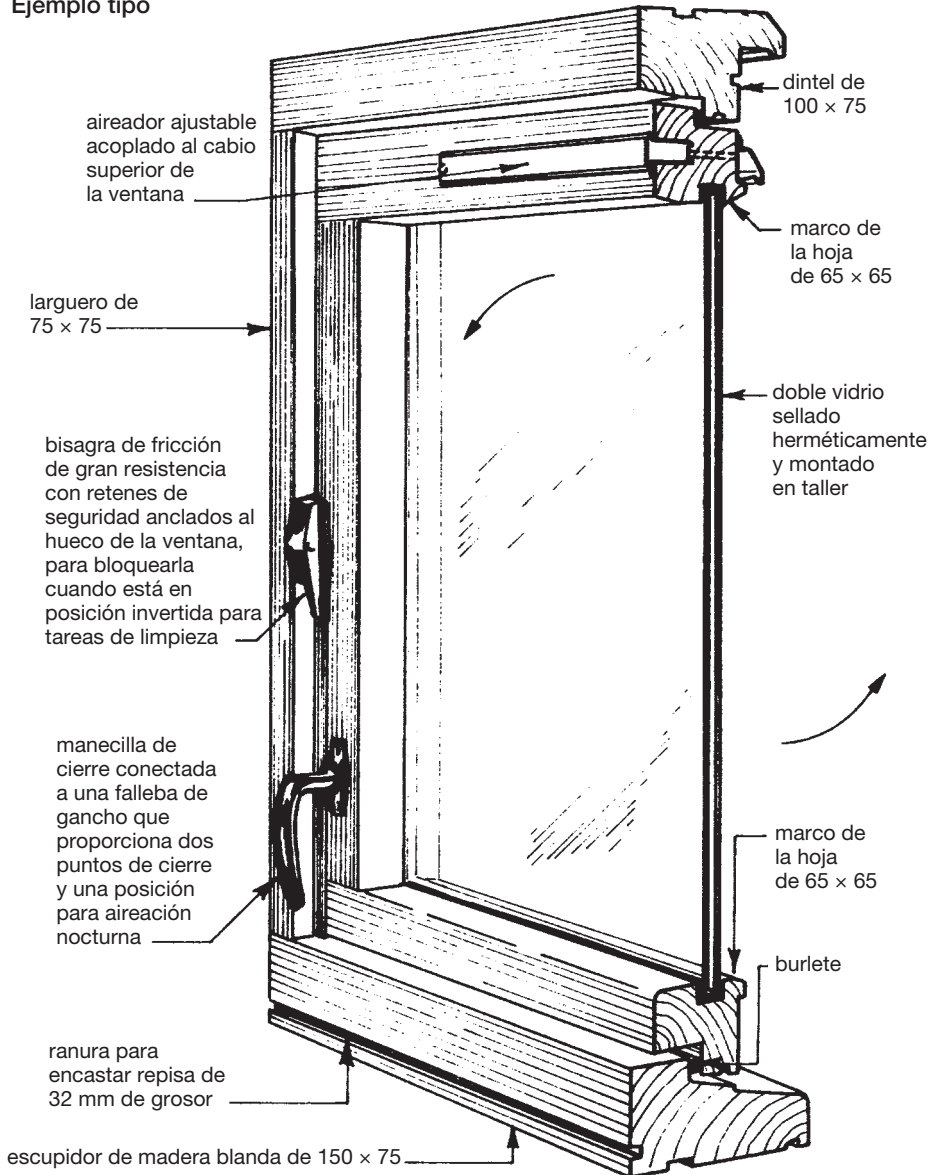
**Ventanas correderas:** son un formato alternativo a las ventanas de guillotina que se muestran en págs. 344 y 345. Pueden ser de madera, metal, plástico o alguna combinación de estos materiales, y pueden tener vidrio sencillo o doble. Existe una amplia variedad de disposiciones, con dos o más hojas correderas, e incluso puede llegar a incorporarse una ventanilla de aireación a la hoja exterior.

### Detalles tipo de una ventana corredera de dos hojas



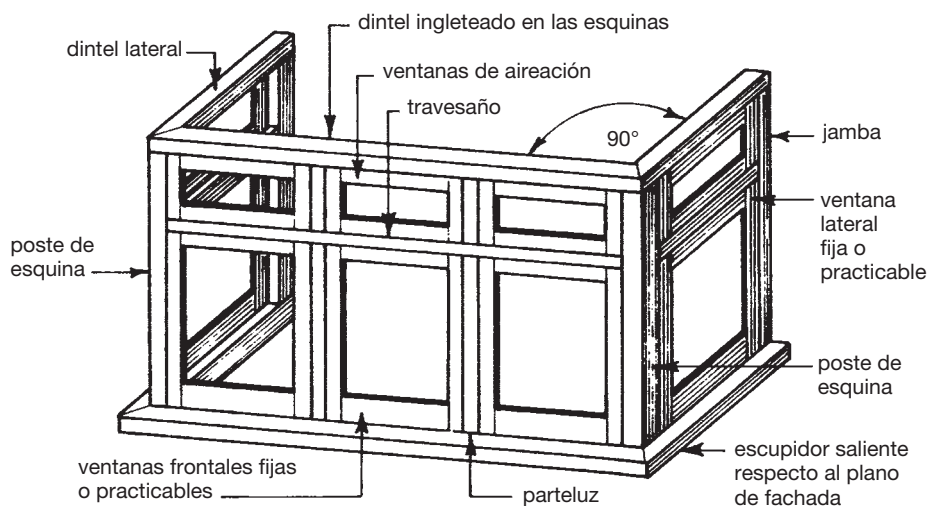
**Ventanas pivotantes:** como ocurre en otros tipos de ventana, pueden ser de madera, metal, plástico o de alguna combinación de estos materiales. Pueden construirse con el eje horizontal situado en el centro de las jambas (ventanas basculantes), permitiendo la rotación de la hoja en el plano horizontal, o con el eje vertical centrado en los cabios superior e inferior (ventanas pivotantes propiamente dichas), permitiendo la rotación de la hoja en el plano vertical.

### Ejemplo tipo

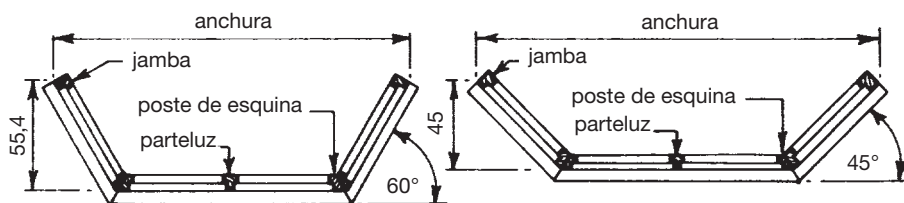


**Bay windows:** son ventanas compuestas de elementos laterales y frontales que se usan generalmente para cerrar una galería y se apoyan sobre un antepecho que llega a la altura del alféizar. Pueden adoptar cualquiera de los tipos y materiales señalados anteriormente, existiendo tres formatos básicos: recto, en ángulo y circular o poligonal. Los postes de madera de las esquinas pueden ser de cajón, macizos o ensamblados, siendo este último método el más comúnmente empleado.

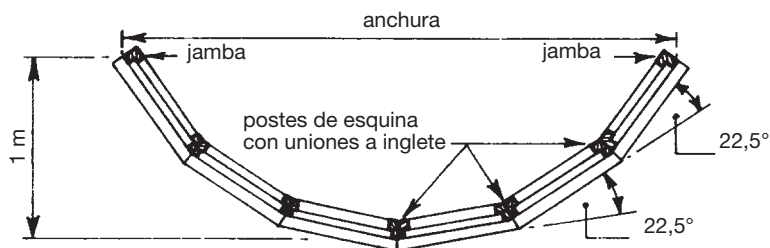
### Ejemplos tipo



BAY WINDOW RECTANGULAR (voladizo de 66 cm)



MIRADORES A 60° y 45°



TÍPICA BAY WINDOW CIRCULAR O POLIGONAL DE SEIS TRAMOS

**Planos de carpintería:** la función principal de esta especie de estadillos es recoger toda la información necesaria para identificar y describir sintéticamente las características principales de un grupo de componentes, como pueden ser ventanas, puertas o arquetas de saneamiento. Para ello no existe ningún formato tipificado, aunque en todo caso los planos de carpintería deben ser de fácil lectura, precisos y condensar toda la información necesaria y suficiente. Normalmente se presentan en un formato tabulado que pueda leerse en conjunción con los planos o detalles de obra.

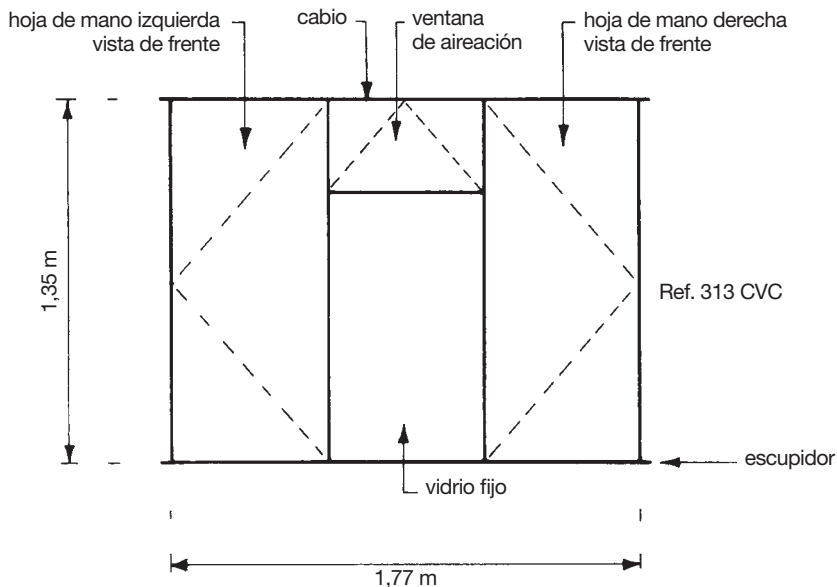
**Ejemplo tipo**

| PLANO DE CARPINTERÍA Hoja 1 de 1                |                         |             |                    | Dibujado por: RC                                   |                              | Fecha: 02/05/2012           |                                            | Rev. |  |  |  |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|------|--|--|--|
| Obra y nº de referencia de la calle x - H 341/2 |                         |             |                    |                                                    |                              | nº dibujo: C(31) 450-7      |                                            |      |  |  |  |
| Número                                          | Tipo<br>o ref. catálogo | Material    | Medidas<br>totales | Vidrio                                             | Herrajes                     | Alféizar                    |                                            |      |  |  |  |
|                                                 |                         |             |                    |                                                    |                              | Exterior                    | Interior                                   |      |  |  |  |
| 2                                               | 213 CV                  | madera dura | 1.200 x 1.350      | unidades<br>selladas<br>suministradas<br>con marco | suministrada<br>con<br>hojas | 2 capas<br>de teja<br>plana | baldosas de<br>15 x 15 x 1,5               |      |  |  |  |
| 4                                               | 309 CVC                 | ídem.       | 1.770 x 900        | ídem.                                              | ídem.                        | ídem.                       | madera<br>blanda de<br>2,5 cm<br>de grosor |      |  |  |  |
| 4                                               | 313 CVC                 | ídem.       | 1.770 x 1.350      | ídem.                                              | ídem.                        | antepecho<br>del marco      | ídem.                                      |      |  |  |  |

## Notación de ventanas

Los fabricantes de ventanas identifican sus productos con un sistema de signos que combina figuras con números. Su objetivo es simplificar las entradas, especificaciones y estadillos de los catálogos.

Por ejemplo:



Las notaciones pueden variar ligeramente de unos fabricantes a otros.

El ejemplo 313 CVC quiere decir lo siguiente:

- 3 = anchura dividida en tres unidades
- 13 = dos primeras dimensiones de la altura estándar; es decir, 1,35 m
- C = hoja
- V = ventana de aireación

Otras notaciones corrientes son las siguientes:

- N = ventana estrecha
- P = sencillo (es decir, sin travesaño ni parteluz)
- T = travesaño pasante
- S = vidrio auxiliar, fijo
- VS = ventana de aireación y vidrio auxiliar
- F = vidrio fijo
- B = hoja inferior, abertura al interior
- RH/LH = mano derecha o mano izquierda vista desde el exterior

**Vidrio:** material que se obtiene de la fusión de una mezcla compleja que contiene elementos vitrificantes (sílice), fundentes (álcalis) y estabilizantes (cal) con otros ingredientes secundarios, como el magnesio y la alúmina. Existen varios tipos de vidrio adecuados para uso residencial, entre los que se incluyen los siguientes:

**Vidrio flotado transparente (luna pulida incolora):** sus caras son perfectamente planas y paralelas, lo que proporciona una visión clara y sin deformaciones. La gama de grosores abarca de 3 a 25 mm.

**Vidrio común:** se fabrica por un procedimiento mecánico de estirado y se puede usar en cualquier zona acristalada. Tiene el problema de que, al no ser sus dos caras perfectamente planas y paralelas, siempre distorsiona algo la visión. Su gama de grosores abarca de 3 a 6 mm. En la actualidad, este tipo de vidrio está siendo gradualmente sustituido por el vidrio flotado transparente.

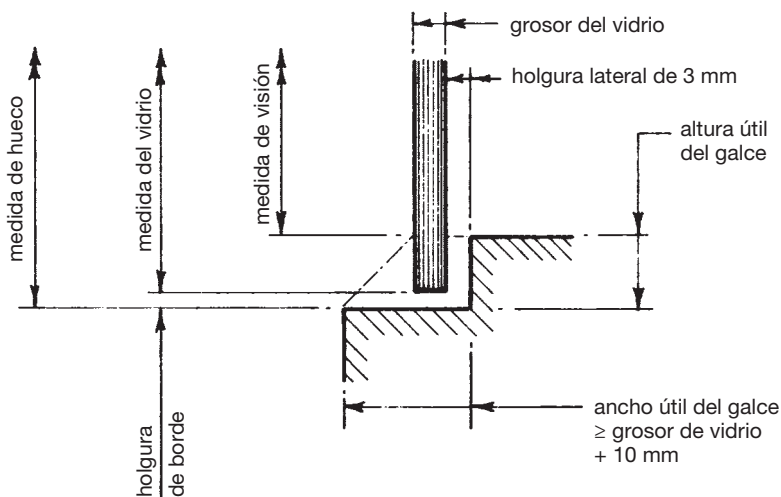
**Vidrio translúcido (impreso):** son vidrios que llevan impreso un dibujo en una de sus caras (a veces en las dos), mientras que la otra es lisa. Dejan pasar la luz con un grado de difusión variable, según el tipo y naturaleza del dibujo que llevan impreso. La gama de grosores abarca de 4 hasta 6 mm, para los vidrios con dibujo, y de 5 a 10 mm para los vidrios fundidos en basto.

**Vidrio armado:** son vidrios impresos que llevan incorporada en su masa una malla metálica soldada, y su grosor nominal es de 6 a 7 mm. Se utilizan en casos en que se requiera un grado de resistencia al fuego, o cuando haya posibilidad de una fácil rotura que pueda ser peligrosa (p. ej., antepechos).

**Elección del vidrio:** los principales factores a tener en cuenta son:

1. Resistencia a los empujes del viento.
2. Grado de transparencia requerido.
3. Privacidad.
4. Seguridad.
5. Resistencia al fuego.
6. Estética.

### Terminología del vidrio

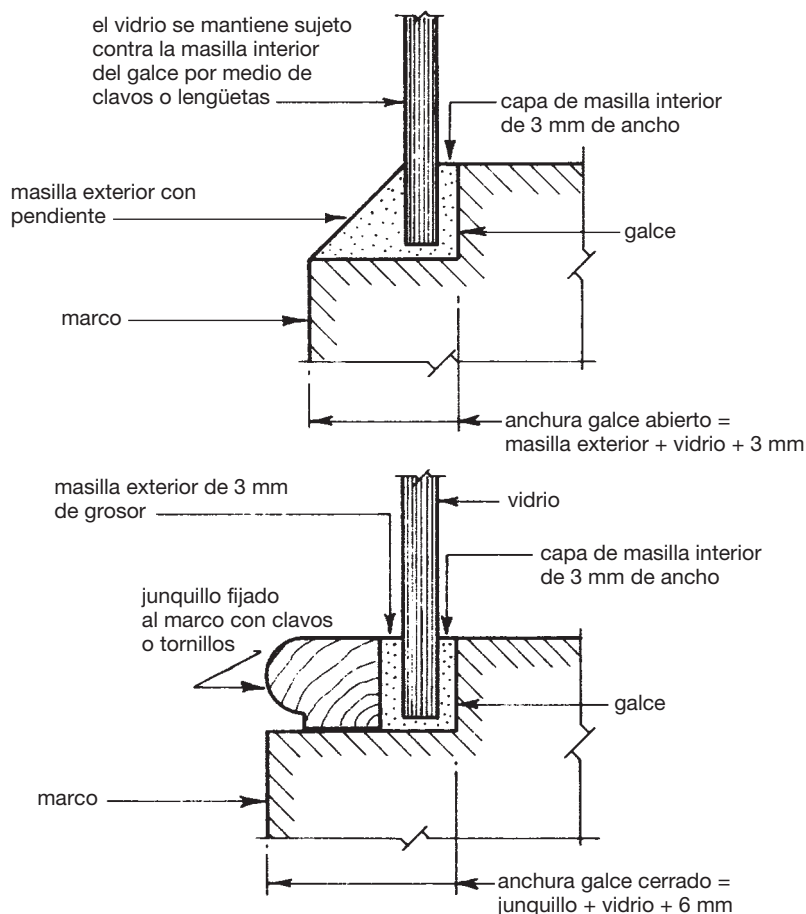


**Acristalamiento:** habitualmente, la sujeción del vidrio al marco o hueco en obras residenciales se realiza acuñaándolo con calzos en el galce (abierto o cerrado) y asegurándolo con masilla o junquillo, todo ello de acuerdo con las normas UNE.

**Marcos de madera:** masilla con aceite de linaza (tipo clásico). Antes de colocar el vidrio, se comprobará que el galce esté limpio y seco y haya recibido una mano de imprimación. Debe evitarse el contacto de la masilla con pinturas durante dos semanas desde su aplicación.

**Marco metálico:** si el marco metálico va a pintarse se empleará masilla de vidriero o de endurecimiento. Si el marco no va a ser pintado, deberá utilizarse otro tipo de compuesto que no sea de endurecimiento.

### Detalles de acristalamientos tipo



**Acristalamiento doble:** como su nombre indica, consiste en utilizar dos hojas de vidrio en lugar de la solución tradicional de una sola hoja. Este sistema se emplea para reducir las pérdidas de calor a través de ventanas y puertas acristaladas, y también para reducir la transmisión del sonido a través de las ventanas. En el contexto del aislamiento térmico, esto se consigue con una pequeña cámara intermedia de aire o de argón de un grosor comprendido entre 6 y 20 mm. El doble acristalamiento también evita que se forme en la cara interna por la condensación de la humedad. En caso de emplear carpintería metálica, su diseño deberá incorporar una barrera térmica.

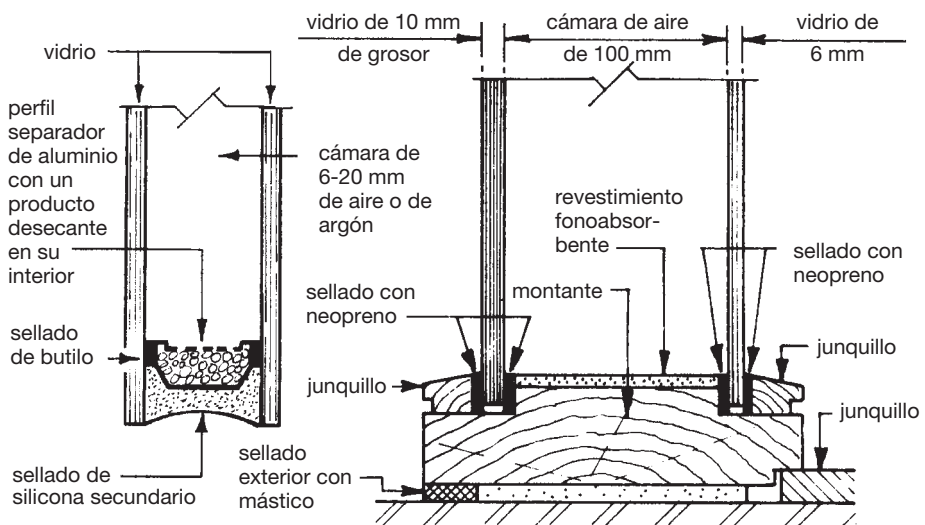
En un sistema de acristalamiento doble, todas las hojas deben estar dotadas de un adecuado sellado contra la intemperie para reducir las pérdidas de calor a través de las holguras entre galce y vidrio.

En el contexto del aislamiento acústico, el rendimiento del acristalamiento doble depende de tres factores: una correcta colocación que asegure la estanquidad, la masa del vidrio empleado y, por último, la medida de la cámara de aire comprendida entre las dos hojas.

Cuanto más pesado sea el vidrio utilizado, tanto mayor será el aislamiento, teniendo en cuenta que el ancho de la cámara debe estar comprendido entre 5 y 30 cm.

Para mejorar las propiedades de aislamiento del conjunto, conviene revestir con material absorbente los derrames internos de la cámara.

### Ejemplos tipo



valores aproximados del coeficiente de transmisión térmica K:  
vidrio sencillo: 4,3 W/m<sup>2</sup>K  
vidrio doble: 2,5 W/m<sup>2</sup>K

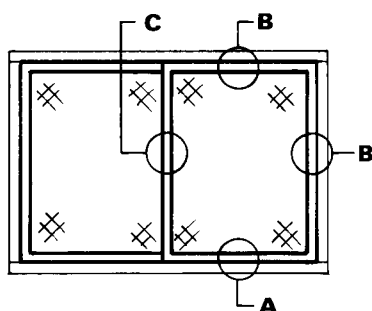
reducción de sonido aproximada  
vidrio sencillo: 27 dB  
vidrio doble como el indicado: 42 dB



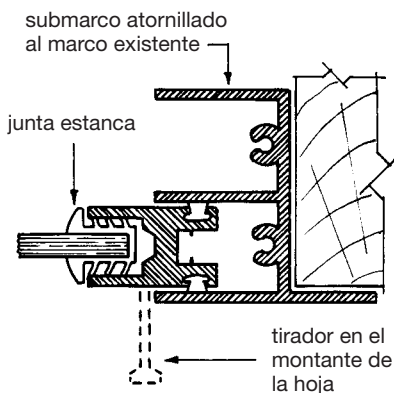
## Acristalamiento suplementario de ventanas existentes

Dotar a las ventanas existentes de un acristalamiento suplementario es una opción aceptable para reducir las pérdidas energéticas a través de las aberturas en los muros. Suponiendo que las ventanas existentes estén en buen estado, se trata de un método sencillo y económico de mejorar los niveles de eficiencia energética del edificio. Además de evitar el considerable trastorno que supone retirar las ventanas, este método tiene otras ventajas: conservación del diseño original de la ventana, reducción de la transmisión acústica y eliminación de corrientes de aire. Se fabrican acristalamientos suplementarios para todo tipo de ventana, con variantes correderas o abatibles.

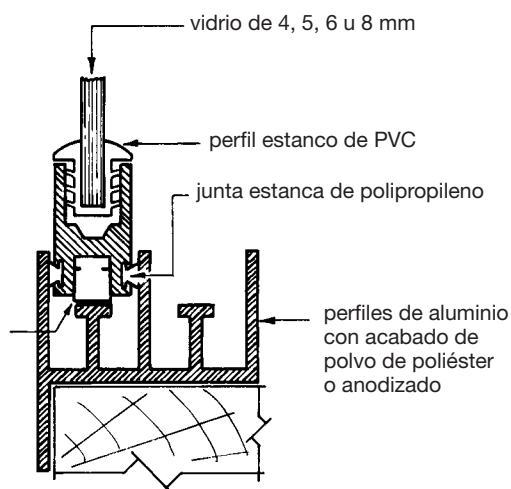
A continuación se facilitan detalles tipo de hojas correderas



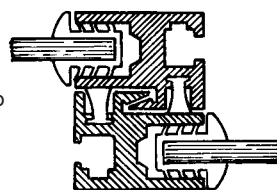
ALZADO DEL MARCO



DETALLE B. CABECERO Y JAMBA



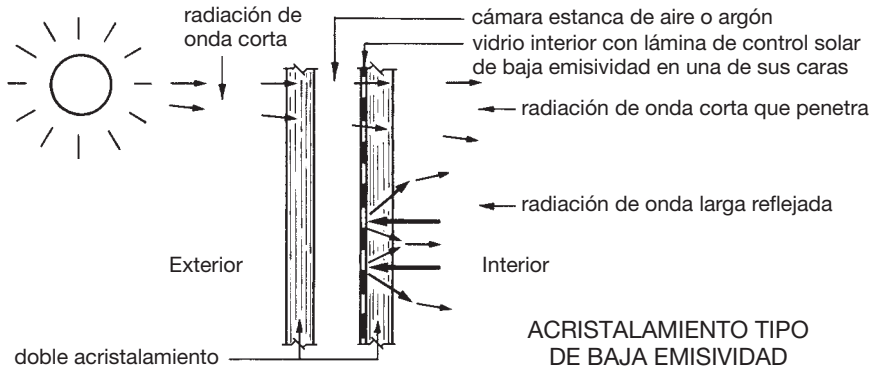
DETALLE A. PEANA



DETALLE C. ENCUENTRO ENTRE MONTANTES

El vidrio de baja emisividad se fabrica con un revestimiento superficial para mejorar significativamente su comportamiento térmico. Esta capa superficial tiene una doble función:

1. Permite que la radiación térmica solar de onda corta penetre en el edificio.
2. Refleja hacia el interior del edificio las pérdidas de radiación térmica de onda larga.



Procesos de fabricación:

1. Una capa de revestimiento duro pirolítico aplicada durante el proceso de fabricación. Límites de emisividad: 0,15-0,2; p. ej.: Pilkington K.
2. Una capa metálica suave aplicada por pulverización catódica en vacío después de la fabricación. Límites de emisividad: 0,05-0,1; p. ej.: Pilkington Kappafloat y Sun-cool High Performance.

NOTA: en términos relativos, el vidrio normal sin revestir tiene una emisividad aproximada de 0,9. Valores orientativos del coeficiente de la transmitancia térmica U para acristalamientos de dos o tres lunas de 4 mm de grosor, con cámara de 16 mm:

| Tipo de acristalamiento                        | carpintería de PVC o madera | carpintería metálica |
|------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Doble, cámara de aire                          | 2,7                         | 3,3                  |
| Doble, cámara de argón                         | 2,6                         | 3,2                  |
| Doble, cámara de aire baja emisividad (0,2)    | 2,1                         | 2,6                  |
| Doble, cámara de argón baja emisividad (0,2)   | 2                           | 2,5                  |
| Doble, cámara de aire baja emisividad (0,05)   | 2                           | 2,3                  |
| Doble, cámara de argón baja emisividad (0,05)  | 1,7                         | 2,1                  |
| Triple, cámara de aire                         | 2                           | 2,5                  |
| Triple, cámara de argón                        | 1,9                         | 2,4                  |
| Triple, cámara de aire baja emisividad (0,2)   | 1,6                         | 2                    |
| Triple, cámara de argón baja emisividad (0,2)  | 1,5                         | 1,9                  |
| Triple, cámara de aire baja emisividad (0,05)  | 1,4                         | 1,8                  |
| Triple, cámara de argón baja emisividad (0,05) | 1,3                         | 1,7                  |

NOTAS:

1. Con una cámara mayor y un vidrio más grueso se reduce el valor de U.
2. En los datos para marcos metálicos se ha supuesto una barrera térmica de 4 mm (véase página siguiente). Los perfiles metálicos huecos pueden rellenarse con una espuma aislante, con lo que se reducirán sustancialmente los valores de U.

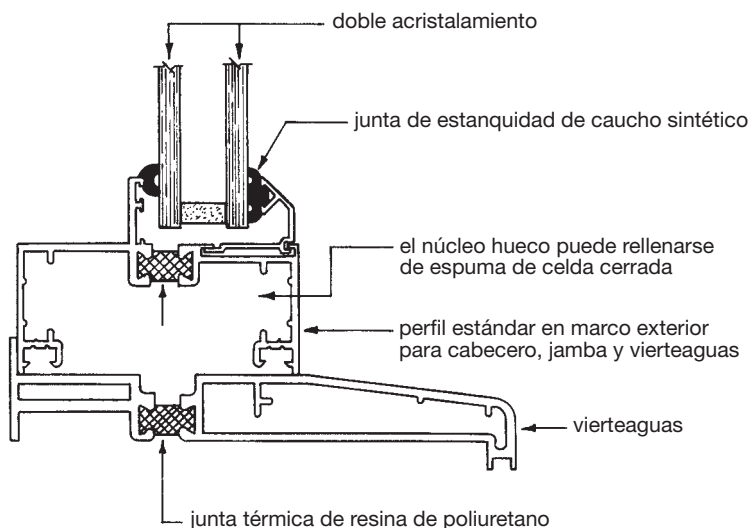
## Ventanas de perfiles huecos de aluminio

Los perfiles de aluminio extrusionado permiten crear elementos huecos ligeros para ventanas (y puertas).

**Acabado:** el aluminio sin tratar reacciona rápidamente ante la oxidación superficial. Esto puede prevenirse mediante la aplicación de pintura, aunque la mayoría de los fabricantes proporciona una gama variable de colores de revestimientos de poliéster con acabados brillante, satinado o mate.

**Aislamiento térmico:** la elevada conductividad y el mal aislamiento térmico son características comunes a todos los perfiles metálicos macizos. Sin embargo, estas características negativas se reducen utilizando perfiles de sección hueca, ya que permiten el relleno con espuma aislante y así mejoran notablemente sus características térmicas.

**Condensación:** para evitar el puente térmico entre los perfiles exterior e interior, se intercala entre ambos una junta de resina de poliuretano de alta resistencia, con lo que también se impide la condensación en la superficie. Los valores de  $U$  orientativos facilitados en la página anterior se basan en una junta térmica de 4 mm. Si se ensancha esta junta a 16 mm, los valores de  $U$  pueden reducirse hasta  $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



SECCIÓN DE VENTANA DE PERFILES HUECOS DE ALUMINIO

**Rellenos de gas inerte:** argón o criptón. En general, se suele utilizar el argón, por ser el más barato y fácil de obtener. En caso de utilizar el criptón, para obtener el mismo efecto que con el argón, basta con llenar la mitad de la cámara de aire. Ambos gases tienen mayor poder aislante que el aire debido que su densidad es también mayor. Densidades ( $\text{kg/m}^3$ ):

Aire = 1,2

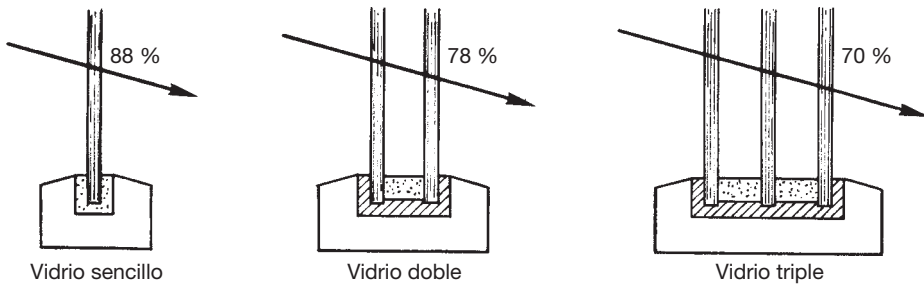
Argón = 1,66

Criptón = 3,49

Además, el argón y el criptón también tienen una conductividad térmica inferior a la del aire.

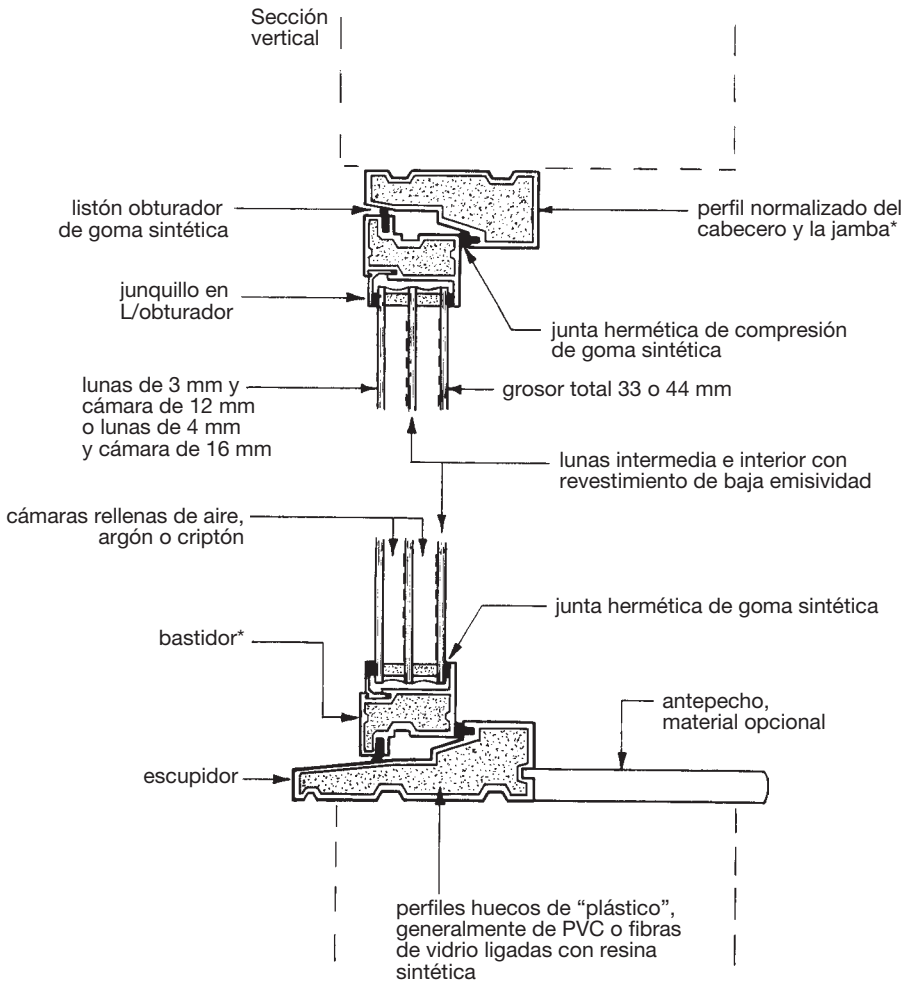
**Separadores:** generalmente, la separación entre lunas se realiza con perfiles de aluminio y en cuyo interior se introduce un agente desecante. El relleno absorbe la humedad inicial presente entre las lunas. La estanquidad se asegura con un doble sellado perimetral. No obstante, son preferibles los separadores no metálicos, ya que el aluminio es un conductor del calor demasiado eficaz.

Ganancias solares aproximadas con vidrio flotado ordinario



Los revestimientos superficiales transparentes de baja emisividad permiten reducir hasta un tercio de las ganancias solares. Dependiendo de la calidad y de la limpieza del vidrio, se produce una reducción de la luz visible comprendida entre un 10 y un 15 % para cada luna.

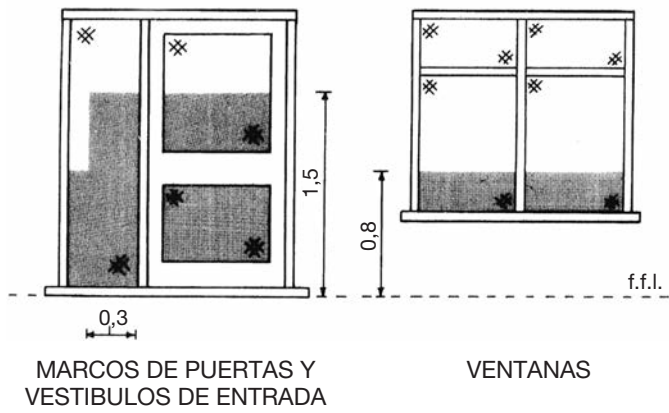
### Ejemplo tipo



\* Perfiles huecos prefabricados rellenos de espuma de celda cerrada o de poliestireno expandido.

### Consideraciones adicionales:

- Valor potencial de  $U < 1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- El revestimiento de una de las lunas de un acristamiento doble con una lámina transparente de baja emisividad proporciona un aislamiento similar al acristamiento triple estándar (véase pág. 355).
- Rendimiento mejorado con lamas intercaladas entre las lunas.
- Es necesario usar una cerrajería de alta calidad debido al elevado peso de los vidrios.
- Mejora del aislamiento acústico, especialmente cuando el gas de relleno de las cámaras es más pesado que el aire.

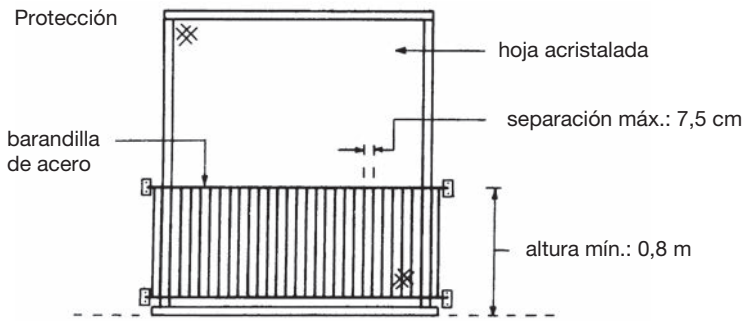


En esas situaciones críticas, los vidrios deben cumplir una de las siguientes condiciones:

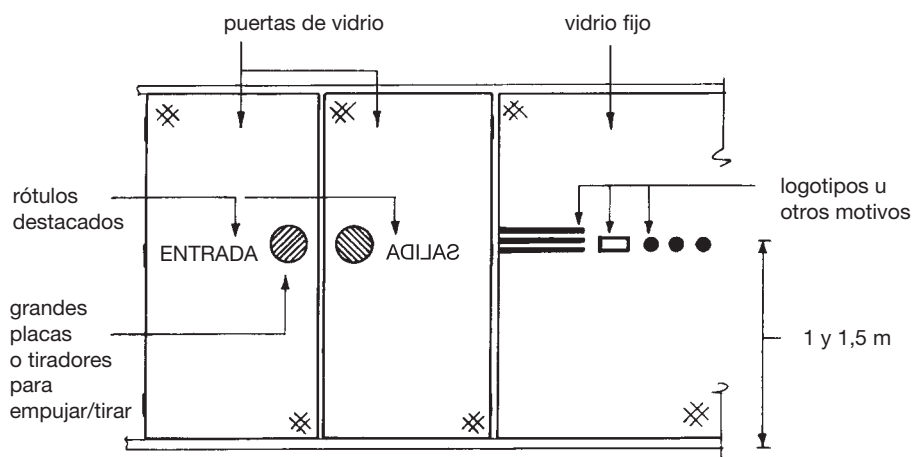
- 1. En caso de rotura, debe quedar solo una abertura mínima, y las partículas de vidrio deben ser pequeñas, separables y sin bordes agudos.
- 2. Si el vidrio se desintegra, deberá hacerlo únicamente en trozos pequeños, separables y no cortantes.
- 3. Robustez inherente, p. ej., de policarbonato. Es admisible el vidrio templado, pero dentro de las siguientes limitaciones:

| Grosor hoja vidrio<br>templado (mm) | Sup acristalada máx. |             |
|-------------------------------------|----------------------|-------------|
|                                     | Altura (m)           | Anchura (m) |
| 8                                   | 1,1                  | 1,1         |
| 10                                  | 2,25                 | 2,25        |
| 12                                  | 3                    | 4,5         |
| 15                                  | ilimitada            |             |

- 4. Cristaleras subdivididas en unidades pequeñas, < 25 cm de anchura y < 0,5 m<sup>2</sup> de superficie; p. ej., vidrio emplomado (vidrio templado de 4 mm) y vidrieras georgianas (vidrio templado de 6 mm).
- 5. Protecciones según figura:

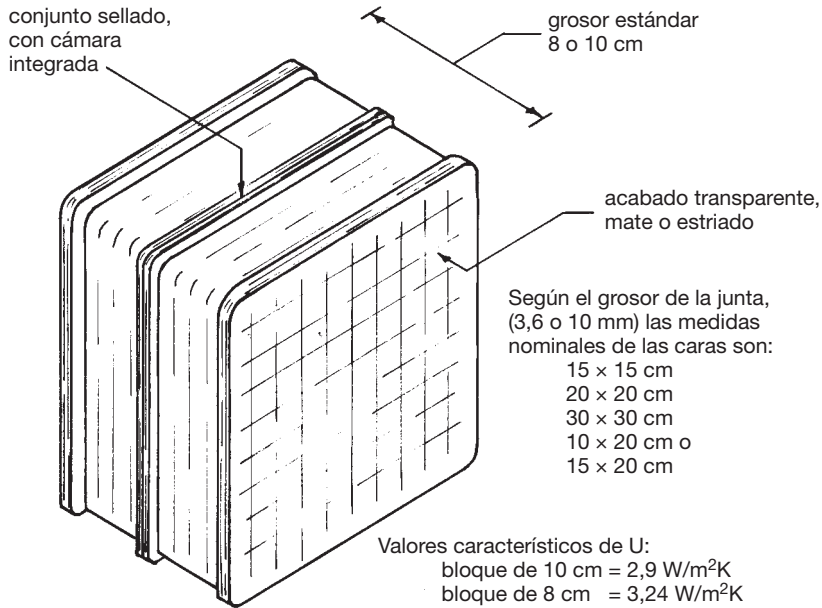


**Aviso o señalización de la presencia de un acristalamiento:** se trata de un problema frecuente en los grandes acristalamientos de la arquitectura contemporánea. Los locales comerciales, como las oficinas de planta libre, las tiendas y los espacios de exposición, incorporan a menudo grandes superficies ininterrumpidas de vidrio que ofrecen la sensación de profundidad visual, al tiempo que dividen el espacio o sirven de envolvente exterior. Para evitar accidentes por colisión, las puertas o tabiques acristalados deben tener marcos muy visibles o travesaños y parteluces intermedios. Como alternativa, se pueden disponer marcas bien visibles a una altura de 1,5 m del suelo (aproximadamente la altura de la vista de una persona adulta). Las puertas de vidrio pueden tener grandes tiradores y/o señales de ENTRADA y SALIDA, rotuladas con tipografía bien destacada. Otras áreas pueden contar con logotipos de la empresa, franjas, motivos geométricos, etc.



**Ubicaciones críticas:** las ordenanzas de edificación suelen determinar posiciones en las que el impacto potencial de personas contra puertas o ventanas acristaladas puede resultar más crítico. En tales situaciones, las especificaciones sobre el tipo de acristalamiento deben incorporar exigencias de seguridad del material que impidan que una rotura accidental pueda resultar peligrosa para las personas (uso de vidrios de seguridad, vidrios templados, etc.).

El pavés a menudo se ha utilizado para dividir espacios interiores. Actualmente también se está extendiendo su uso en muros exteriores, donde combinan las ventajas de una pared con las de una fuente de luz natural. También se puede utilizar como pavimento aprovechando su cualidad de transmitir la luz para iluminar sótanos.



Resistencia al fuego: 1 hora.

La superficie máxima del panel es de 9 m<sup>2</sup>. La dimensión máxima del panel es de 3 m.

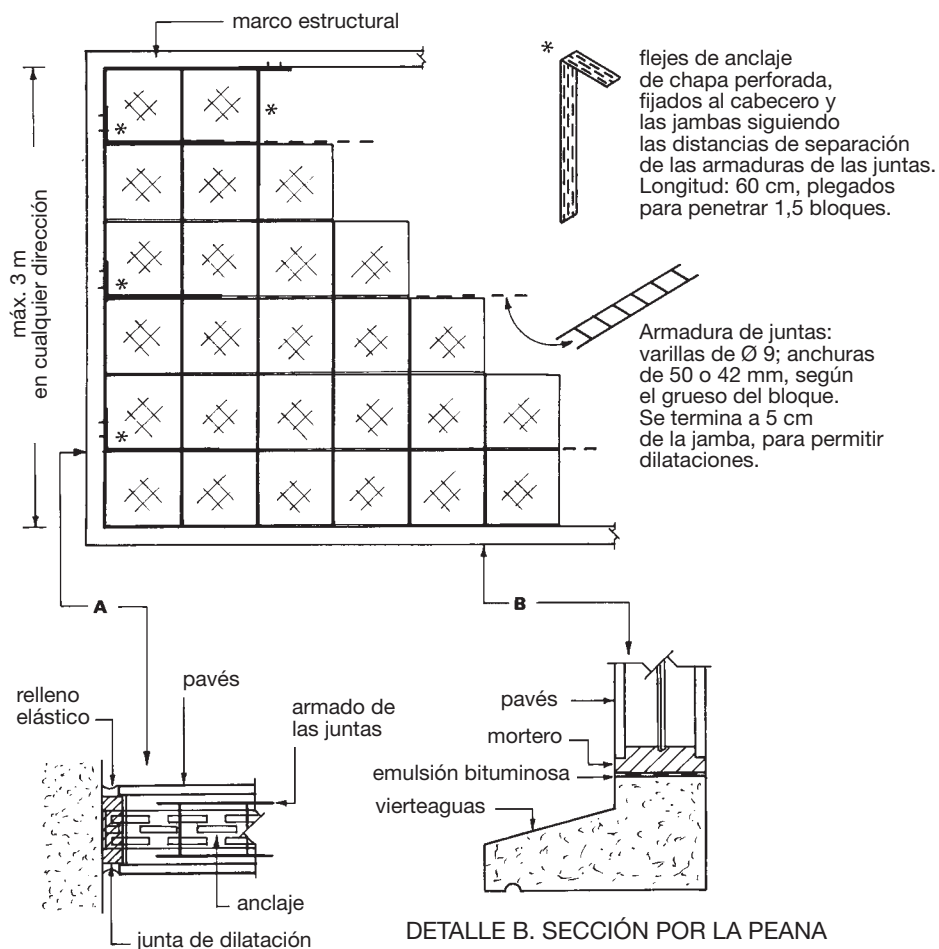
**Colocación:** los bloques de vidrio pueden aparejarse como la obra de fábrica convencional, pero por razones estéticas suelen colocarse con juntas verticales y horizontales continuas.

**Juntas:** los bloques se colocan sobre lecho de mortero, armándose las juntas horizontales con dos varillas de acero galvanizado. En el caso de bloques de 15 cm, cada tres hiladas; en el caso de bloques de 20 cm, cada dos; y en el caso de bloques de 30 cm, cada hilada. Las hiladas primera y última deben armarse siempre.



## Paredes de pavés (2)

**Mortero:** debe ser más seco que el empleado en la fábrica de ladrillo, pues el pavés no absorbe el agua. Los componentes del mortero son: cemento pórtland blanco, cal grasa y arena. La arena puede de ser cuarcita blanca o de tipo silíceo; también es aceptable la arena silíceo fina. También puede incluir un agente impermeabilizante. Dosificación recomendada: 1 parte de cemento : 0,5 partes de cal : 4 partes de arena.



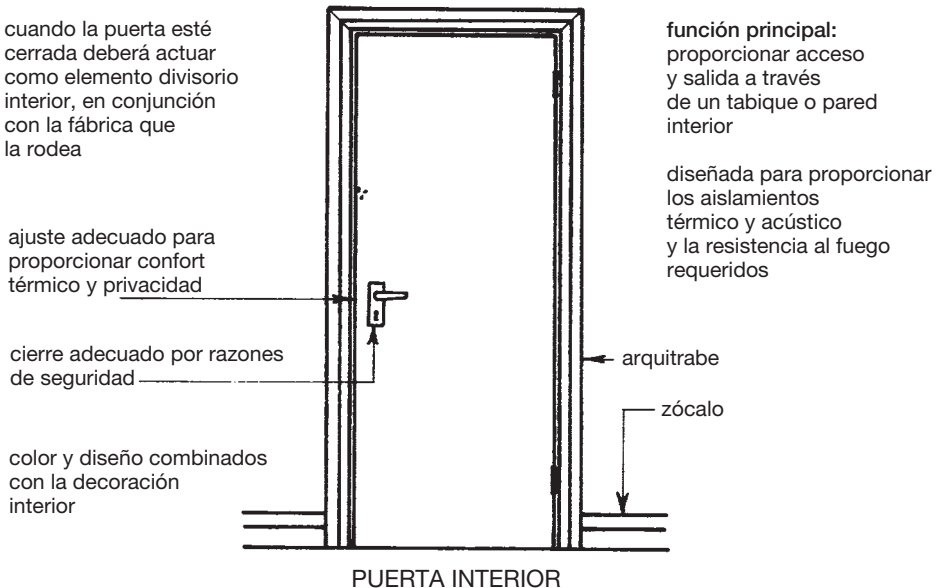
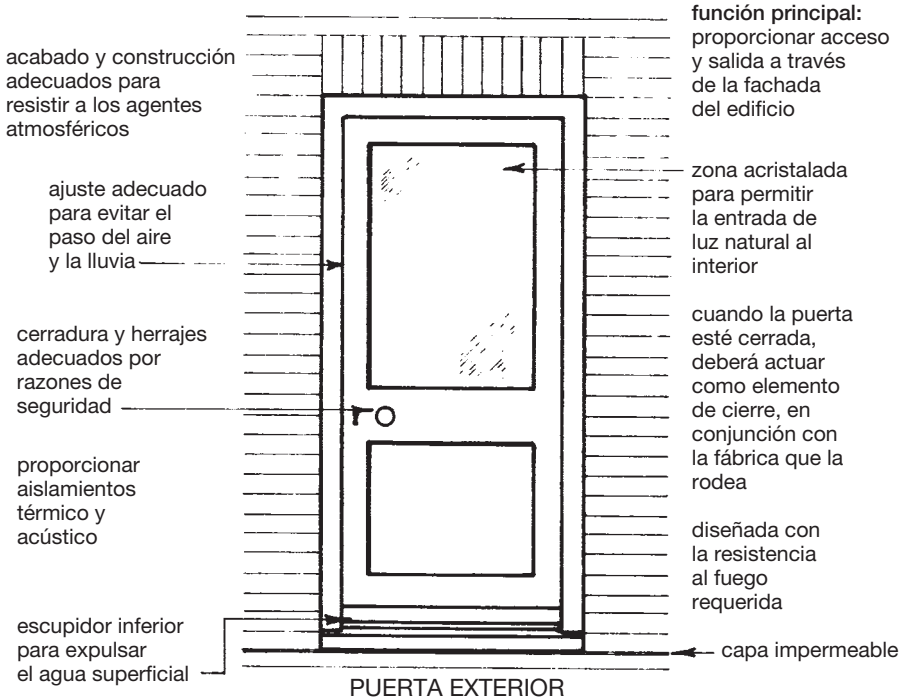
DETALLE A. SECCIÓN POR LA JAMBA

DETALLE B. SECCIÓN POR LA PEANA

NOTA: mismo detalle para el cabecero, a excepción de que se omite el armado.

**Puertas:** se clasifican en exteriores o interiores. Generalmente las exteriores son más gruesas y robustas que las interiores, ya que deben cumplir más funciones.

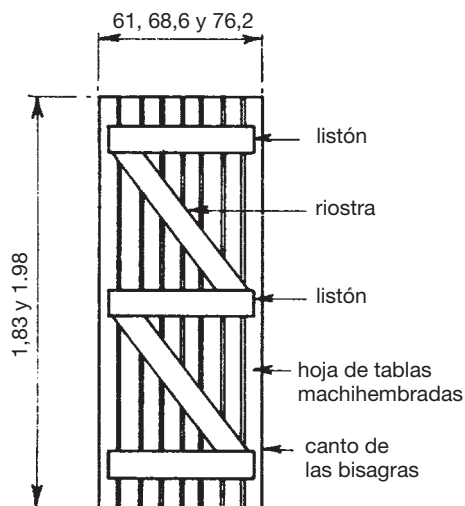
### Funciones características



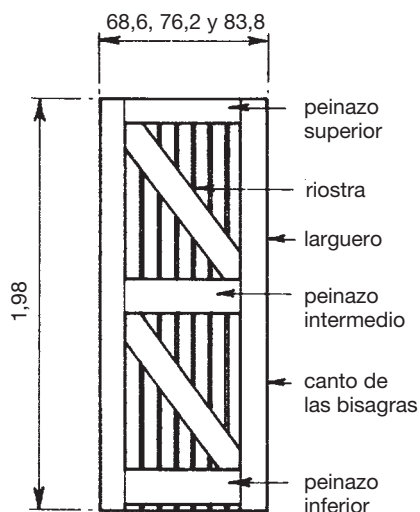
## Tipos de puerta

**Puertas exteriores:** el mercado ofrece un amplio abanico de tipos y estilos en madera y aleación de aluminio o acero. La mayoría de puertas exteriores, sin embargo, es de madera, mientras que las puertas metálicas suelen limitarse a tipos totalmente acristalados tales como las puertas "de lavadero".

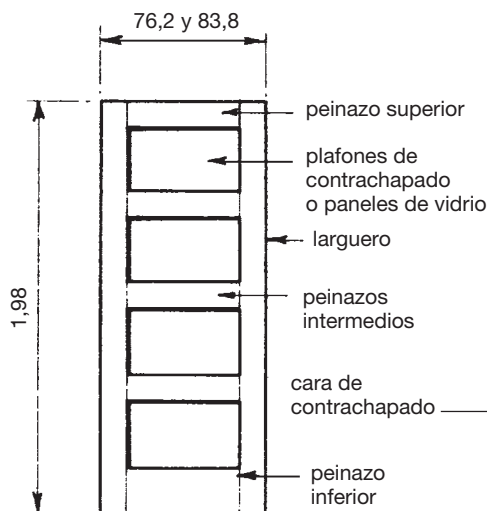
### Ejemplos de puertas exteriores tipo



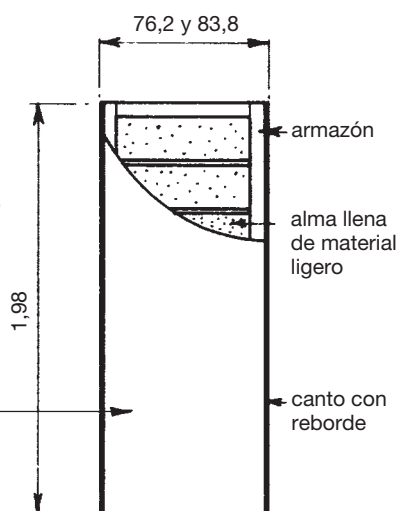
PUERTA DE LISTONES Y RIOSTRAS



PUERTA DE LISTONES Y RIOSTRAS CON MARCO

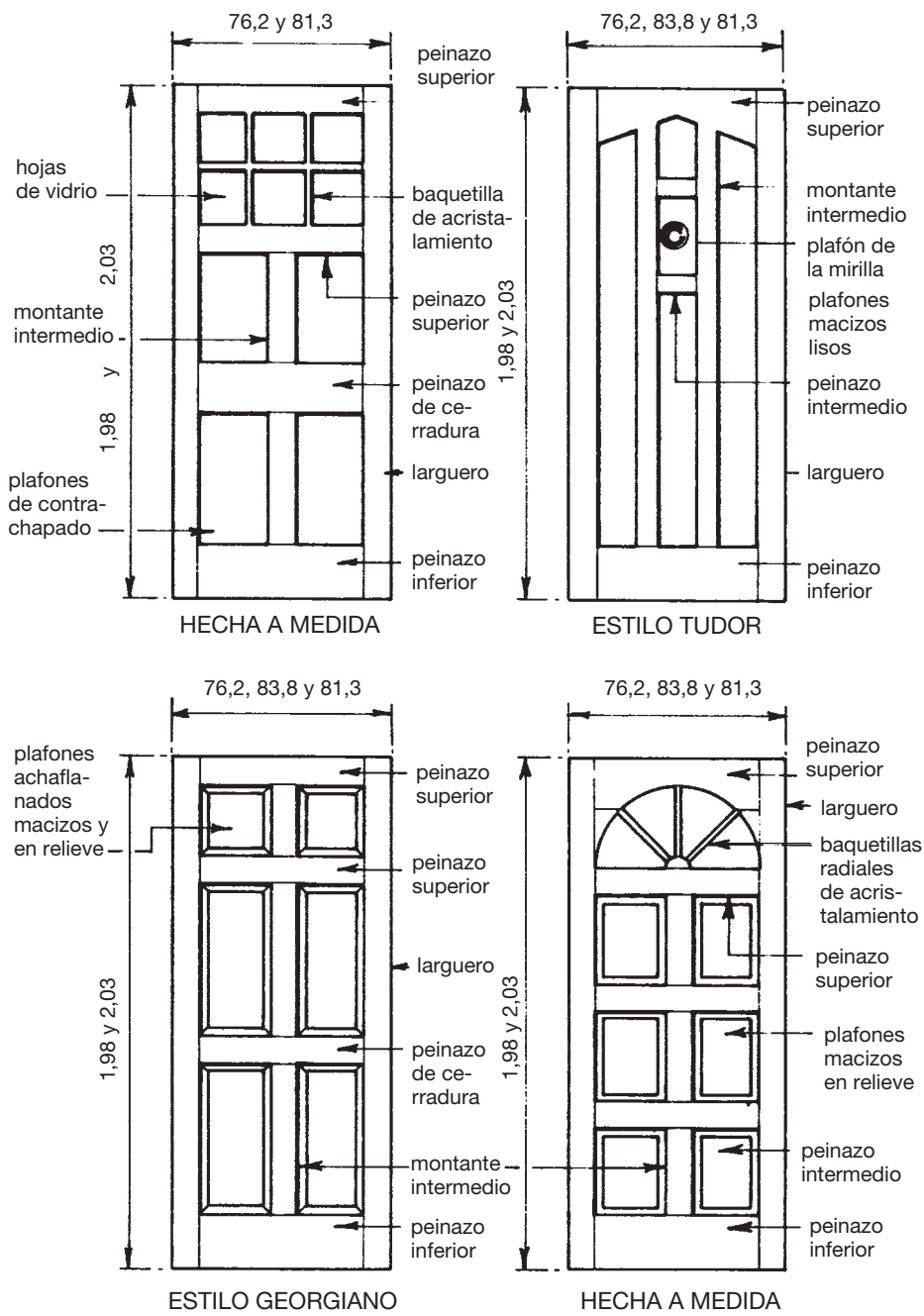


PUERTAS DE 1, 2, 3 o 4 PLAFONES



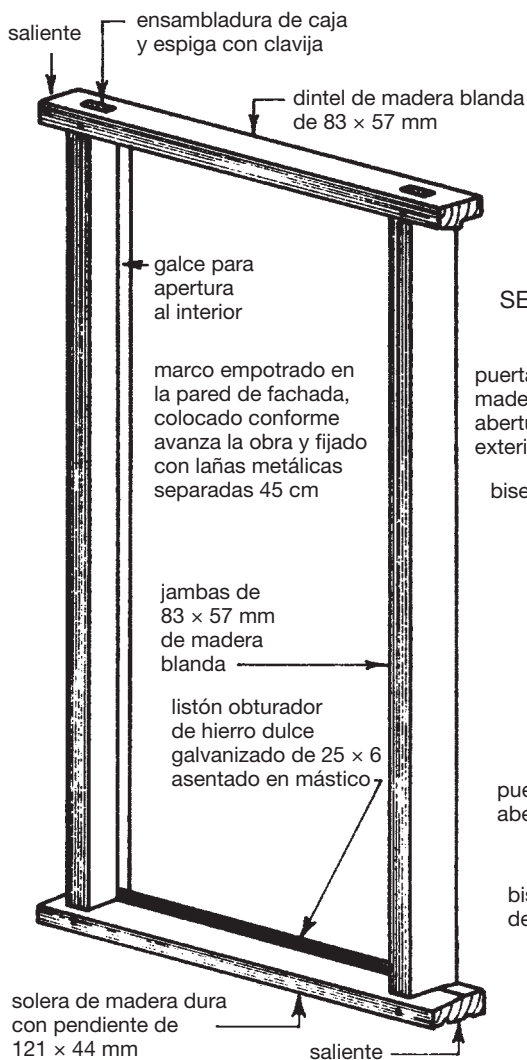
PUERTAS LISAS

Ejemplos tipo de puertas exteriores no estandarizadas hechas a medida

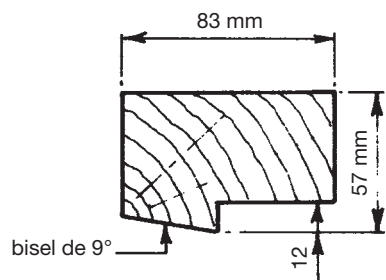


**Marcos de puerta:** en el mercado existen marcos para cualquier tipo de puerta exterior estándar; también hay modelos con un plafón macizo o de vidrio situado encima del dintel de la puerta. Existen marcos para puertas que abren hacia el interior o hacia el exterior.

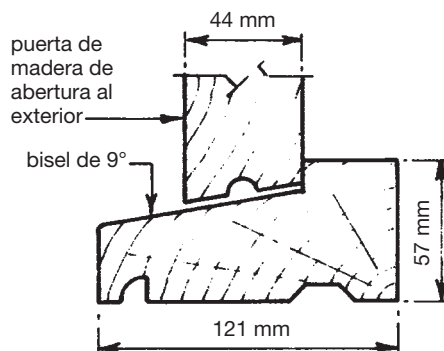
### Ejemplo tipo



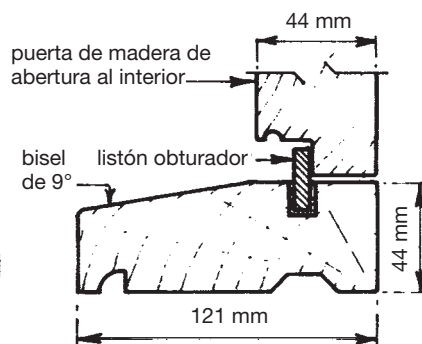
MARCO DE PUERTA TIPO



SECCIÓN DEL DINTEL Y LAS JAMBAS



SECCIÓN DEL ESCUPIDOR



SECCIÓN DEL ESCUPIDOR

**Herrajes de puertas:** en el mercado existe una amplia variedad de materiales, estilos y acabados, pero todos constan básicamente de los mismos componentes:

**Bisagras o pernios:** se utilizan para fijar la puerta a su marco o telar y permitirle pivotar en torno a su eje de suspensión.

**Cerrojos y pestillos:** sirven para mantener la puerta en posición cerrada y proporcionar el grado de seguridad requerido. Las manecillas y placas, en combinación con los cerrojos y pestillos, reciben colectivamente el nombre de herrajes de la puerta.

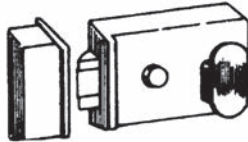
**Placas buzón:** insertadas en las puertas exteriores, permiten depositar las cartas u otros envíos a través de la puerta.

Entre otros accesorios cabe citar las chapas colocadas en torno a la cerradura o en el zócalo en lugares de mucho desgaste por el uso, los burletes para sellar las holguras a lo largo de los cantos de la puerta y las cadenas de seguridad para permitir abrir parcialmente la puerta manteniendo un cierto grado de seguridad.

#### Ejemplos característicos



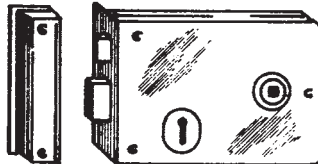
BISAGRA DE TOPE  
disponible  
en acero, latón  
y aluminio



CERRADURA DE  
SEGURIDAD DE CAJA  
montada en la cara interior



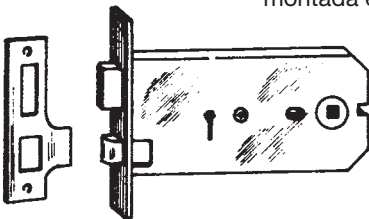
PLACA PARA CARTAS  
puede obtenerse con un picaporte  
solidario



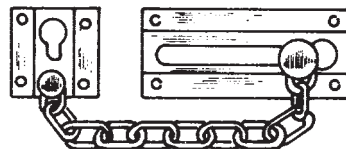
CERRADURA DE CAJA  
montada en la cara interior



CERROJO DE PASADOR  
disponible en acero, latón  
y aluminio



CERRADURA EMPOTRADA  
embutida en el cuerpo de la puerta



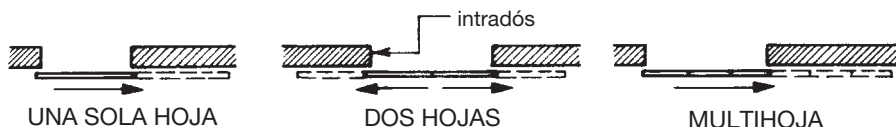
CADENA DE SEGURIDAD  
latón extruido con cadena de hierro  
latonado

**Puertas industriales:** se clasifican habitualmente por sus sistemas de manejo y construcción. Hay una amplia variedad en el mercado y la elección del tipo idóneo debe basarse en las siguientes consideraciones:

1. Movimiento: vertical u horizontal.
2. Medida de apertura.
3. Posición y finalidad de la(s) puerta(s).
4. Frecuencia de apertura y cierre de la(s) puerta(s).
5. Funcionamiento manual o mecánico.
6. Requisitos de aislamiento térmico y/o acústico.
7. Requisitos de resistencia al fuego.

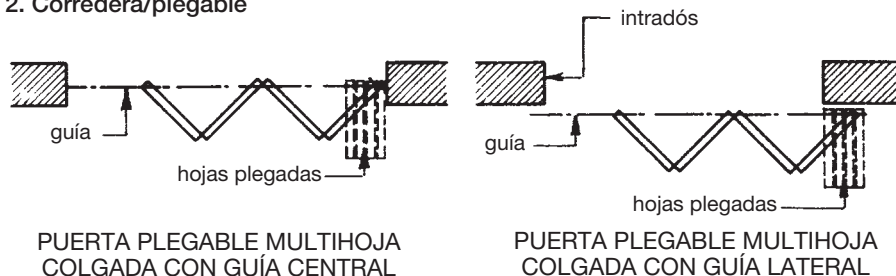
### Tipos característicos de puertas industriales

#### 1. Corredera



Estas puertas pueden deslizarse colgadas de la parte superior mediante un juego de guía y rodillos, con pletina y pivote guiador en la parte inferior, o viceversa, apoyadas sobre rodillos en la parte inferior, con pletina y pivote guiador en la superior (véase pág. 369).

#### 2. Corredera/plegable



Estas puertas pueden deslizarse colgadas de la parte superior mediante un juego de guía y rodillos, con pletina y pivote guiador en la parte inferior, o viceversa, apoyadas sobre rodillos en la parte inferior, con pletina y pivote guiador en la superior (véase pág. 370).

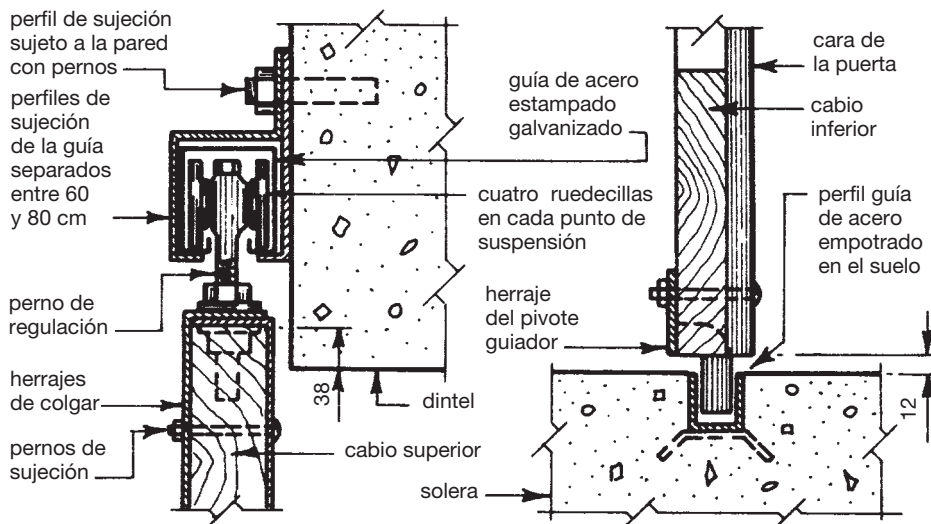
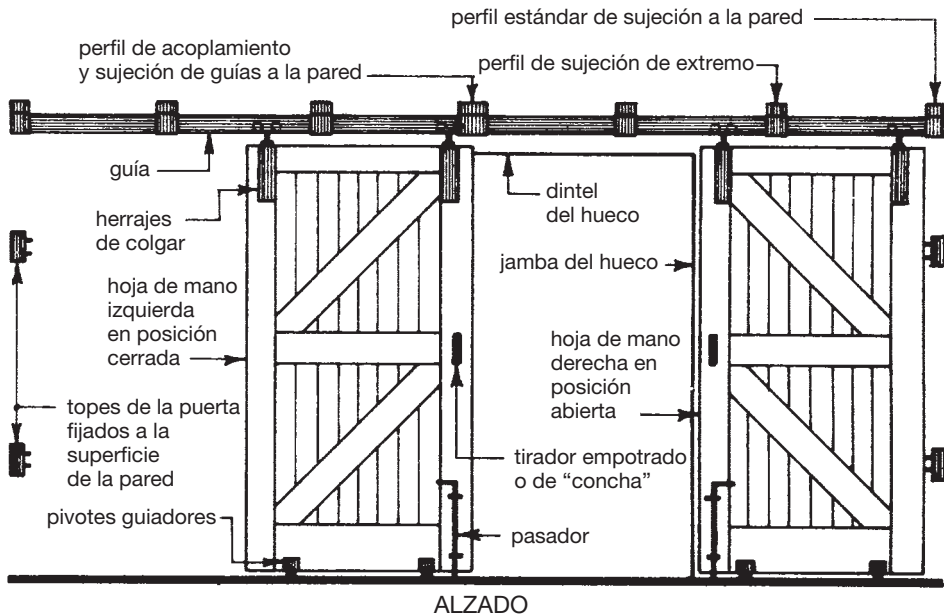
#### 3. Persianas



Las persianas pueden instalarse entre, detrás o delante de las jambas (véase pág. 371).

**Puertas correderas:** estas puertas son de fácil manejo, mantenimiento económico y no presentan dificultades para la integración de un portillo secundario en su superficie. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cuando están totalmente abiertas ocupan un paño de pared de igual superficie que la puerta. En el caso de las puertas colgadas, el canal guía inferior puede resultar obstruido por la suciedad, dificultando o impidiendo el deslizamiento de la puerta, mientras que si los rodamientos están en la guía inferior las partículas de suciedad pueden provocar atascamientos o que la puerta deslice "a trompicones", a menos que se mantengan perfectamente lubricados y las guías limpias. Las puertas correderas pueden suministrarse con accionamiento manual o mecánico.

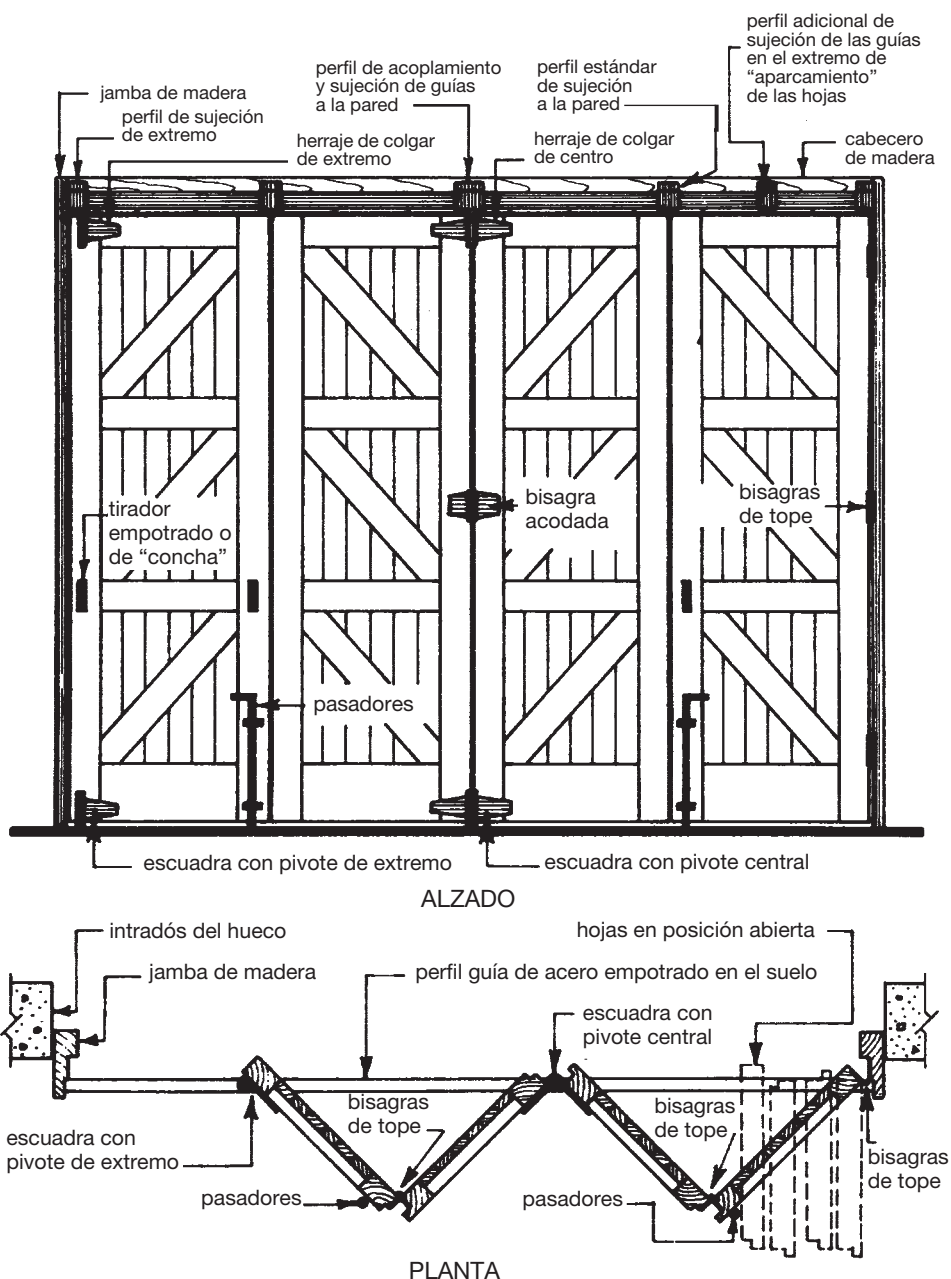
### Ejemplo tipo





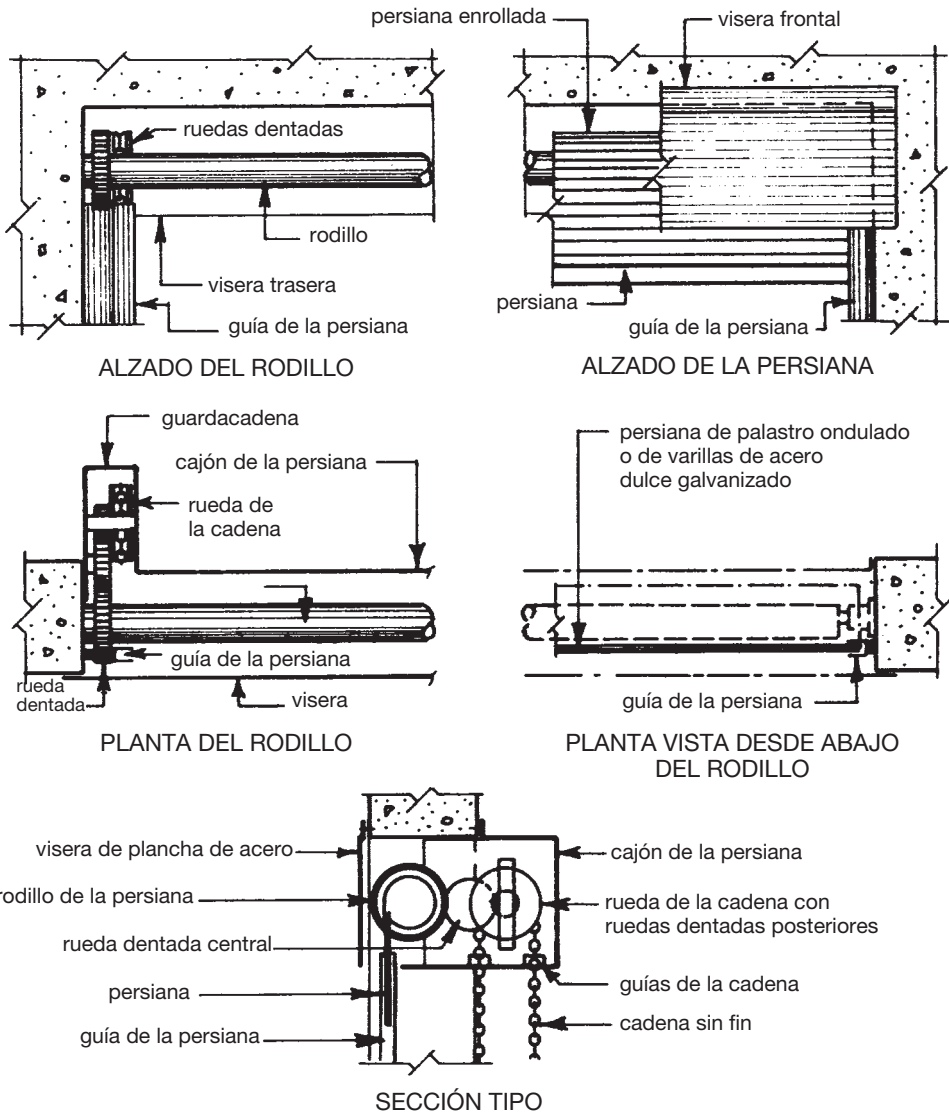
**Puertas plegables:** constituyen un formato alternativo a las correderas y tienen sus mismas ventajas y desventajas, aunque las plegables ocupan menos espacio útil que las correderas cuando están abiertas. Generalmente, las puertas plegables se accionan manualmente y pueden distribuirse en grupos de dos a ocho hojas.

### Ejemplo tipo



**Persianas:** las persianas plegables de deslizamiento horizontal tienen un funcionamiento similar a las puertas plegables, aunque con hojas más pequeñas que estas, y tienen los mismos problemas. En cambio, las persianas enrollables no ocupan ningún espacio en los paños de pared, pero generalmente deben estar totalmente abiertas para el acceso. Si son del tipo de autoarrollamiento, pueden accionarse manualmente por medio de un manubrio. Otras pueden accionarse mediante un mecanismo de arrollamiento de cadena sin fin, o mecánicamente mediante un motor eléctrico, pero en todos los casos su apertura y cierre son lentos. Las persianas enrollables no admiten la incorporación de ventanillas de observación, pero en cambio, es posible incluir en el diseño un portillo auxiliar integrado.

### Detalles tipo



## Construcción con muros de carga transversales

**Construcción con muros de carga transversales:** tipología constructiva en la que los muros de carga son perpendiculares a las fachadas frontal y trasera del edificio, que son exclusivamente de cierre y que carecen, por tanto, de función portante.

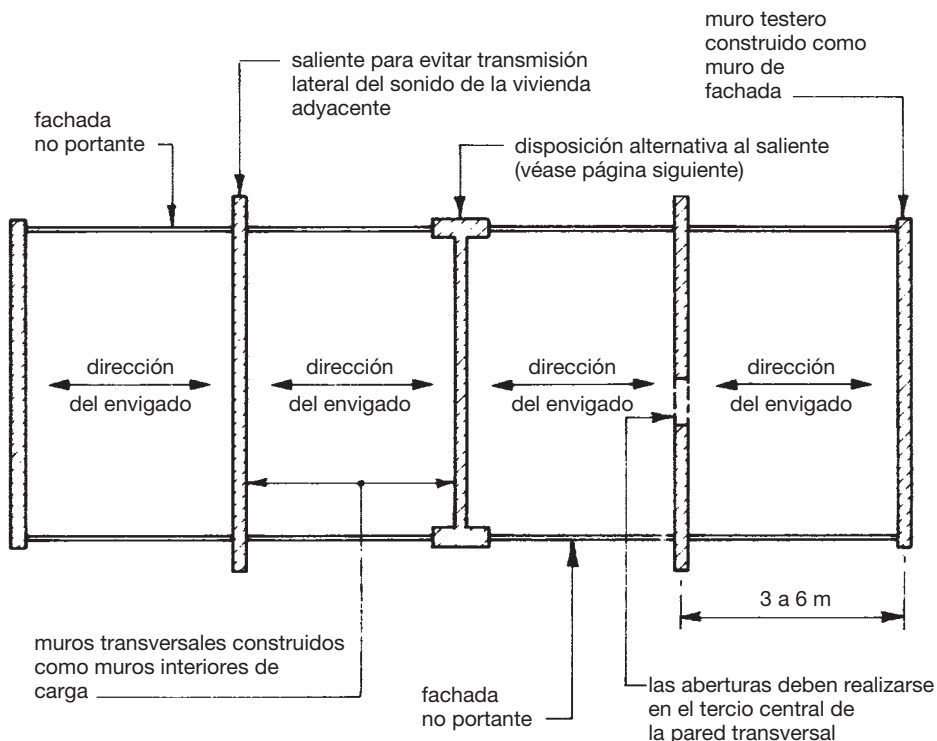
Esta tipología es adecuada para edificios de hasta cinco plantas donde estas tengan igual o similar distribución y se requieran paredes medianeras interiores de separación, como puede ocurrir en bloques de viviendas o apartamentos dúplex. Los forjados intermedios se apoyan en los muros transversales, proporcionando al conjunto el necesario arriostramiento lateral.

Cuando los forjados y los muros son de hormigón armado moldeado in situ, el conjunto de “cajas” que se forma recibe en ocasiones el nombre de construcción “en colmena”.

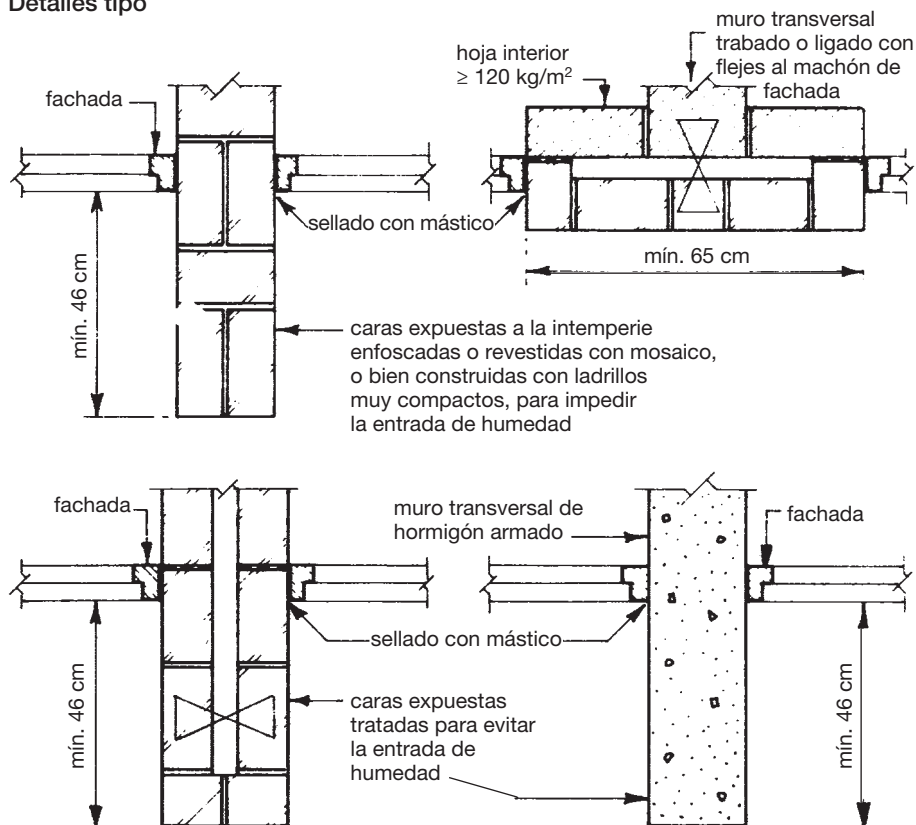
El proyecto y la construcción deben realizarse con sumo cuidado para asegurar que las uniones entre los muros transversales portantes y los de cierre de las fachadas sean estancas al agua.

Si el edificio tiene cubierta a dos aguas con la cumbrera paralela a las fachadas, se requerirán zunchos de borde para apoyar los cabios y transmitir las cargas de la cubierta a las paredes transversales.

### Detalle tipo de un edificio con muros de carga transversales



## Detalles tipo



## Ventajas de la construcción con muros de carga transversales:

1. Pueden estandarizarse, e incluso prefabricarse, los elementos portantes y no portantes con el consiguiente ahorro de tiempo.
2. Libertad de diseño de las ventanas entre muros transversales.
3. Pese a ser portantes, los muros transversales no precisan ser impermeables, como ocurre con la fachada.

## Inconvenientes de la construcción con muros de carga transversales:

1. Limitaciones en planta.
2. Necesidad de arriostramiento adecuado entre ellos.
3. Necesidad de proteger contra la intemperie los tramos salientes.

## Forjados:

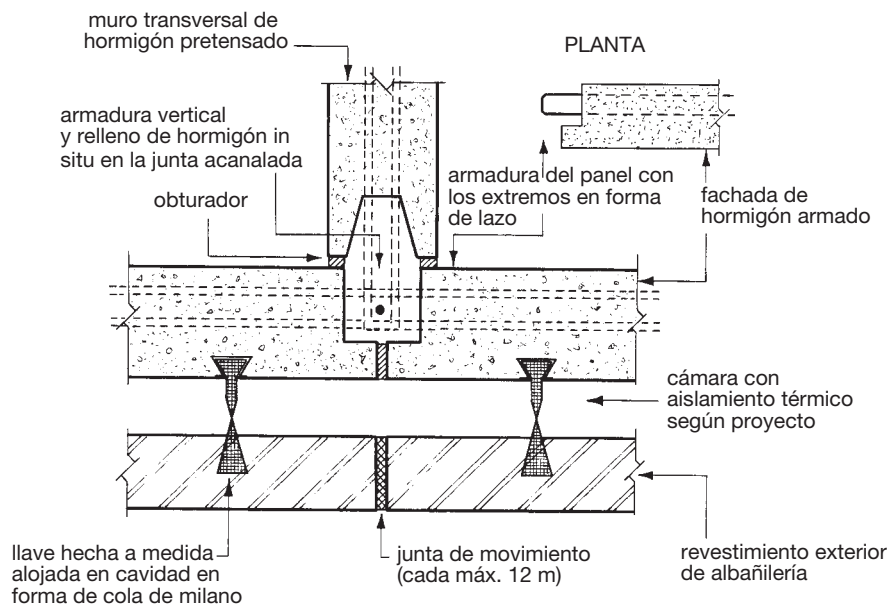
El sistema que proporciona mayor rigidez al conjunto es la losa de hormigón armado in situ. Cualquier otra solución deberá ligarse adecuadamente a las paredes.

## Construcción con muros de carga transversales. Hormigón prefabricado

**Sistema:** comporta el uso de paneles prefabricados de hormigón armado para muros y paneles de hormigón pretensado huecos o macizos para forjados, todo ello hecho en fábrica a partir de componentes de calidad controlada.

**Montaje en obra:** los componentes se elevan con una grúa y se colocan en posición manualmente, con los bordes del panel de forjado apoyando en los muros circundantes. Durante la ejecución se precisa apuntalamiento provisional hasta que los paneles sean “hilvanados” provisionalmente con armaduras horizontales y verticales de acero alojadas en las juntas acanaladas diseñadas ex profeso en los bordes laterales de las piezas. La lechada de hormigón vertida in situ en las acanaladuras completa la unión estructural que proporcionará la transferencia completa de todas las fuerzas y cargas a través de las juntas. Las rampas y losas de rellano de escalera de hormigón prefabricado se conectan con la estructura mediante angulares de acero y juntas de hormigón in situ.

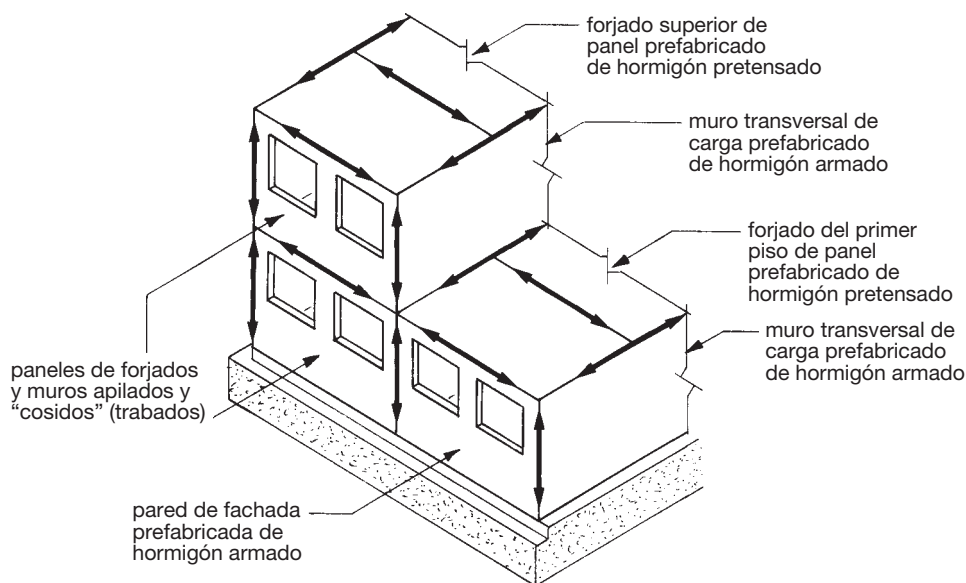
**Junta tipo para unir componentes de una estructura de paredes de carga transversales de hormigón prefabricado**



**Concepto:** sistema de montaje en obra sencillo y económico, utilizando muros maestros divisorios y de fachada para transferir las cargas verticales de los forjados. El forjado proporciona estabilidad lateral por su acción de arriostramiento entre paredes.

**Aplicación:** estos sistemas a base de muros de carga transversales pueden utilizarse para construir edificios de varias plantas, particularmente cuando la distribución de cargas de los forjados es tal que estas son transferidas a núcleos de escaleras o de ascensores. Como aplicaciones características de este modelo estructural cabe citar escuelas, hoteles, bloques de apartamentos y hospitales. Existe toda una amplia gama de posibilidades de revestimiento exterior que mejoran el aspecto de los edificios así construidos, como la fábrica de ladrillo visto tradicional anclada a la estructura mediante tirantes ocultos en la obra. El acabado interior puede ser pintura o enlucido, pero, por sus indudables ventajas prácticas, es muy frecuente revestir la obra internamente con paneles de cartón yeso ("construcción seca").

### Ubicación de zunchos de hormigón armado de arriostramiento

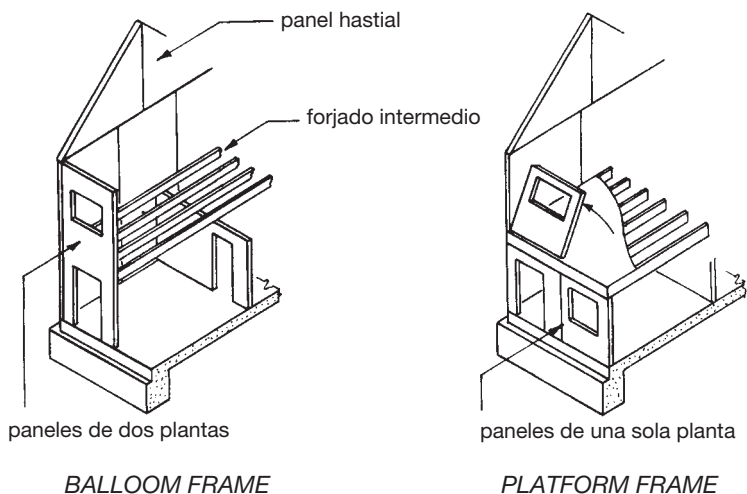


La resistencia al fuego y el aislamiento acústico se consiguen mediante la densidad y calidad del hormigón. El comportamiento térmico de la fachada de hormigón puede mejorarse aplicando un aislante entre el panel prefabricado exterior y el revestimiento de albañilería o de otro material.

**Construcción de entramado de madera:** este proceso de construcción de casas parcialmente prefabricadas permite un montaje rápido, con una cantidad de mano de obra considerablemente inferior a la necesaria en la construcción tradicional. Esta técnica tiene una larga tradición en Escandinavia y Norteamérica, pero es casi desconocida en el resto de lugares. Los paneles prefabricados constan de un entramado de madera, normalmente de escuadría  $10 \times 5$  cm, un forro exterior de madera contrachapada, tablero de aglomerado de madera o similar, aislamiento entre los miembros del entramado, y un revestimiento interior de cartón yeso. Finalmente, un cerramiento exterior de fábrica de ladrillo protege al edificio contra la intemperie y le da un aspecto tradicional.

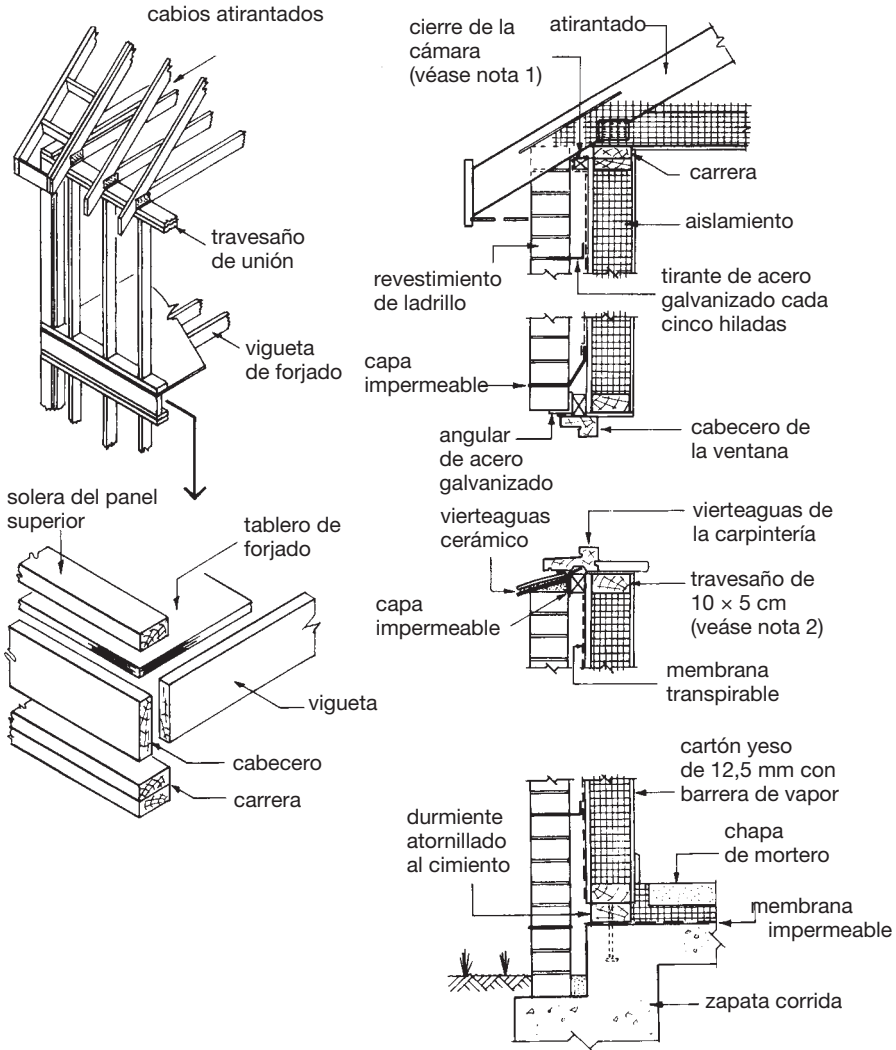
Las técnicas de montaje derivan de dos sistemas básicos:

1. *Balloom frame* (armadura sin rigidez).
2. *Platform frame* (estructura de plataforma).



El *balloom frame* consiste en una estructura de madera cuyos paneles de fachada abarcan dos plantas de altura, con un forjado intermedio apoyado en esta. En una *platform frame*, los montantes y paneles de fachada tienen una sola planta de altura, independientemente del número de plantas. Cada planta descansa sobre los cabezales de la inferior o, en el caso de la planta baja, sobre el durmiente de coronamiento del muro de cimentación. Este sistema simplifica el transporte y el manejo en obra, y también presenta menos problemas de contracciones y de movimientos.

Detalles tipo



NOTAS:

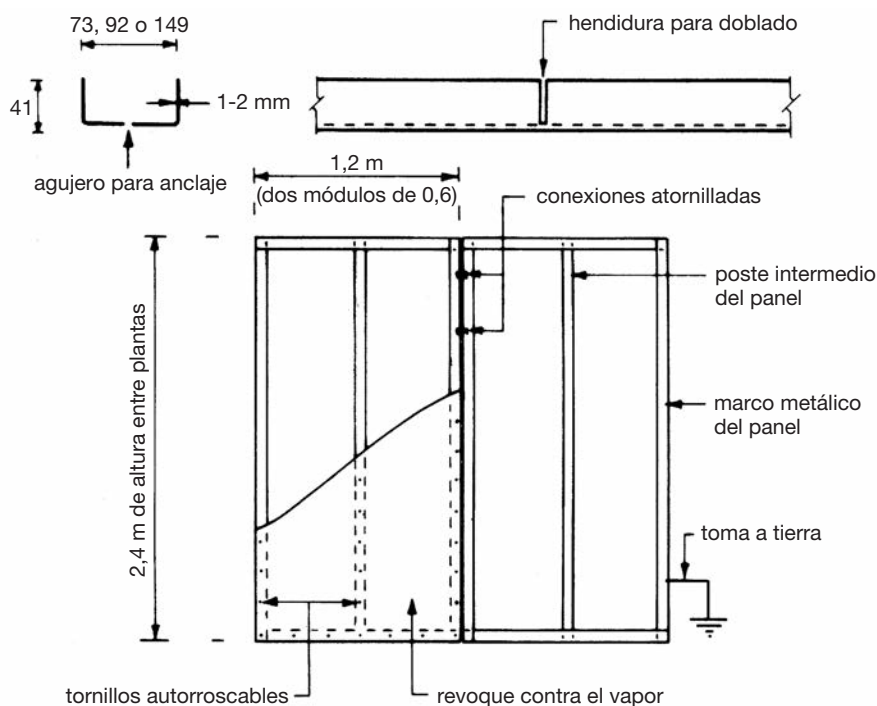
1. El cierre de la cámara de aire dificulta la propagación del fuego. Por lo general, se ubica entre dos elementos de construcción.
2. Pueden evitarse los puentes térmicos a través de los elementos macizos del armazón usando planchas aislantes rígidas de poliestireno expandido y perfiles en I más ligeros de contrachapado u OSB.



## Construcción con armazón de acero (1)

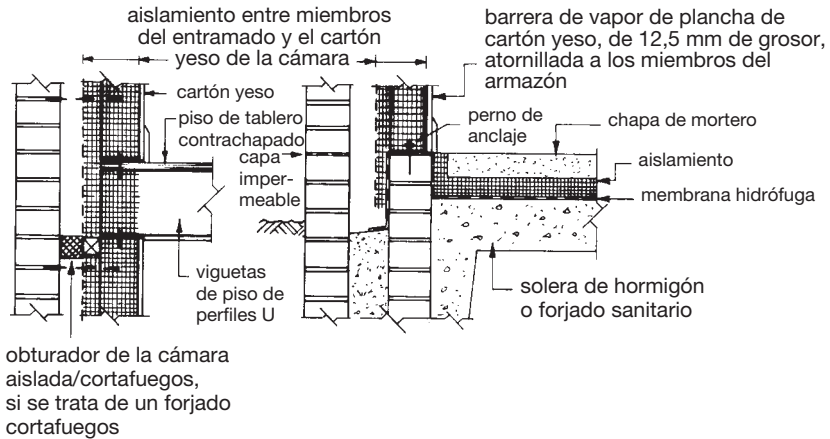
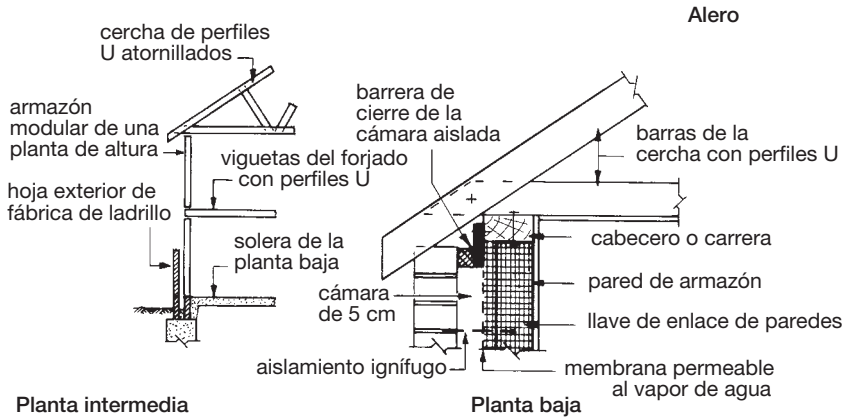
Construcción: comprende una hoja interior de paneles murales con estructura de perfiles en U de acero conformado en frío galvanizados y una cara interna de cartón yeso revestida de una barrera de vapor. Esos paneles pueden ser montados en obra, pero es mucho más práctico encargarlos a medida. Por lo general son módulos de 60 cm de anchura que se atornillan en obra. Las cerchas son de perfiles de acero U o perfiles sigma. Sobre distintas formas normalizadas de perfiles de acero laminados en frío, véase pág. 500.

### Perfil en U estándar



**Antecedentes/historia:** el concepto de construcción de casas con armazón de acero se desarrolló a principios de la década de 1920, aunque pronto se vio superado por el avance imparable del bloque de hormigón ligero. A finales de la década de 1940 se produjo un resurgimiento debido a la eclosión de la construcción de edificios en la posguerra y la consiguiente escasez en el mercado de materiales tradicionales de construcción. Consecuentemente, el acero pasó a ser una alternativa relativamente cara y poco competitiva, con relación a las técnicas de construcción con bloque de hormigón o entramado de madera. Esta situación se mantuvo con pocos cambios hasta la década de 1990, en la que una mayor eficiencia en los procesos de fabricación, combinada con el empleo de una mano de obra semiespecializada en la construcción y con la disponibilidad de perfiles conformados en frío a precios económicos, revitalizaron el interés por estos medios alternativos de construcción de casas.

### Detalles tipo



### Ventajas:

- Paneles hechos en fábrica y, por tanto, con control de calidad y tolerancias.
- De montaje en obra relativamente sencillo; uniones empernadas en agujeros preformados.
- Estables dimensionalmente, composición uniforme, movimientos insignificantes.
- No resultan afectados por la humedad y, por tanto, no se pudren.
- No arden.
- No son atacados por insectos.
- Luces potencialmente amplias con relación a su peso.

### Desventajas:

- Posibilidad de corrosión si la capa galvanizada de protección sufre algún daño.
- Se deforman a temperaturas altas; por tanto, comportamiento impredecible frente al fuego.
- Conductores de la electricidad; deben ser puestos a tierra.

## Revoques exteriores. Mezcla y soporte

**Revoque:** mezcla de agua con un aglomerante (cemento) y árido fino (arena), a la que se añade cal o un plastificante para dar docilidad a la mezcla. Se aplica a las paredes formando una capa con una finalidad decorativa y/o hidrofugante.

**Proporciones de la mezcla:** para uso general, las relaciones entre cemento, cal y arena oscilan entre 1:0,5:4-4,5 y 1:1:5,6. Si se utilizasen únicamente cemento de albañilería y arena, las relaciones estarían entre 1:2,5-3,5 y 1:4-5. A menos que se requiera un acabado fino, por una cuestión de estabilidad, es preferible usar una textura áspera como la que proporciona la arena de aristas vivas.

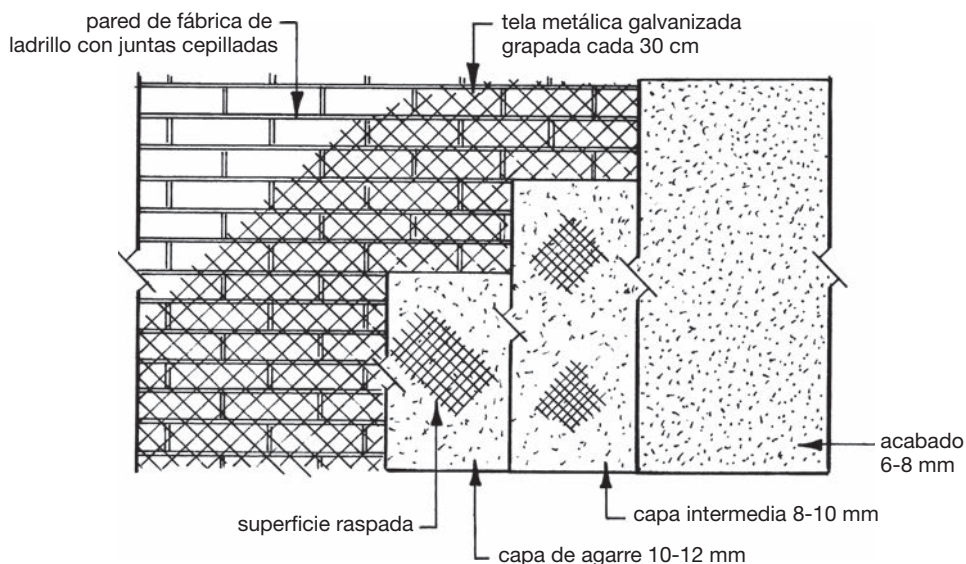
### Soporte

**Albañilería:** juntas de 12-15 mm, cepilladas para proporcionar un buen agarre a la primera capa ligante. Como apoyo y refuerzo suplementarios, puede graparse una tela metálica al soporte.

**Chapa de madera o similares:** de metal foraminado, tela metálica o chapa desplegada de acero galvanizado (revestido de cinc) o inoxidable, grapada cada 30 cm. En el mercado hay enlistonados hechos expresamente para las paredes de entramado de madera.

**Hormigón:** y otras superficies densas lisas; pueden abujardarse o salpicarse con el brochón, para proporcionar un agarre a las capas subsiguientes. Para esta segunda opción, se prepara una mezcla rica de cemento y arena (1:2) hasta formar una lechada, que se frataso o se lanza con la llana para obtener una superficie irregular que proporcione agarre a posteriores aplicaciones.

### Aplicación de tres capas a un soporte de albañilería:



**Número de manos (capas) y composición:** en ubicaciones protegidas y para soportes uniformes, basta una sola capa de 10 mm. En otros casos, para proteger adecuadamente el muro contra la intemperie y evitar que se acusen las juntas del ladrillo o del bloque a través del mortero, se requieren dos e incluso tres capas. Las mezclas deben ser ligeramente menos ricas hacia la capa exterior para obtener una superficie más flexible o, lo que es lo mismo, para evitar agrietamientos por el sol o por retracción.

**Acabados:** liso, rugoso, salpicado y rústico o granujoso.

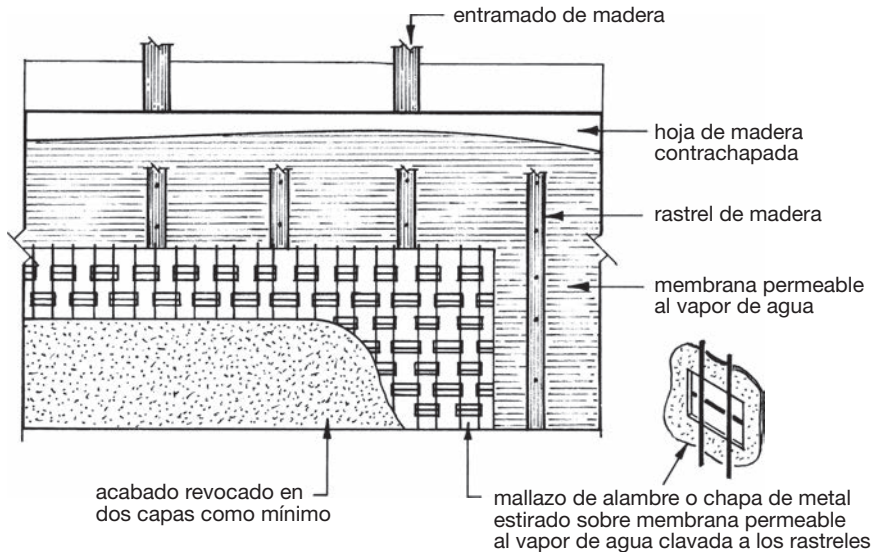
**Liso:** mortero hecho con arena fina y cemento, alisado con llana de acero (6-8 mm).

**Rugoso:** mano final acabada con un brochón, cepillo de púas o rodillo de tejido (10-12 mm, con la superficie tratada de 3 mm).

**Salpicado:** acabado irregular resultante de salpicar la mano final sobre la superficie del muro con escobilla de ramojo.

**Rústico o granujoso:** rocalla o arena cuarzosa arrojadas sobre una capa de acabado de mortero rico (10-12 mm).

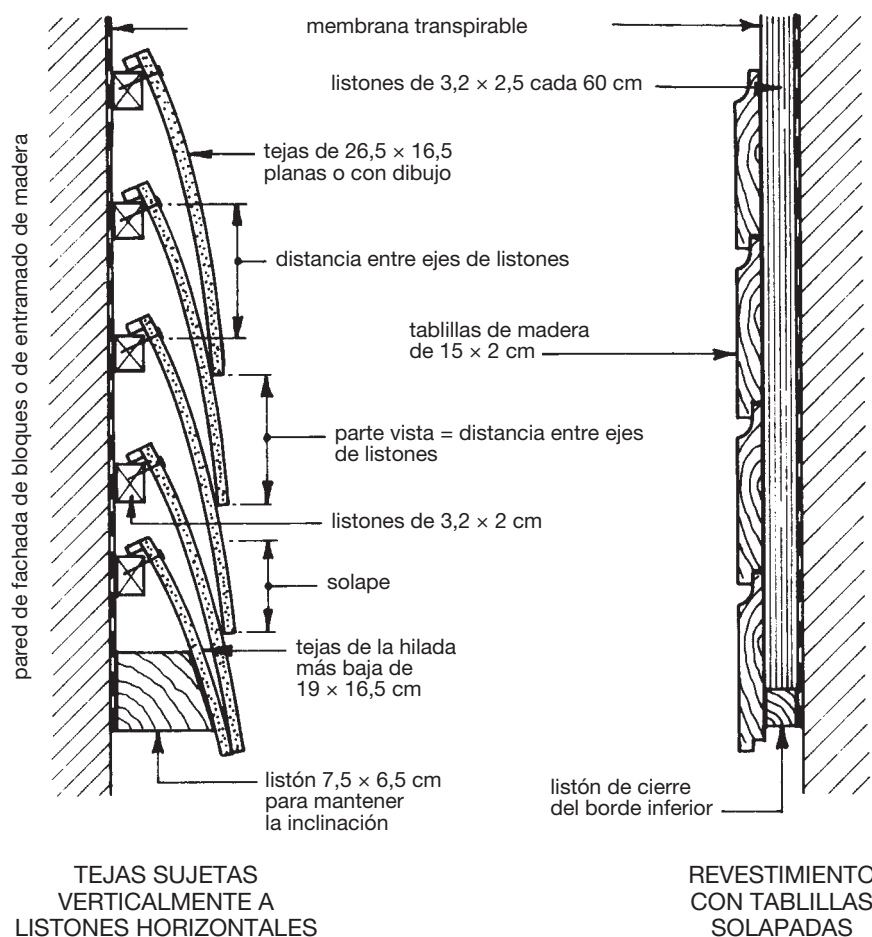
#### Revoque aplicado a un soporte de entramado de madera



## Plaquetas para revestimiento de paredes exteriores

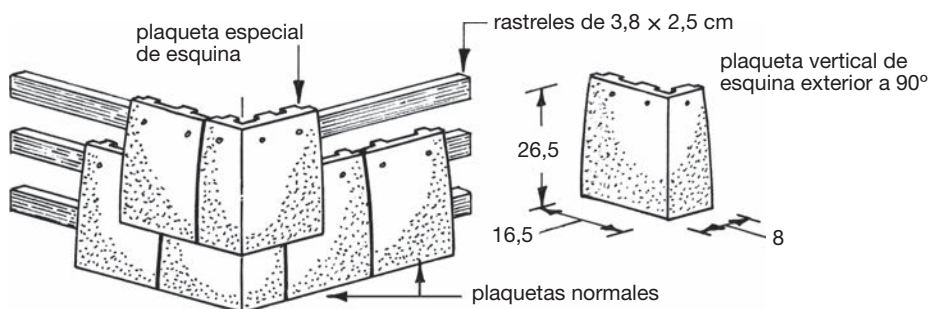
**Plaquetas para revestimiento de paredes exteriores:** las paredes exteriores de bloques o de entramado de madera pueden revestirse con tejas, tablillas de madera, elementos perfilados de plástico, etc. Las tejas suelen ser planas, con el borde inferior recto o con dibujo. Se aplican sobre la cara vertical de la misma manera que se disponían las tejas en un tejado inclinado (véanse págs. 402 y 405), excepto que en este caso la distancia entre los listones puede ser superior y que cada teja se fija con dos puntas. Para formar las aristas convexas o cóncavas pueden utilizarse piezas especiales o pueden ingletearse. Los revestimientos a base de tablas de madera machihembradas o de tablas con rebajo longitudinal a media madera en los dos cantos pueden sujetarse verticalmente a listones horizontales o, a la inversa, horizontalmente a listones verticales. Los revestimientos de moldeados plásticos se aplican de manera similar. Conviene tratar los listones de sujeción del revestimiento con algún producto fungicida y contra los ataques de los insectos, y las puntas de fijación deben ser resistentes a la corrosión.

### Detalles tipo

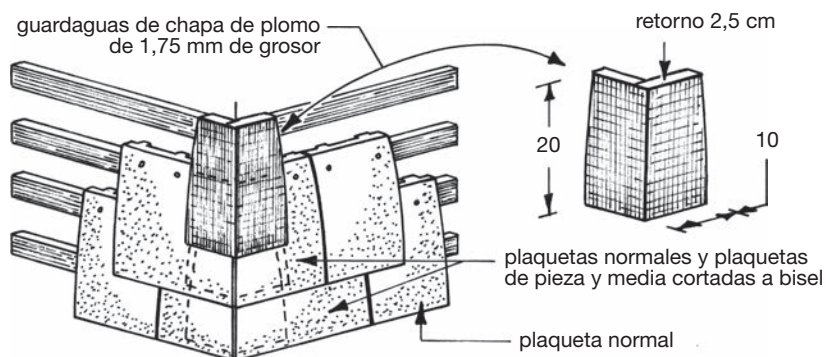


## Plaquetas para revestimiento de paredes exteriores. Esquinas salientes

Para solucionar el problema de las esquinas salientes, o convexas, se fabrican unas piezas especiales en forma de L como alternativa a las plaquetas normales. Tienen una medida de una pieza y media giradas entre sí  $90^\circ$  (pueden fabricarse con otros ángulos) y las hay de mano derecha y de mano izquierda, colocándose alternativamente siguiendo el despiece general a rompe juntas.



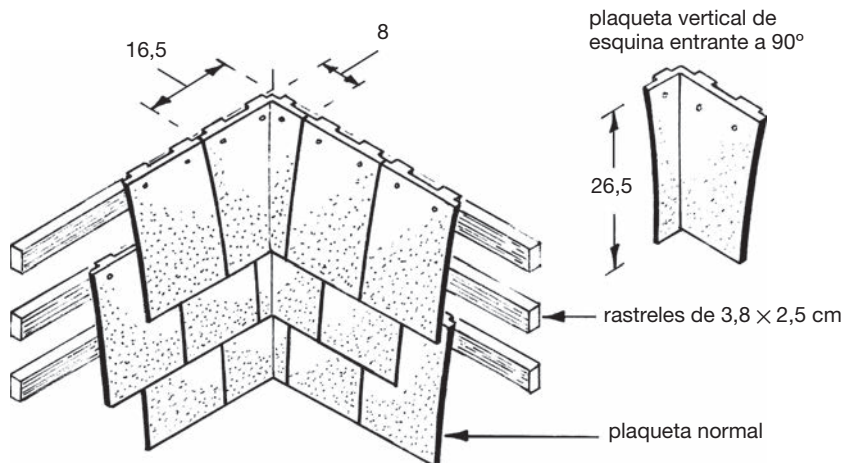
Una alternativa a las piezas especiales consiste en biselar cuidadosamente los lados de encuentro de las plaquetas normales para que encajen, lo que requiere colocar parejas de plaquetas y de medias plaquetas en filas alternas, para mantener el aparejo. Para que los cantos biselados resistan mejor a la intemperie, a cada fila se le aplican guardaguas de tiras de chapa de plomo (1,75 mm) de al menos  $22,5 \times 20$  cm. La parte superior de cada tira de chapa de plomo se dobla sobre las filas de plaquetas y la parte inferior se acaba al mismo nivel o ligeramente por encima del borde inferior de las plaquetas.



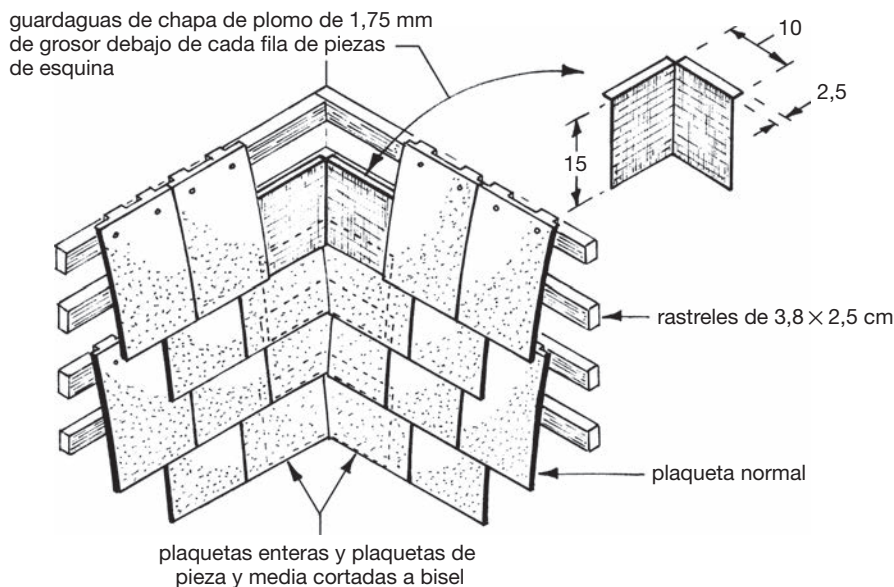


Plaquetas para revestimiento de paredes exteriores. Esquinas entrantes

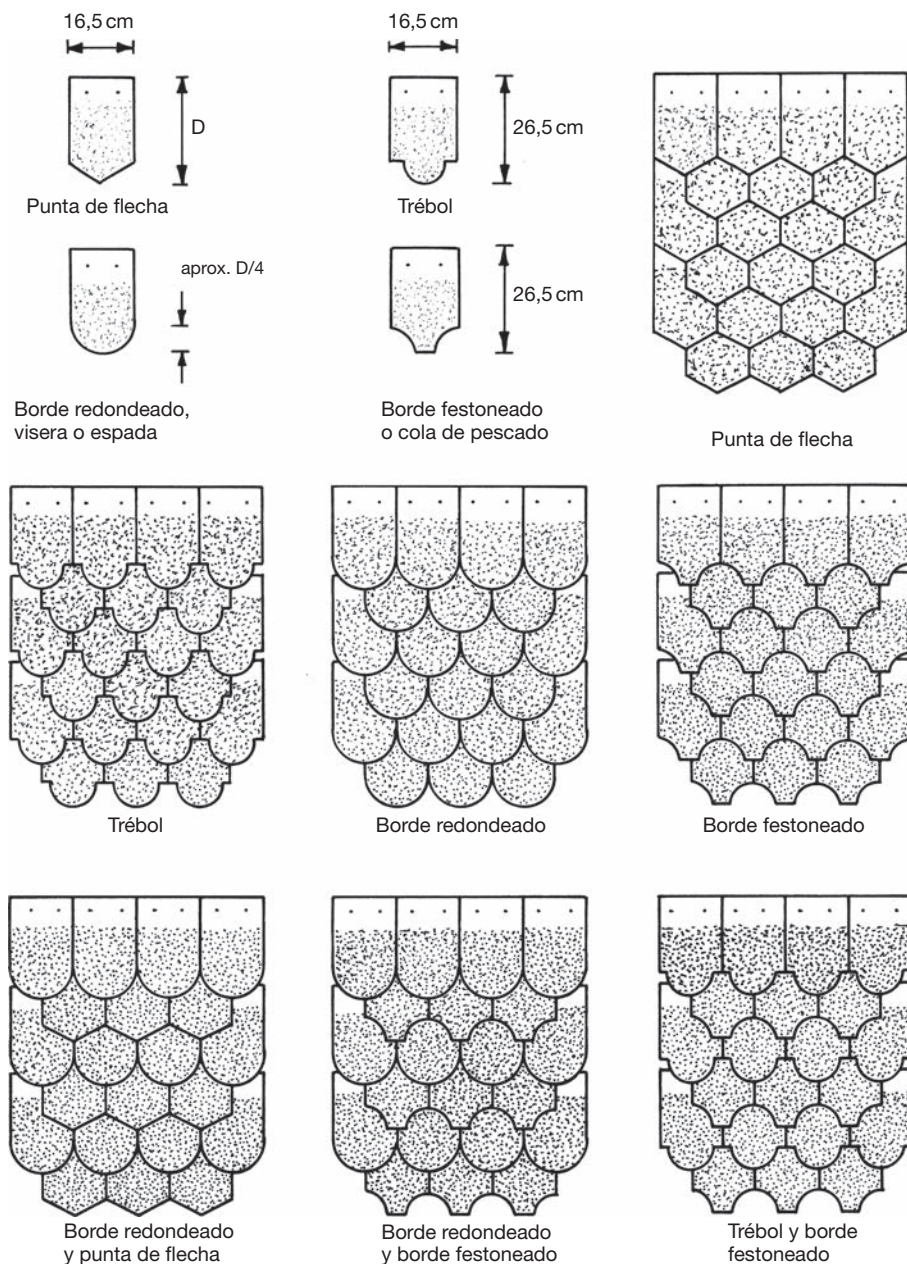
Las esquinas entrantes, o cóncavas, reciben un tratamiento similar a las salientes, usando plaquetas especiales de aproximadamente pieza y media de dimensiones totales, dobladas 90° (u otro ángulo que se especifique). Unas piezas son de mano izquierda y otras de mano derecha, para mantener el solape adecuado del aparejo.



Las esquinas entrantes también pueden resolverse cortando a bisel las plaquetas, con piezas y medias piezas colocadas en filas alternas. Para proteger los bordes biselados, debajo de cada par de piezas de esquina se colocan guardaguas de tiras de chapa de plomo (1,75 mm) de al menos 17,5 x 17,5 cm. Como en el caso de las esquinas salientes, también aquí la chapa de plomo se oculta discretamente con un biselado preciso y una forma adecuada de las piezas.



### Ejemplos tipo de plaquetas decorativas

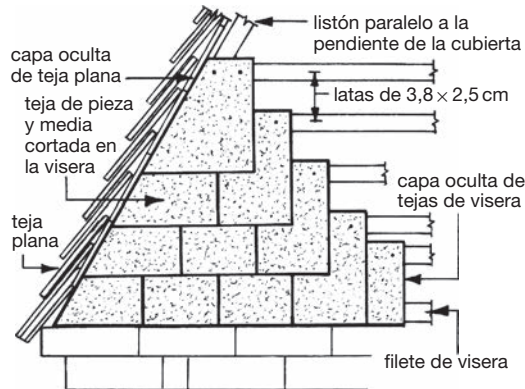


NOTA: para evitar la monotonía de un tejado, también pueden utilizarse como motivo decorativo, por lo general en dos o tres hiladas separadas 1,5-2 m.

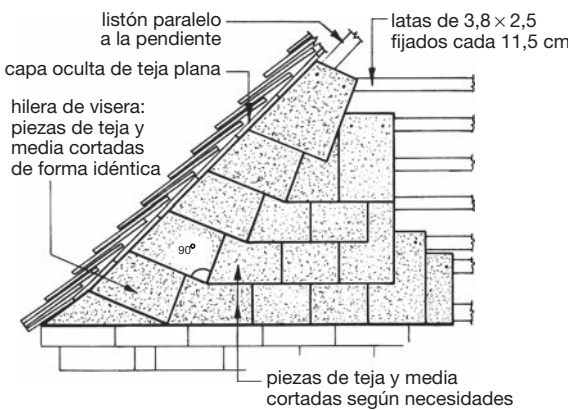


**Visera de tejado terminada en bisel ordinario**

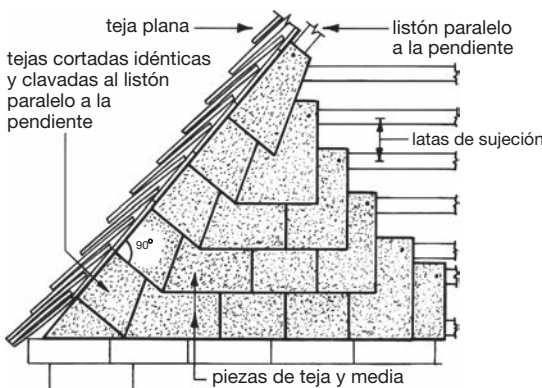
Tejas de pieza y media en el extremo de cada hilada del tejado. Puede taladrarse un segundo agujero en la parte superior de cada teja para asegurar la sujeción al listón paralelo a la pendiente.



**Visera de tejado terminada con corte Winchester**



Más atractivo que el corte ordinario en bisel. En el extremo de cada hilada se requieren dos piezas cortadas que varían de tamaño en función de la pendiente de la cubierta. Hay que evitar los cortes demasiado estrechos usando piezas de teja y media.



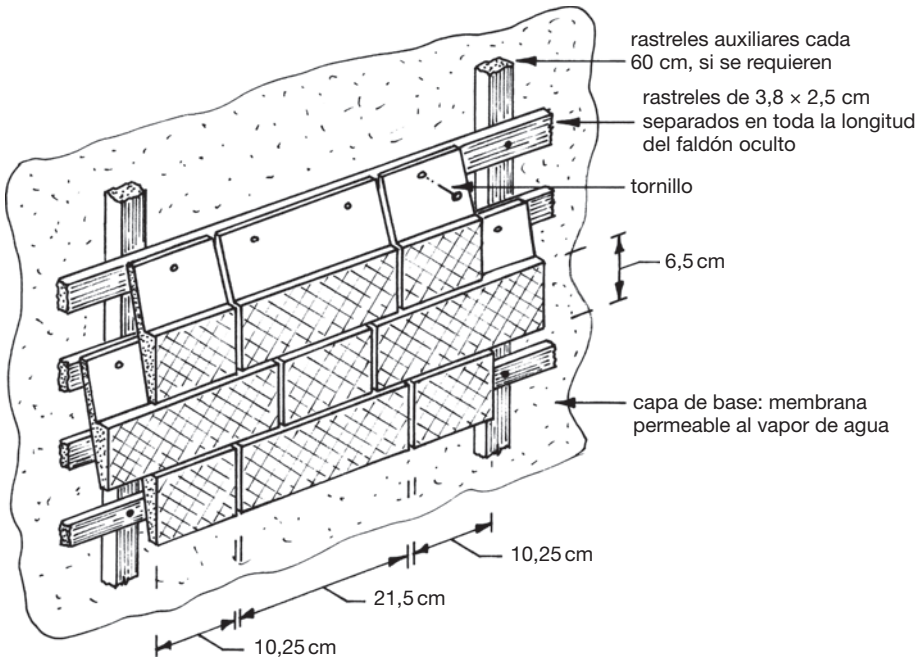
Variante que también tiene dos piezas cortadas al final de cada hilada; obsérvese el borde recto (a 90°) de la primera hilada de piezas junto a la capa inferior de la cubierta.

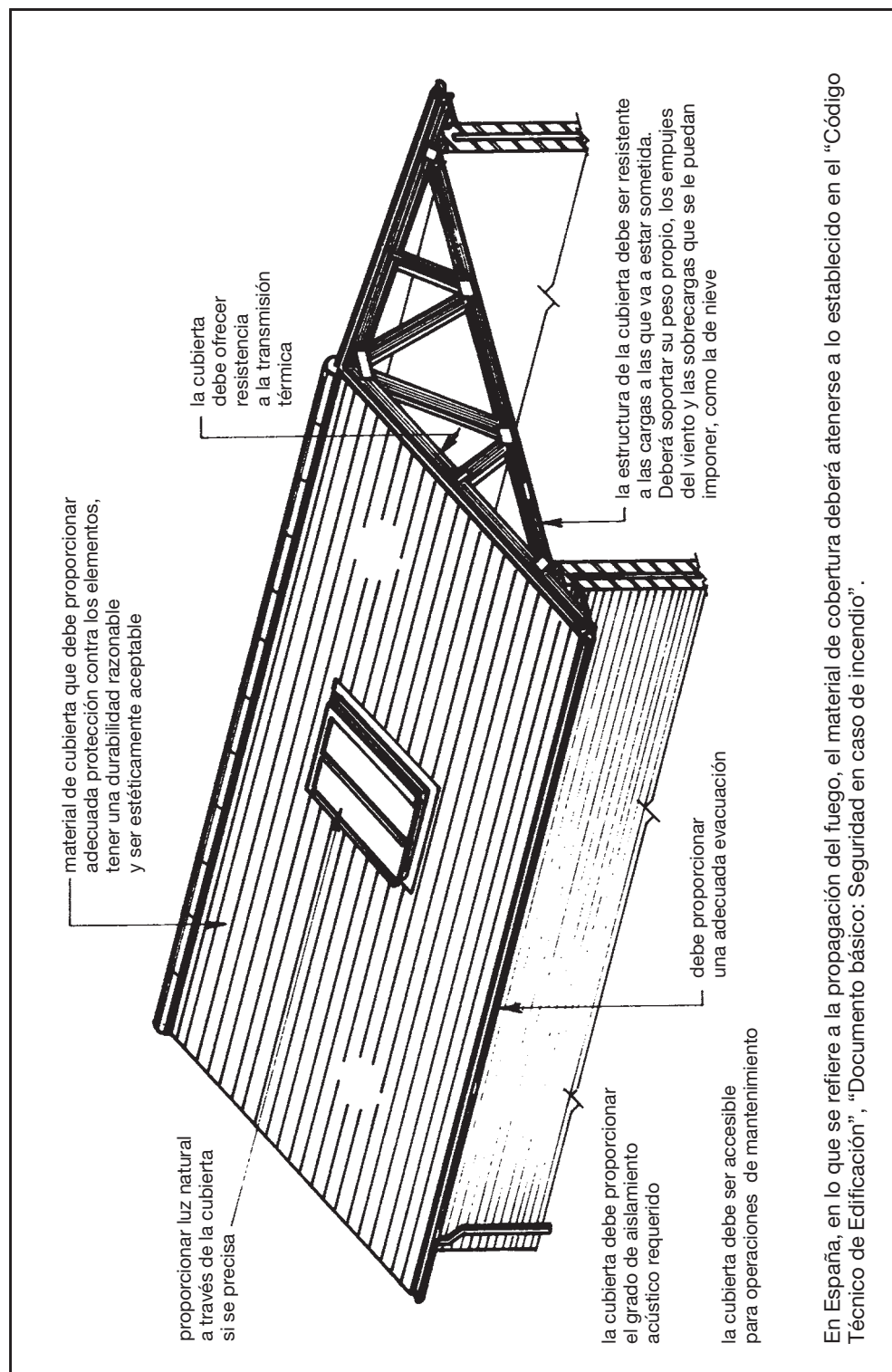
**Aspecto y concepto:** se trata de una imitación de fábrica de ladrillo vista realizada utilizando plaquetas de arcilla solapadas entre sí lateral y superiormente para crear la ilusión de obra de fábrica. El rejuntado puede hacerse con mortero de cal o también puede dejarse la obra a hueso.

**Historia:** el empleo de esta técnica tuvo su origen en la Inglaterra del siglo XVIII, donde se usó frecuentemente en edificios de entramado de madera, en especial en los condados de Kent y Sussex. Con esta práctica posiblemente se pretendía actualizar y mejorar viejos revestimientos de tablillas solapadas deteriorados, o bien soslayar el pago de un impuesto de 1784 sobre el ladrillo. Este impuesto fue abolido en 1835.

**Uso:** restauración de edificios aplacados más antiguos y como revestimiento ligero de edificios modernos de entramado de madera donde se requiera un aspecto de obra vista.

#### Aplicación del método al aparejo flamenco





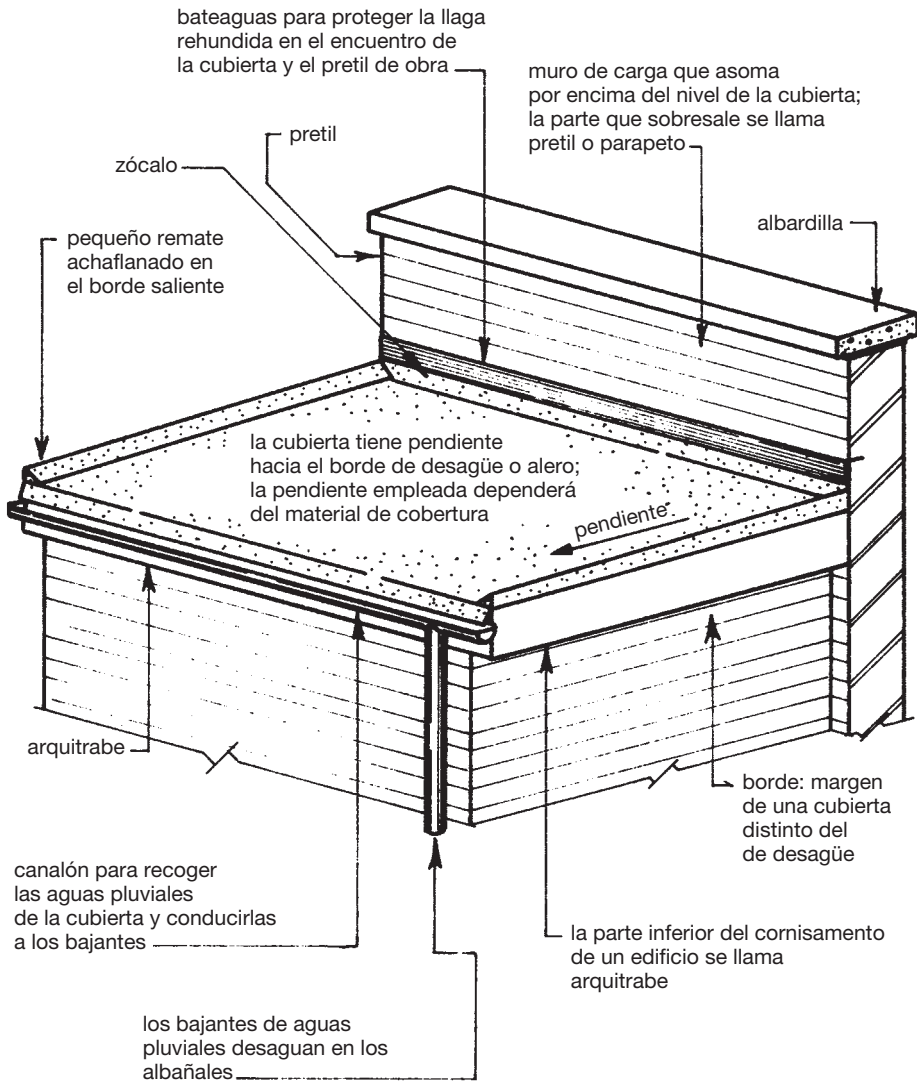
**Cubiertas:** pueden clasificarse en:

Planas: pendiente 0-10°.

Inclinadas: pendiente mayor de 10°.

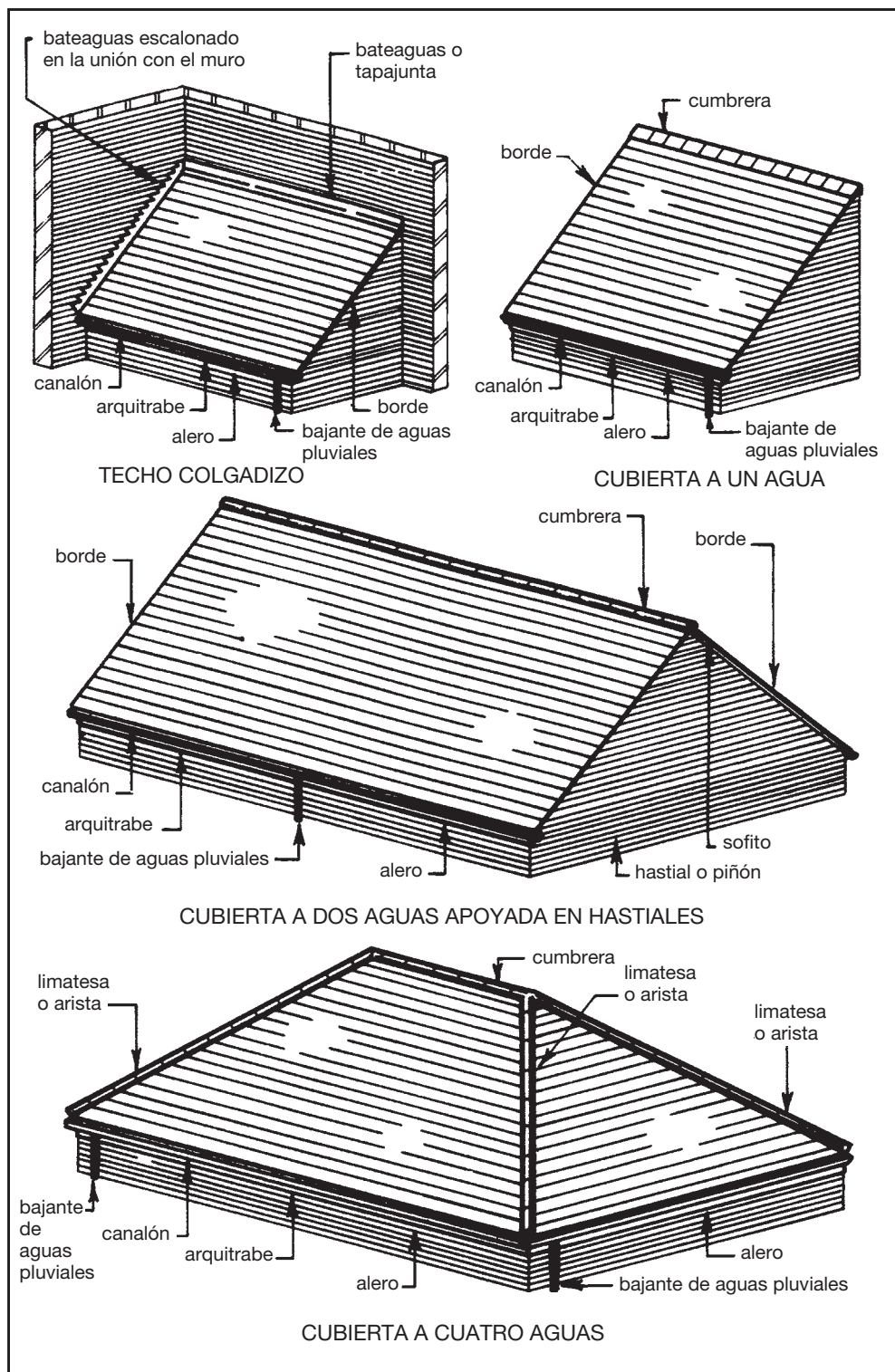
Conviene destacar que, a efectos de cálculo, las cubiertas con pendiente superior a 70° se clasifican como paredes.

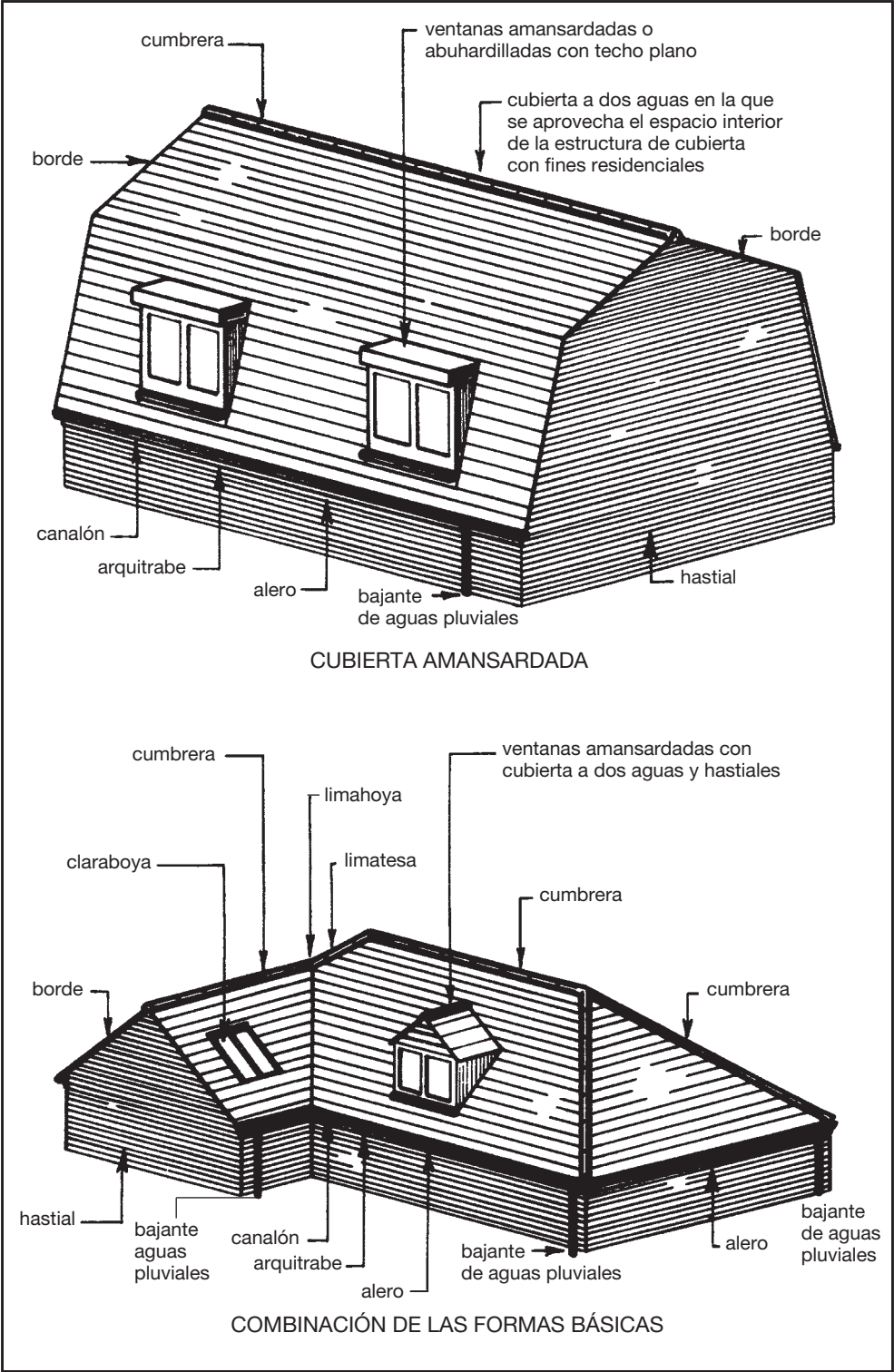
Pueden proyectarse cubiertas de muy diversas formas, o como combinaciones de esas formas, aunque algunas de ellas puedan no resultar idóneas o económicas para viviendas unifamiliares.



CUBIERTAS PLANAS

## Formas básicas de cubiertas







## Cubiertas inclinadas de madera de hasta 7,5 m de luz

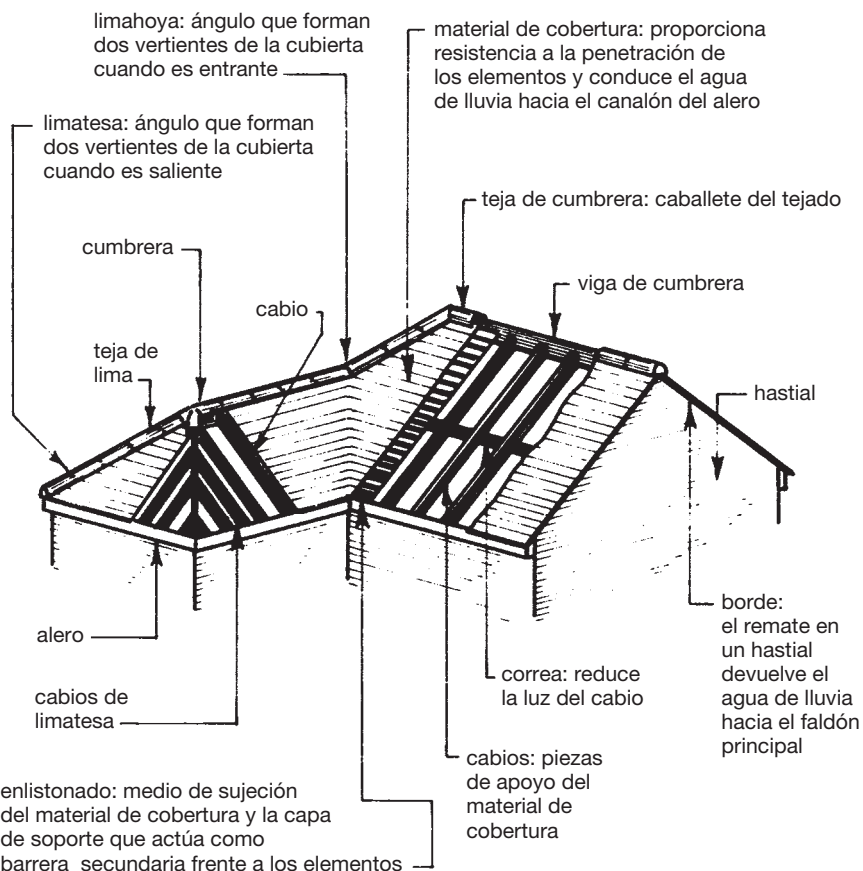
Las funciones de las cubiertas inclinadas son:

1. Proporcionar una adecuada barrera a la penetración de los elementos.
2. Proporcionar una adecuada resistencia a las pérdidas caloríficas para mantener el ambiente interior.

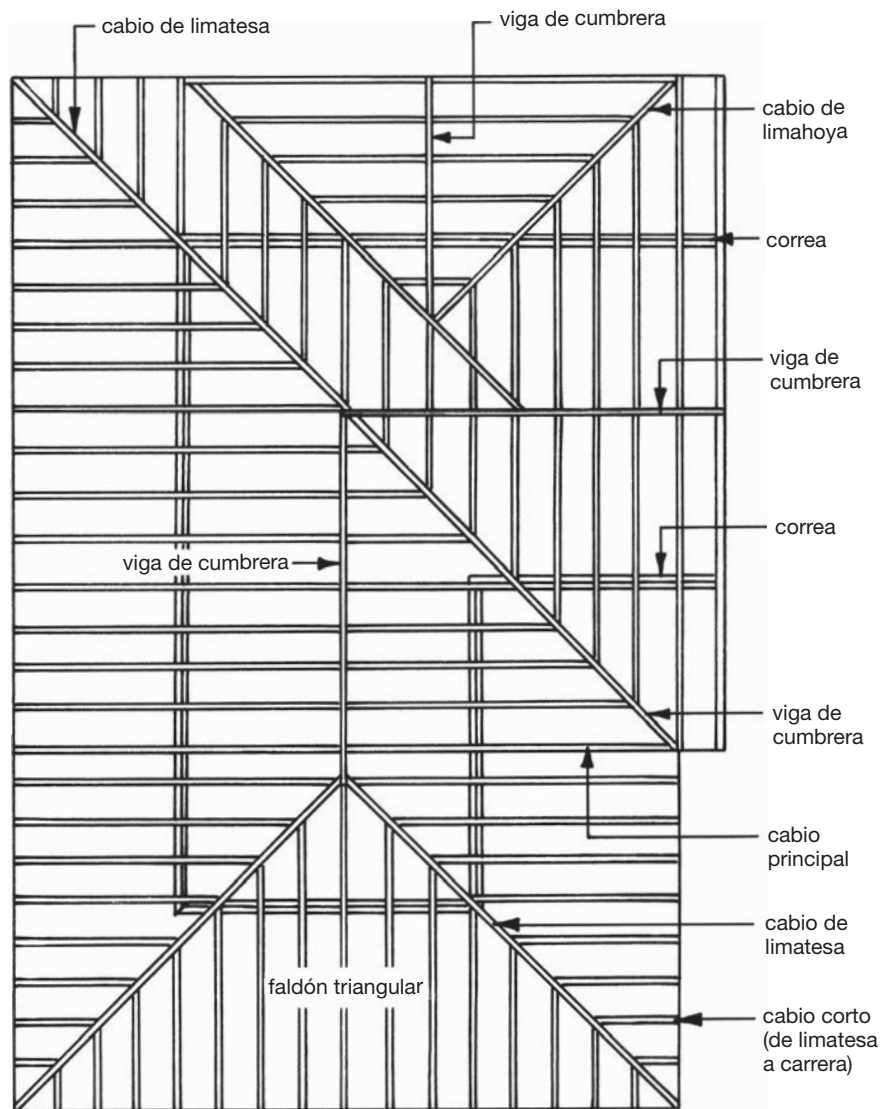
La cubierta es una parte muy expuesta a los elementos y, por tanto, debe diseñarse y construirse de modo que:

1. Resista sin riesgo las cargas impuestas, como las de nieve y viento.
2. Sea capaz de absorber los movimientos producidos por la temperatura y la humedad.
3. Sea lo bastante resistente como para cumplir sus funciones satisfactoriamente y reducir el mantenimiento al mínimo.

### Partes de una cubierta inclinada



Cubiertas inclinadas de madera de hasta 7,5 m de luz. Planta

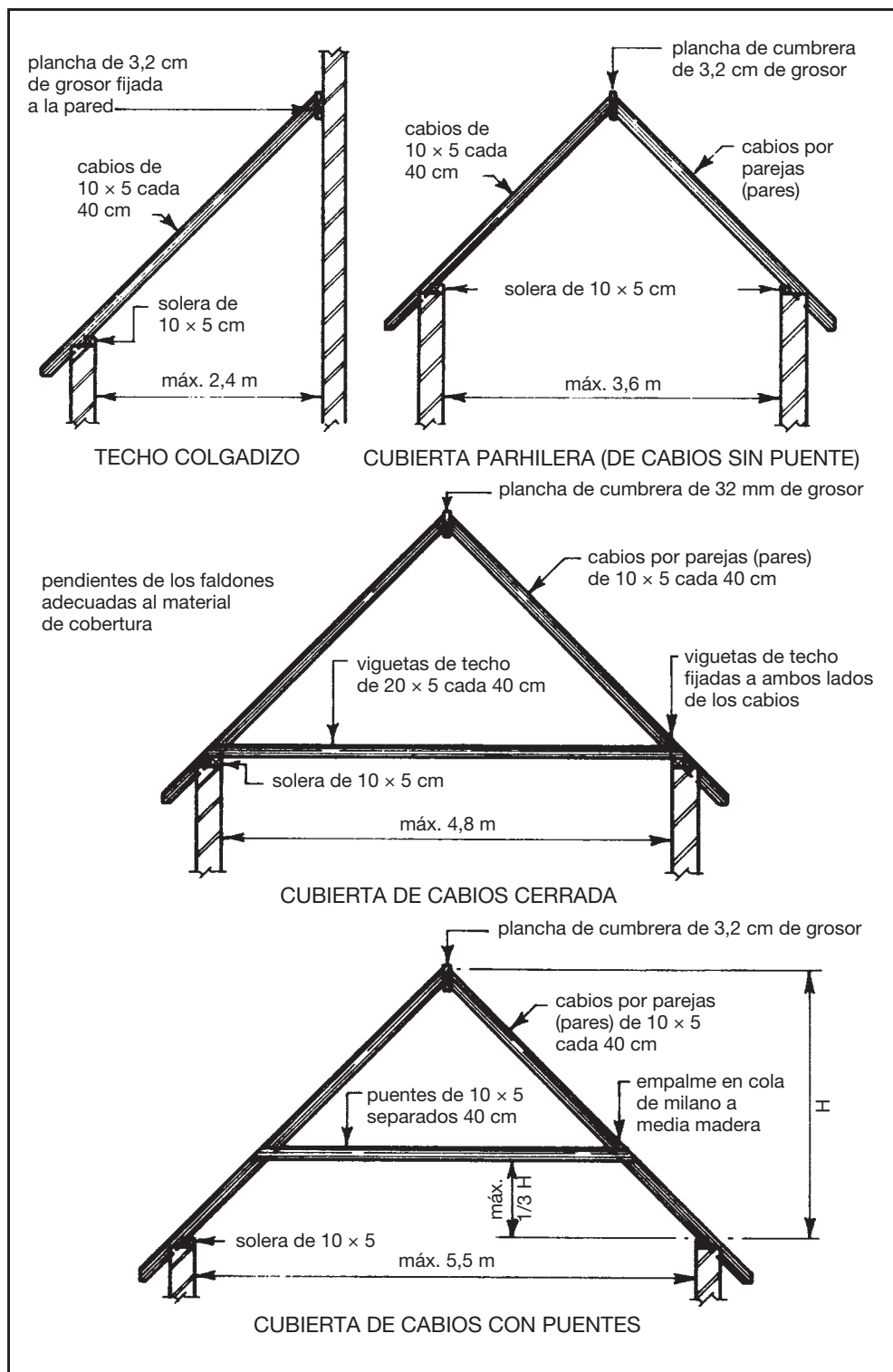


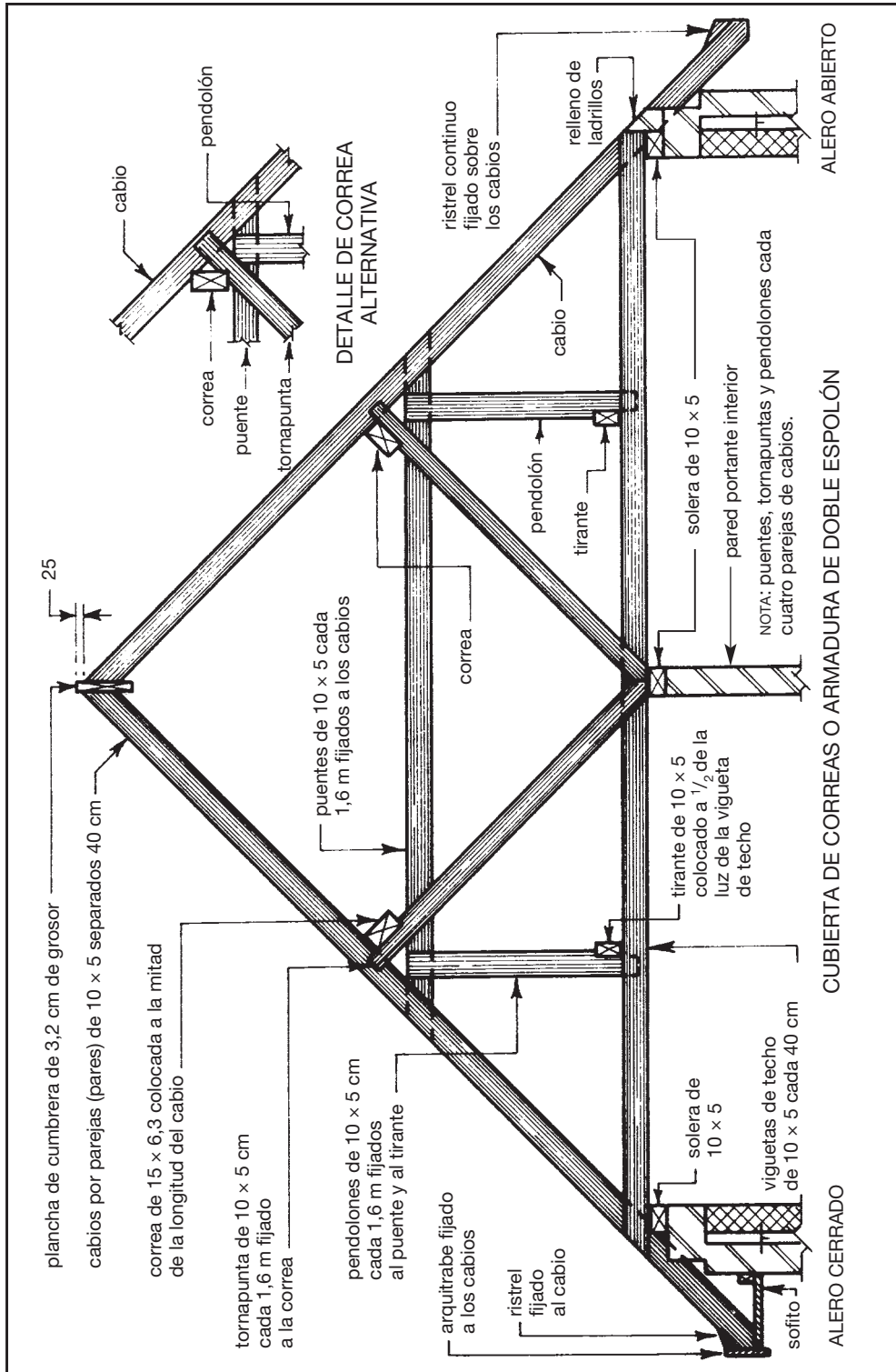
**Correas.** Escuadrías mínimas orientativas (mm) según la luz y la separación:

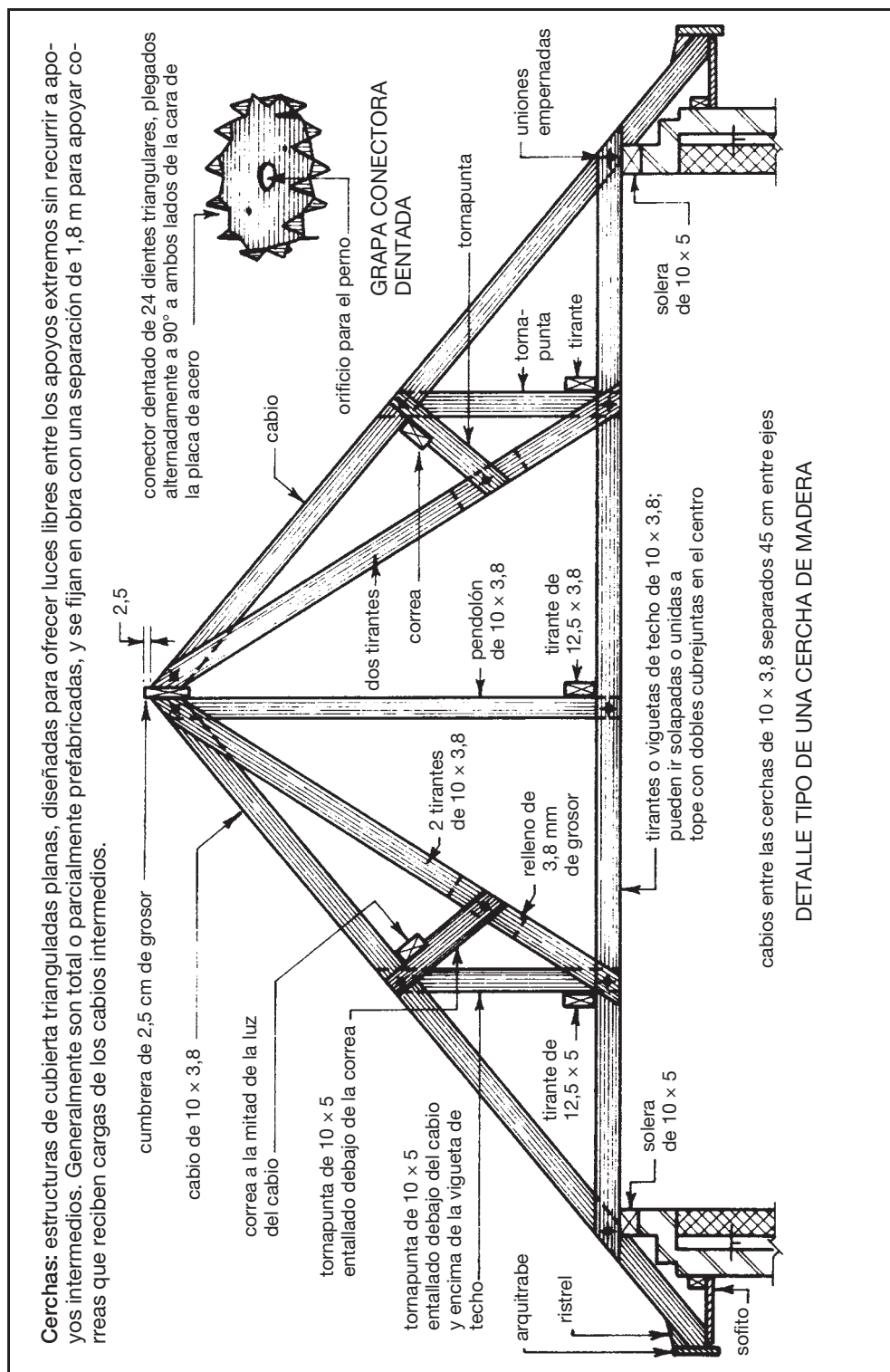
| luz (m) | separación (m) |            |             |
|---------|----------------|------------|-------------|
|         | 1,75           | 2,25       | 2,75        |
| 2       | 12,5 × 7,5     | 15 × 7,5   | 15 × 10     |
| 2,5     | 15 × 7,5       | 17,5 × 7,5 | 17,5 × 10   |
| 3       | 17,5 × 10      | 20 × 10    | 20 × 12,5   |
| 3,5     | 22,5 × 10      | 22,5 × 10  | 22,5 × 12,5 |
| 4       | 22,5 × 12,5    | 25 × 12,5  | 25 × 12,5   |



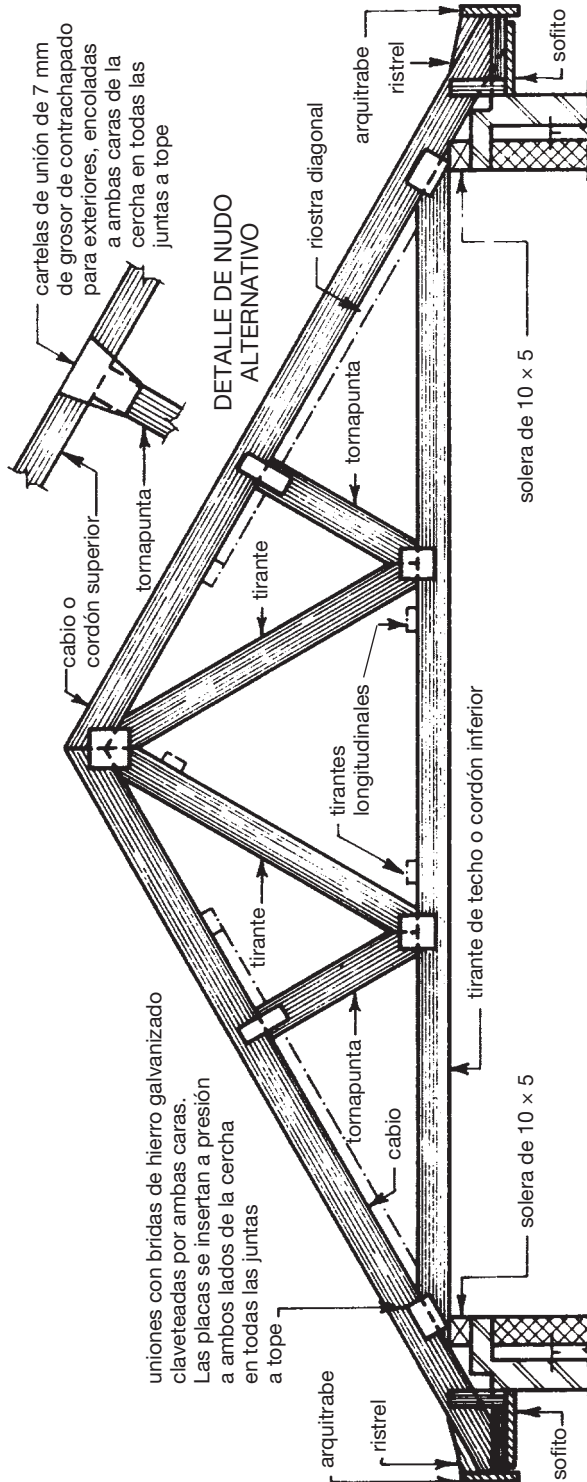
## Cubiertas inclinadas de madera de hasta 7,5 m de luz. Tipos







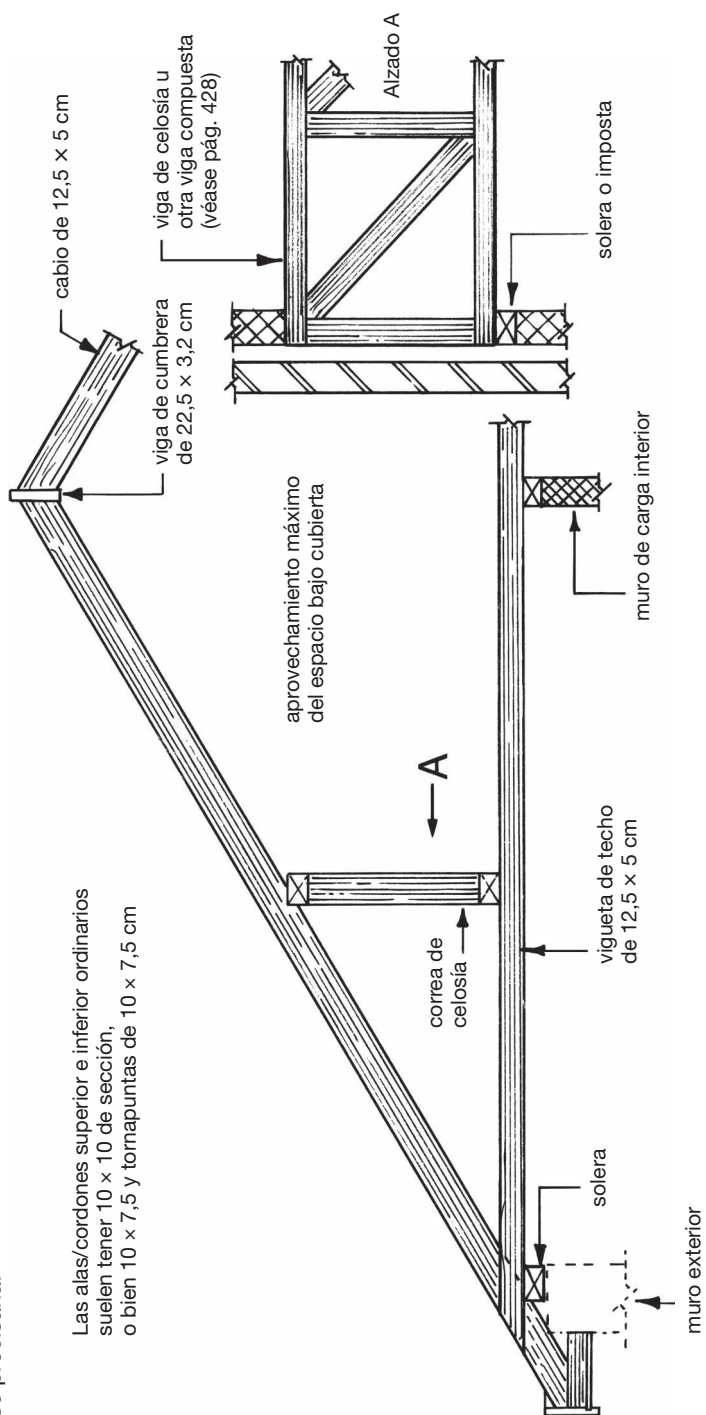
**Cerchas de celosía:** estructuras planas trianguladas de cubierta, diseñadas para ofrecer luces libres entre los apoyos extremos. Suelen ser prefabricadas y se fijan en obra a las soleras cada 60 cm. Las cerchas de celosía no requieren plancha de cumbrera ni correas de arriostramiento, ya que la estabilidad lateral se obtiene usando latas de mayor sección que las habituales en las cubiertas tradicionales.



DETALLE DE CERCHA DE CELOSÍA TÍPICA

Para asegurar la estabilidad, puede ser preciso colocar tirantes longitudinales (7,5 x 3,8), fijados sobre el cordón inferior y bajo los tirantes interiores cerca del vértice de la cercha, y tirantes diagonales (7,5 x 3,8) cerca de los muros hastiales, fijados bajo los cabios desde el alero al vértice (requisitos concretos según especificaciones del fabricante). También puede ser necesario trabar lateralmente los hastiales; en este caso, en los cordones superior e inferior de cada dos cerchas se colocarán abrazaderas de acero suave, separadas como máximo 2 m.

Más económica para luces grandes que las armaduras de doble espolón y correas sencillas, se utiliza en aquellos casos en que la escuadría de las correas sería antieconómica, por sus medidas o por el excesivo número de tornapuntas, tirantes y pendolones que se precisaría.

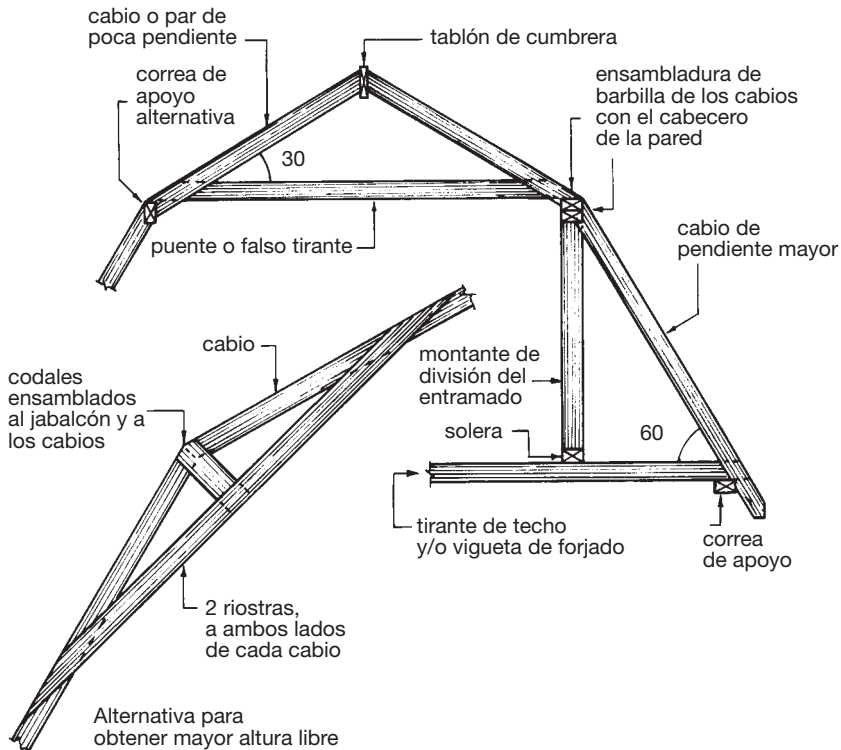


La viga de celosía puede revestirse en su cara inferior con cartón yeso o estéticas, o con tablero de madera contrachapada si además se quiere aumentar su resistencia.

La cubierta amansardada es una variante de la cubierta a dos aguas, en la que cada vertiente está dividida en dos faldones, el inferior de pendiente más pronunciada que el superior. La pendiente del faldón superior es menor de  $45^\circ$ , mientras que la del inferior es superior a  $45^\circ$ . Por lo general, esas pendientes son de  $30^\circ$  y  $60^\circ$ .

Las cubiertas a la holandesa son muy útiles para aprovechar el espacio bajo cubierta en los áticos, y frecuentemente incorporan buhardillas y lucernarios. Se presentan en una gran variedad de formas constructivas.

### Ejemplo tipo



Como se muestra en el dibujo, existen varios medios para proporcionar apoyo intermedio. Para conseguir mayor altura libre en desvanes habitables, suele disponerse un cabecero doble y pared de entramado. El puente y los cabios pueden apoyarse convenientemente sobre los cabeceros o disponerse vigas de celosía prefabricadas entre las particiones.

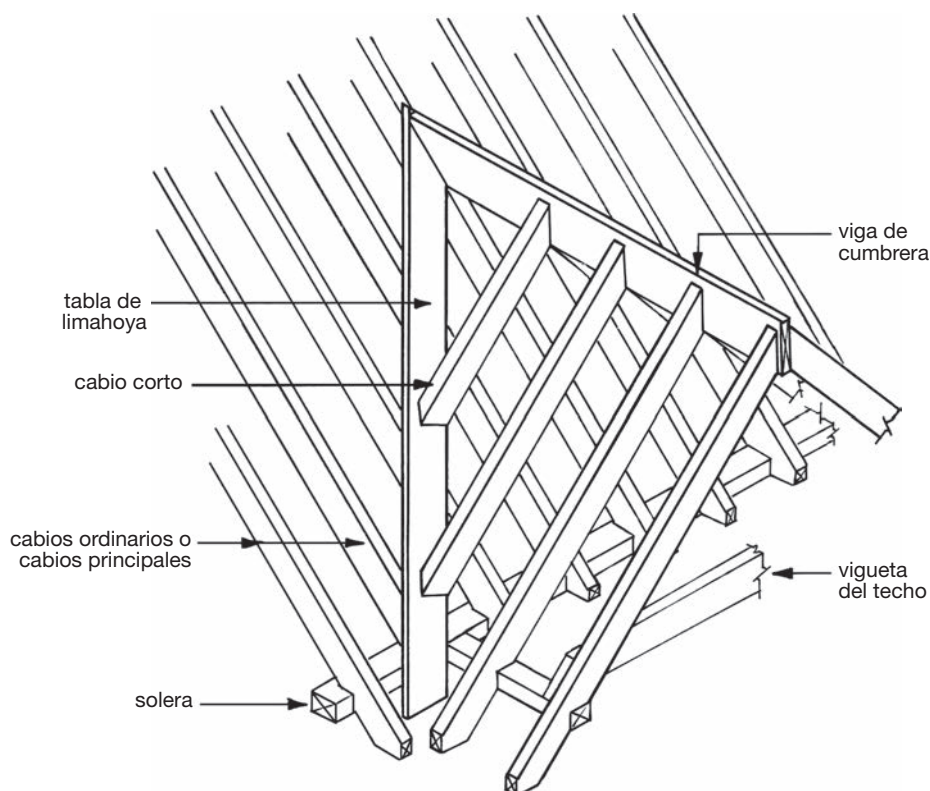


## Construcción de limahoyas

La construcción de limahoyas y elementos asociados a las cubiertas inclinadas se utiliza:

- Para realzar visualmente una estructura de cubierta sencilla.
- Cuando, para adaptarse a la planta o a una ampliación posterior se produce un cambio de dirección del faldón de cubierta (por lo general, a 90°).
- En la intersección del tejado principal con otros tejados del edificio o con otros tejados secundarios, como, por ejemplo, con un tejadillo mirador o de una ventana abuhardillada.

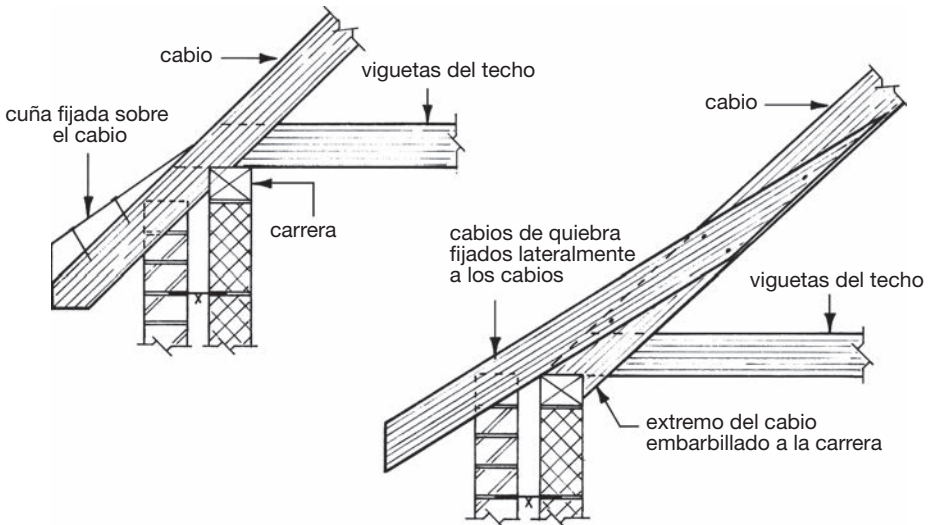
La construcción puede ejecutarse formando un armazón de cabios embrochados a los cabios de limahoya, tal como se muestra en la figura de la pág. 392. Alternativamente, como en el caso de las ampliaciones, ubicando una tabla de limahoya sobre los cabios principales, para proporcionar una sujeción para cada uno de los cabios cortos (los que terminan en una limatesa o limahoya).



Esta corrección en la pendiente del tejado, aplicada generalmente en el caso de faldones amplios, suele utilizarse en el alero con alguna de las siguientes finalidades:

- Realzar el perfil de la cubierta para crear un rasgo distintivo.
- Reducir la velocidad del agua de lluvia que escurre por la superficie del tejado y evitar que salte por encima del canalón.

Sobre la cara superior de los cabios que sobresalen de la fachada se fijan unas piezas en cuña, cortadas especialmente a medida, constituyendo lo que se conoce como cabios de quiebra. Como alternativa, los extremos de los cabios pueden embarbillarse a la carrera del muro, al tiempo que se fijan unos maderos cortos a los arranques de los cabios, de la misma escuadría que estos. Por más que sea en un tramo muy corto, la reducción de la pendiente de la cubierta no debe producirse por debajo de las pendientes mínimas recomendadas para los distintos tipos de cubierta.



TIPOS DE ALERO RESPINGADO



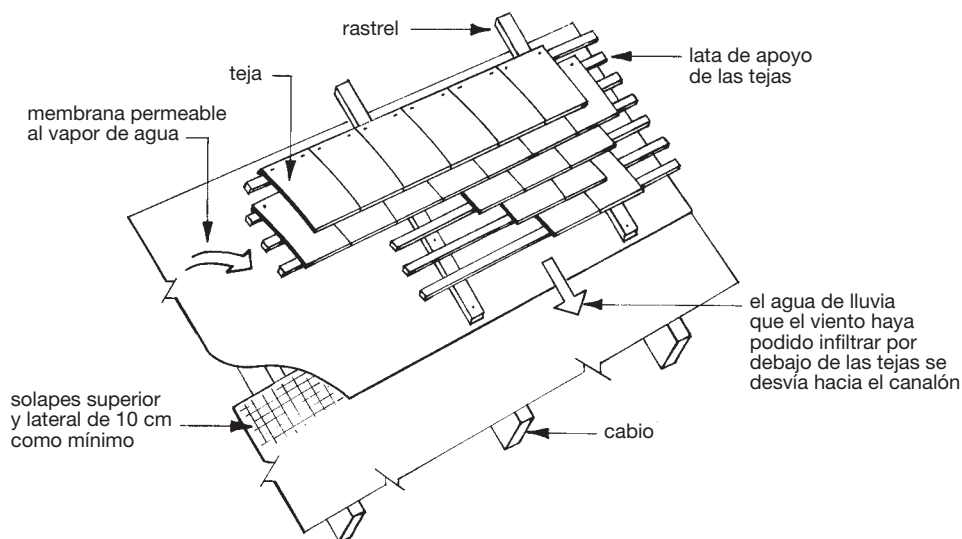
## Fieltros o cartones para techar

**Fieltros para techar:** también llamados cartones para techar o cartones alquitranados, proporcionan una barrera a la entrada del aire, la nieve y la lluvia que pudieran infiltrarse entre las tejas o pizarras, y también sirven para evitar la entrada de humedad por capilaridad.

### Materiales adecuados

**Fieltros basados en fibra bituminosa:** se suministran en rollos de 1 m de anchura y hasta 25 m de longitud. Tradicionalmente se utilizan en casas con cubierta ventilada fría.

**Membranas permeables al vapor de agua:** por lo general están fabricadas de fibras de poliestireno de alta densidad (HDPE) o de polipropileno extruido, tratadas al calor y a altas presiones. Hoy día se aconseja el empleo de estos materiales permeables al vapor de agua, ya que no precisan ser perforados para ventilar el espacio. Además, de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes, hacen innecesaria la ventilación tradicional del alero. Las capas de base de este tipo se instalan tensas a través de los cabios, usando rastreles para sostener las latas de apoyo de las tejas. En caso de no usarse rastreles, debe permitirse que la capa de base combe ligeramente entre los cabios, para que el agua de lluvia infiltrada pueda escurrir por debajo de las latas.

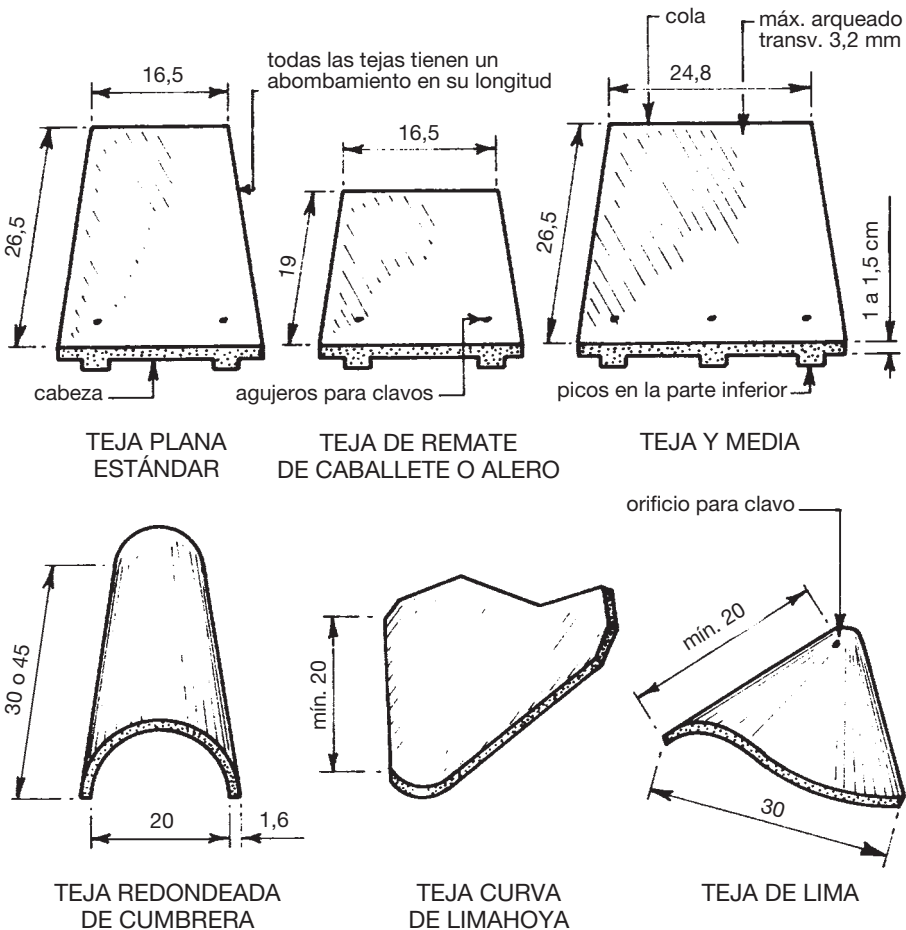


Las membranas de base se fijan inicialmente con grapas o clavos de cabeza plana galvanizados, pero al final se aseguran también con las fijaciones del enlistonado de la teja o pizarra.

**Tejas planas de doble solape:** son tejas tradicionales para tejados inclinados y suelen ser de arcilla y de hormigón; comúnmente reciben el nombre simplificado de “tejas planas”. Presentan un ligero abombamiento en sentido longitudinal para garantizar que la cola de la teja asiente bien, sin dejar huelgo, sobre la teja inferior. En todos los puntos del tejado existen como mínimo dos capas de teja. Cada teja tiene al menos dos “picos” en la parte superior de su cara trasera para engancharla sobre las latas de apoyo clavadas sobre los cabios. Dos agujeros para clavos proporcionan los medios de sujeción de la teja a las latas, aunque en la práctica solo se clava una hilera de cada cuatro, a menos que el tejado esté en una situación muy expuesta. Las tejas planas se colocan a rompejuntas, de modo que los bordes entre tejas queden situados en el eje central de las tejas de las filas situadas inmediatamente por debajo y por arriba de la hilera en cuestión.

Pendientes mínimas: 35° (para teja industrial) y 45° (teja manual)

#### Detalles tipo de tejas planas

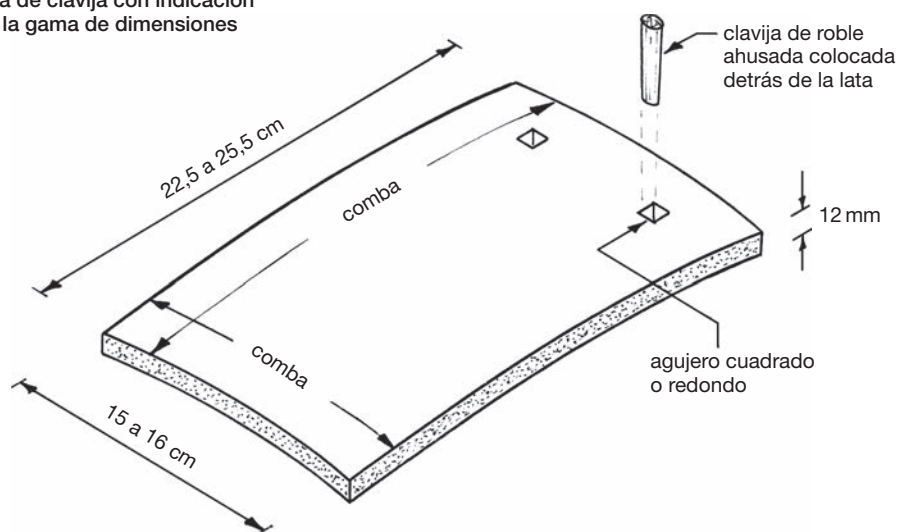


## Tejas de clavija de doble solape

Son tejas manuales moldeadas por unos artesanos especializados con una arcilla especial que se encuentra en las zonas ladrilleras de los condados de Kent, Sussex y Leicestershire, en Inglaterra.

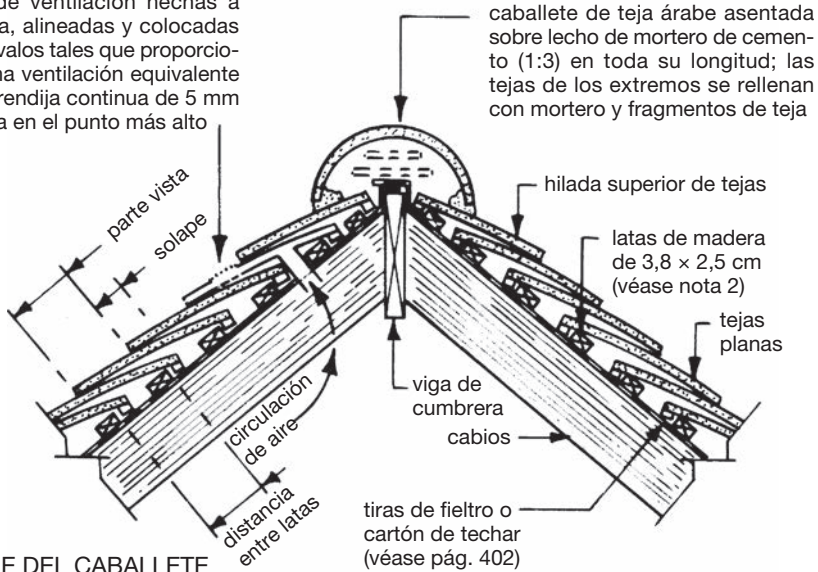
Las tejas se conforman en un molde tradicional de madera antes de cocerse en horno a unos 1.000 °C. Los primeros ejemplos de este tipo de teja se atribuyen a los romanos, pero, tras su salida de Gran Bretaña, dejaron de fabricarse hasta alrededor del siglo XII. Históricamente, y aun hoy, las medidas de las tejas han ido variando de forma significativa, especialmente las fabricadas en distintas regiones y por fabricantes diferentes. En 1477, por medio de una cédula real, se intentó estandarizar las medidas de las tejas, y se establecieron en 10,5" × 6,5" × 0,5" (26,5 × 16,5 × 1,2 cm), que son las dimensiones de la norma británica (véase página anterior). No obstante, muchos fabricantes de tejas de clavija han mantenido sus propias dimensiones locales, lo que complica bastante las sustituciones, ya que las tejas de recambio deben fabricarse específicamente a medida para ajustarse a las que no se cambian.

Teja de clavija con indicación de la gama de dimensiones

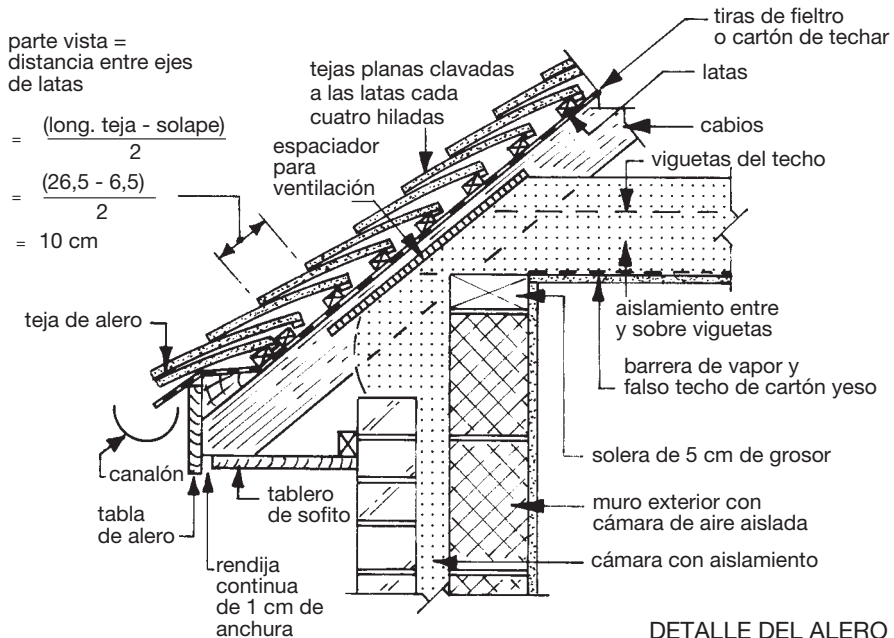


### Detalles tipo ("cubierta fría")

tejas de ventilación hechas a medida, alineadas y colocadas a intervalos tales que proporcionen una ventilación equivalente a una rendija continua de 5 mm situada en el punto más alto



DETALLE DEL CABALLETE

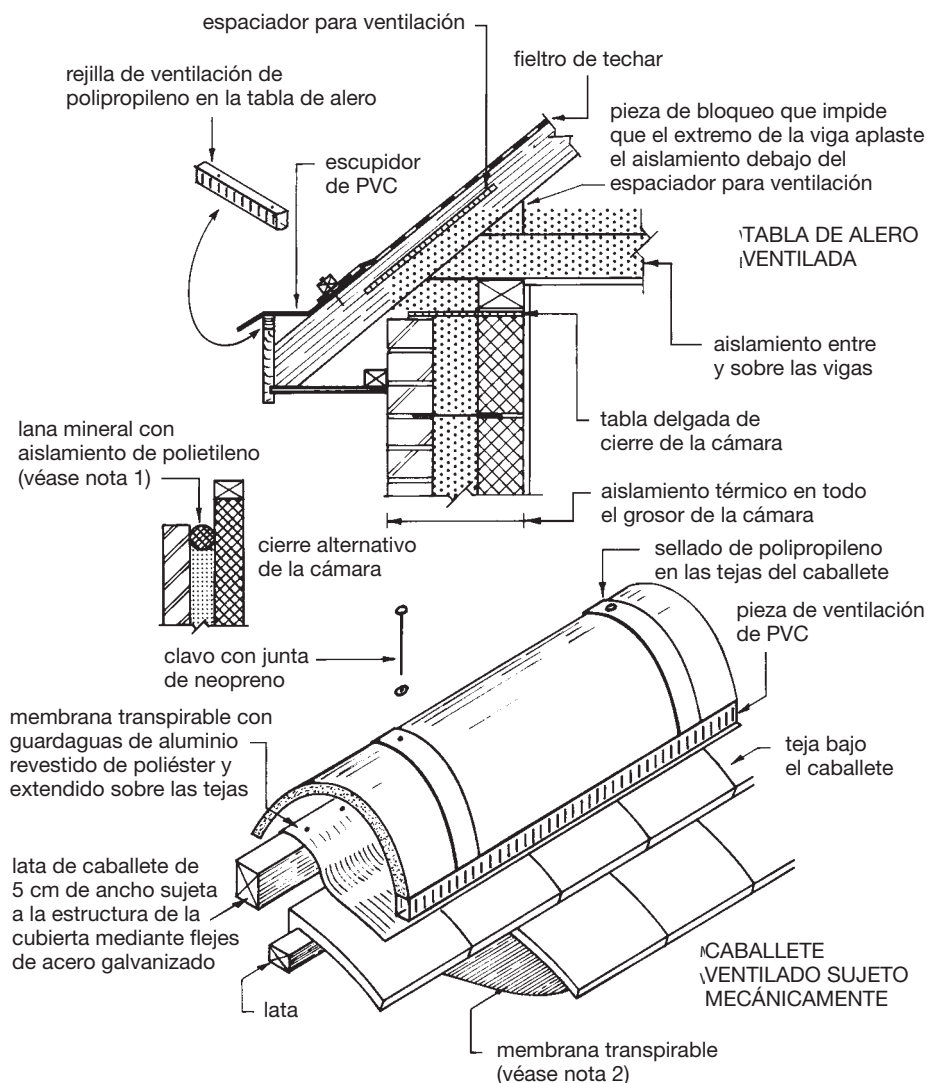


DETALLE DEL ALERO

NOTA 1: para evitar condensaciones en el bajocubierta es preciso que cuente con una buena ventilación. La colocación de una barrera de vapor también puede ayudar a limitar la cantidad de humedad que entra en el bajocubierta.

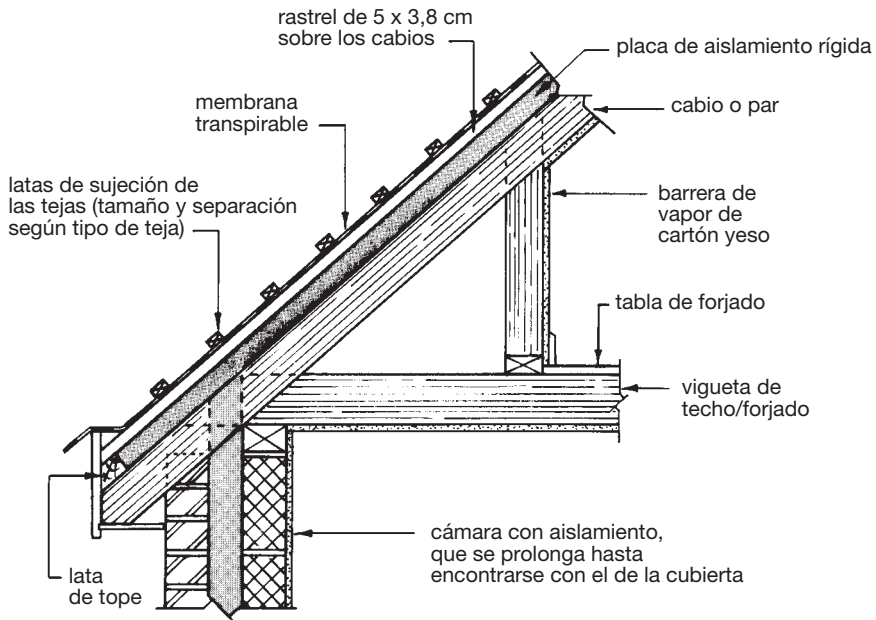
NOTA 2: 5 x 2,5 cm si la separación entre cabios es de 60 cm.

## Alero y caballete. Disposición alternativa



### NOTAS:

1. Si se precisa que el elemento de cierre de la cámara también sirva de protector contra la propagación del fuego, su resistencia mínima al fuego deberá ser de 30 min.
2. La membrana transpirable es una alternativa interesante al fieltro bituminoso tradicional con la ventaja de impedir la penetración de agua al tiempo que permite la salida del vapor de agua contenido en el espacio bajo cubierta. Con ello se garantiza la circulación del aire sin tener que perforar el fieltro de debajo de las tejas.



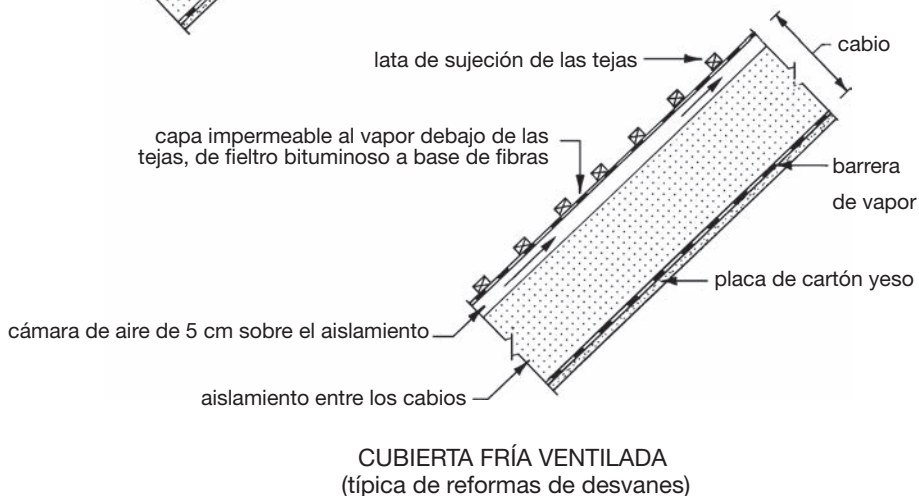
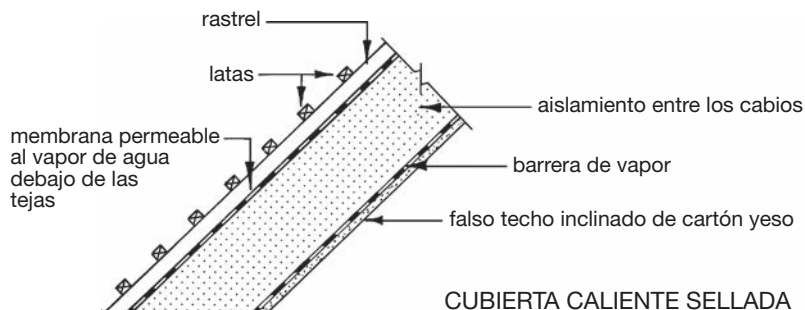
Si se hace uso del desván como espacio habitable, es necesario colocar aislamiento térmico en la vertiente de la cubierta. La colocación del aislamiento por encima de los cabios (como en la figura) crea una “cubierta caliente” que elimina la necesidad de establecer una ventilación continua. La colocación del aislamiento entre los cabios crea una “cubierta fría” que requiere una rendija de ventilación continua de 5 cm sobre el aislamiento para evitar condensaciones intersticiales.

Un aislamiento rígido adecuado incluye: espuma de poliisocianato de baja densidad, armada con fibra de vidrio y con ambas caras revestidas con lámina de aluminio que, en las juntas de la cara superior, irá pegada; placas de lana mineral de alta densidad sobre los cabios, y lana mineral de menor densidad entre los mismos.

Una ubicación alternativa para la membrana transpirable es bajo los rastreles. A menudo se escoge este sistema porque la placa de aislamiento proporciona una base uniforme para el fieltro de techar. De otro modo, sería necesario disponer un aislamiento adicional entre los rastreles, manteniendo suficiente espacio para que el fieltro pueda combiar entre los cabios, de modo que el agua de lluvia que pudiera haber penetrado evacúe hacia el alero.

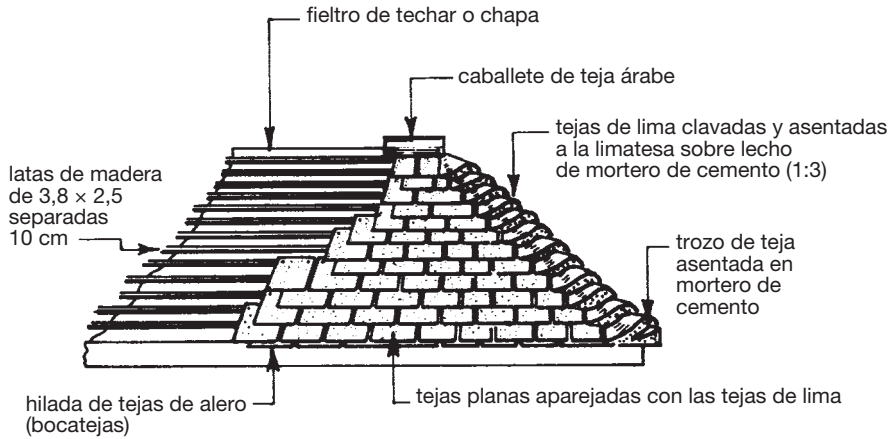
## Cubiertas inclinadas. Aislamiento entre los cabios

El aislamiento entre los cabios es una alternativa al aislamiento encima de los mismos. Los detalles siguientes muestran dos posibilidades; en ambos casos, si se requiriese un aislamiento suplementario, podría fijarse a la cara inferior de los cabios.

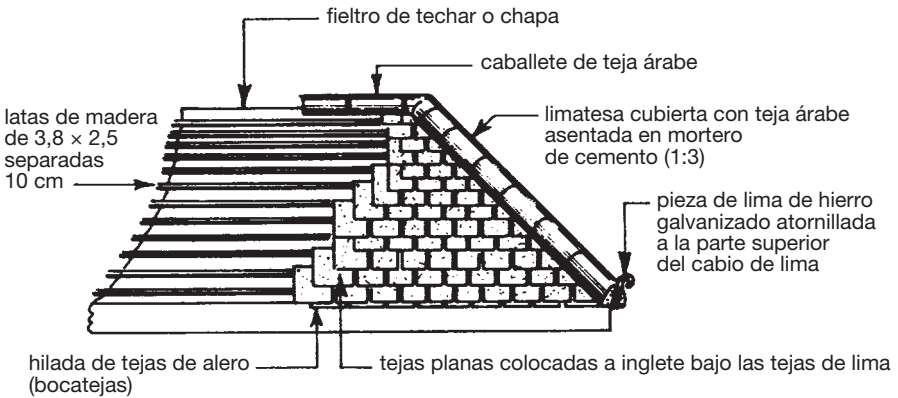


Para controlar la condensación, el revestimiento del falso techo puede incorporar una barrera de vapor bien sellada (p. ej., una placa de cartón yeso revestida con una lámina de poliéster metalizado), combinando esta acción con la colocación de una membrana permeable al vapor de agua debajo de las tejas. Es necesario sellar las juntas y aberturas en la membrana permeable al vapor de agua del techo (p. ej., perforaciones para paso de cables o tubos); en caso de que ese sellado sea impracticable o difícil, deberá proporcionarse una ventilación adecuada a la cara inferior de la membrana de debajo de las tejas.

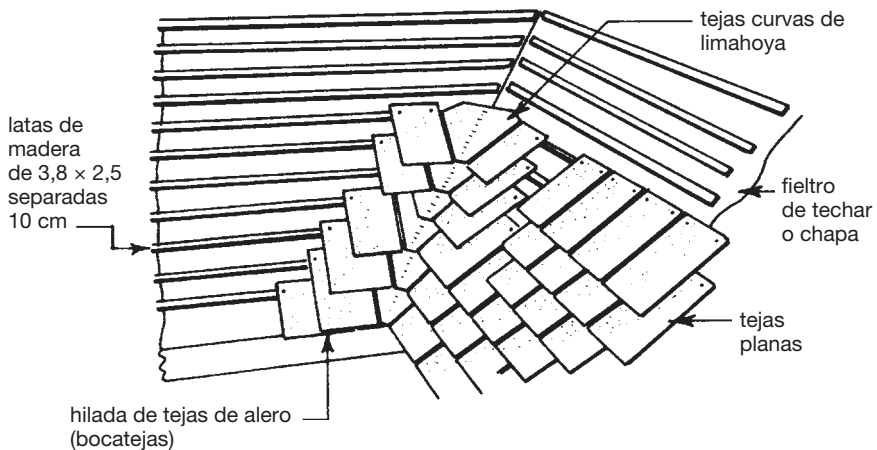
Detalles tipo



DETALLE DE LIMATESA CUBIERTA CON TEJAS DE LIMA



DETALLE DE LIMATESA CUBIERTA CON TEJA ÁRABE

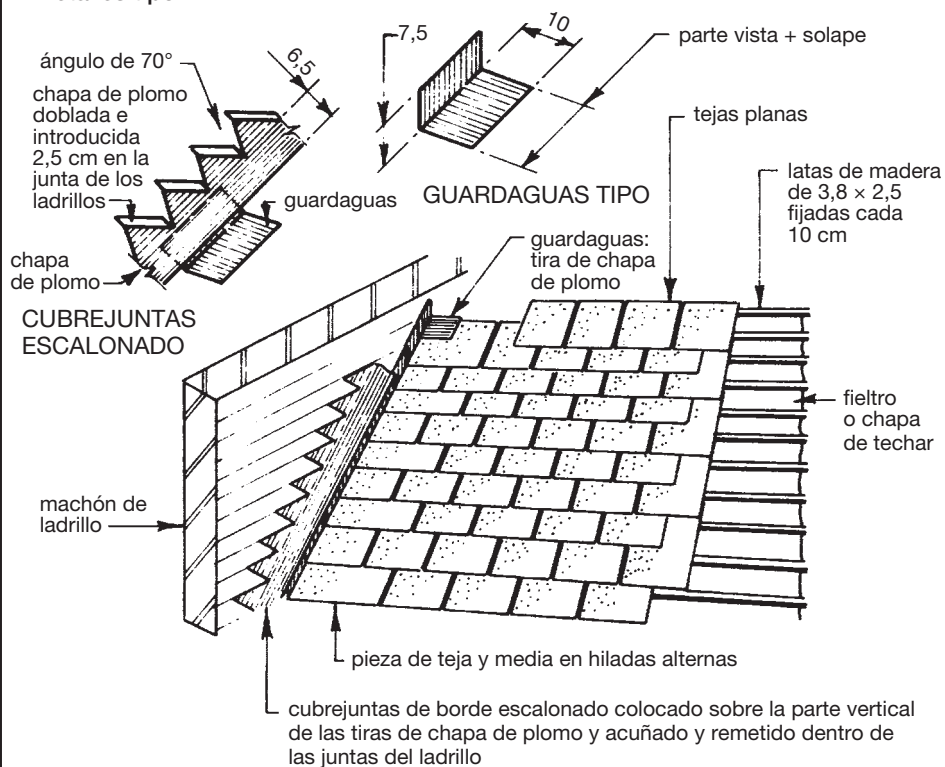


DETALLE DE LIMAHOYA CUBIERTA CON TEJAS CURVAS DE LIMAHOYA

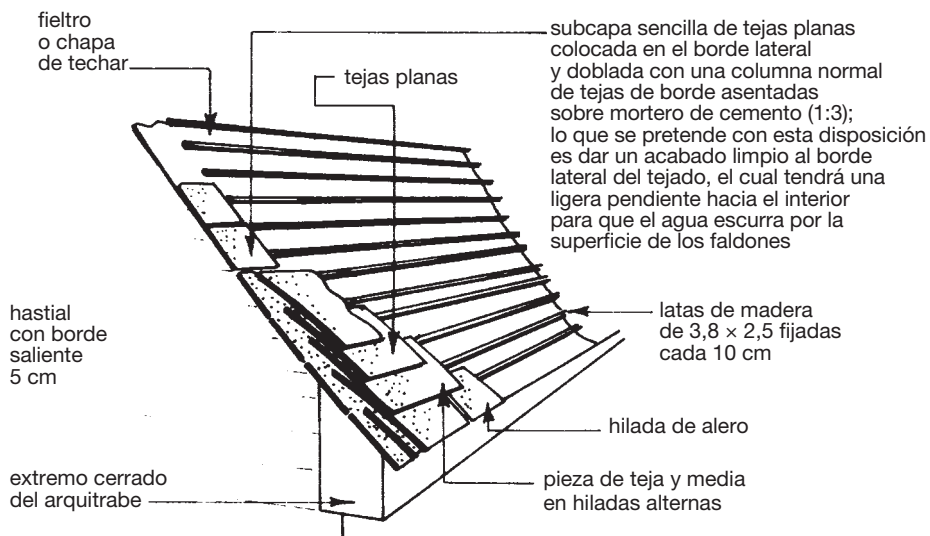


## Tejados de teja plana de doble solape

### Detalles tipo



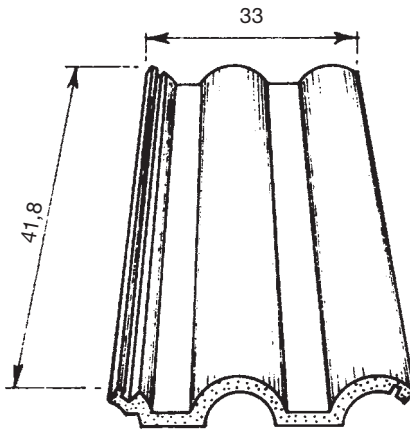
### DETALLE DE ENCUENTRO CON MACHÓN DE FÁBRICA



### DETALLE DEL BORDE

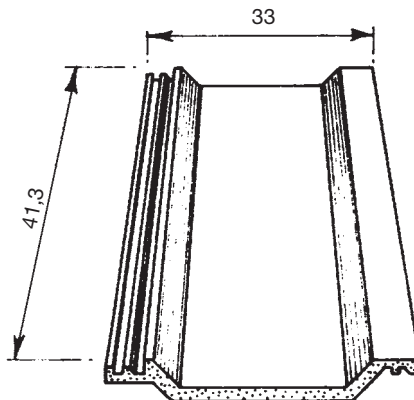
**Tejados de solape sencillo (teja de encaje):** así llamados porque la estanquidad se logra mediante un único solape entre tejas contiguas en lugar de superposición de dos capas de tejas. La mayor parte de estas tejas es de cerámica o de hormigón y suele tener unos encajes de ranura y lengüeta (machihembrado) en los laterales ("teja marselesa") o, en algunos modelos, en los cuatro lados ("teja borgoñona"), por la que se las conoce como tejas de encaje. Generalmente, este método de cobertura redundra en una reducción global del peso del tejado en comparación con los tejados de doble solape, aunque el tamaño de las latas es superior y es preciso clavar, como mínimo, todas las hiladas alternas con dos clavos por teja; sin embargo, en una especificación más rigurosa se podría exigir que todas las tejas del tejado se fijaran con dos clavos cada una. La distancia entre las latas se calcula restando el solape extremo de la longitud de la teja.

#### Tejas de encaje típicas



##### TEJA DE TIPO ABOVEDADO

|                                |         |
|--------------------------------|---------|
| pendiente mín.:                | 30°     |
| solape superior:               | 7,5 cm  |
| solape lateral:                | 3 cm    |
| distancia entre ejes de latas: | 34,3 cm |
| cobertura lineal:              | 30 cm   |

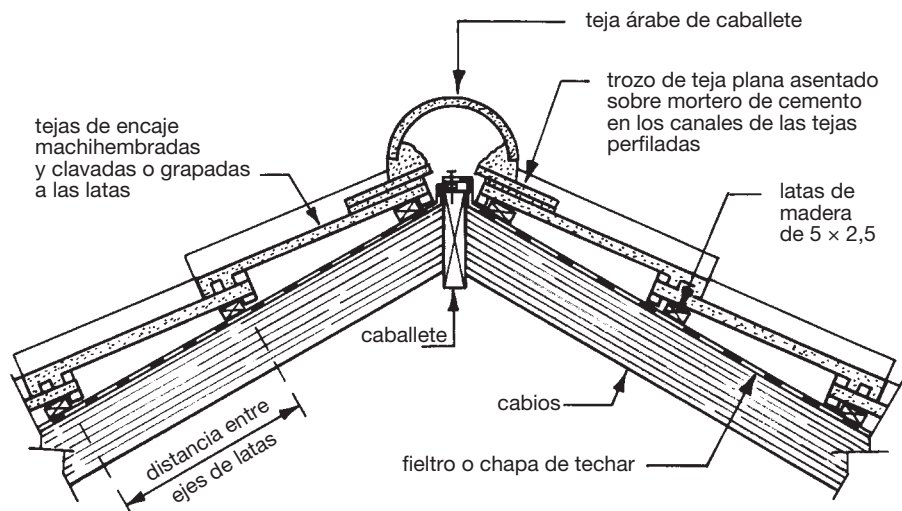


##### TEJA DE TIPO ACANALADO

|                                |         |
|--------------------------------|---------|
| pendiente mín.:                | 15°     |
| solape superior:               | 7,5 cm  |
| solape lateral:                | 3,8 cm  |
| distancia entre ejes de latas: | 33,8 cm |
| cobertura lineal:              | 29,2 cm |

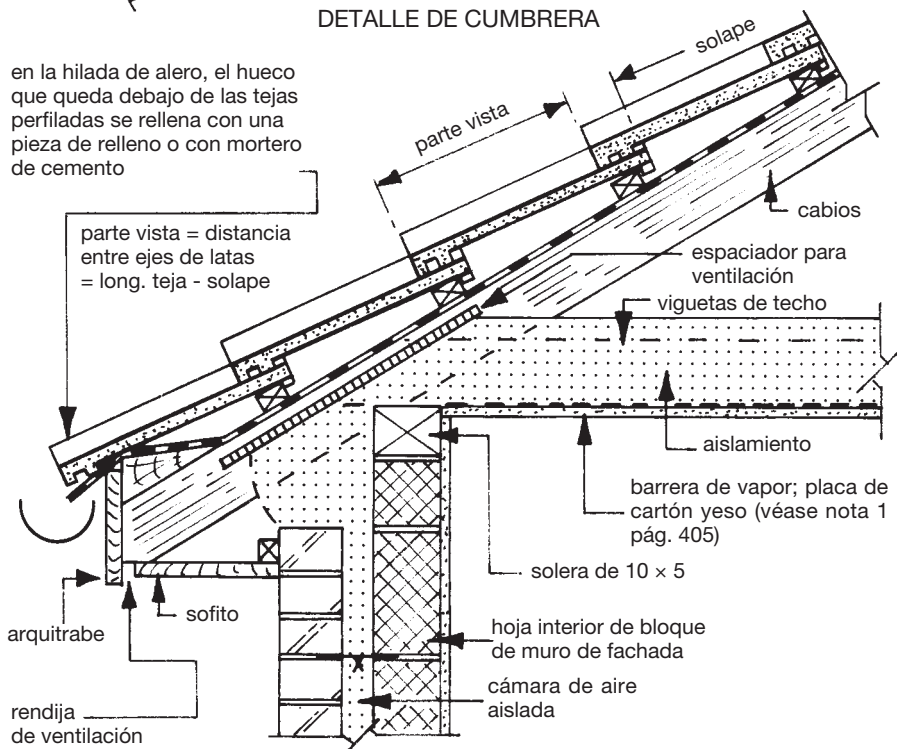
## Tejados de teja plana de solape sencillo

### Detalles tipo



### DETALLE DE CUMBRERA

en la hilada de alero, el hueco que queda debajo de las tejas perfiladas se rellena con una pieza de relleno o con mortero de cemento



### DETALLE DE ALERO

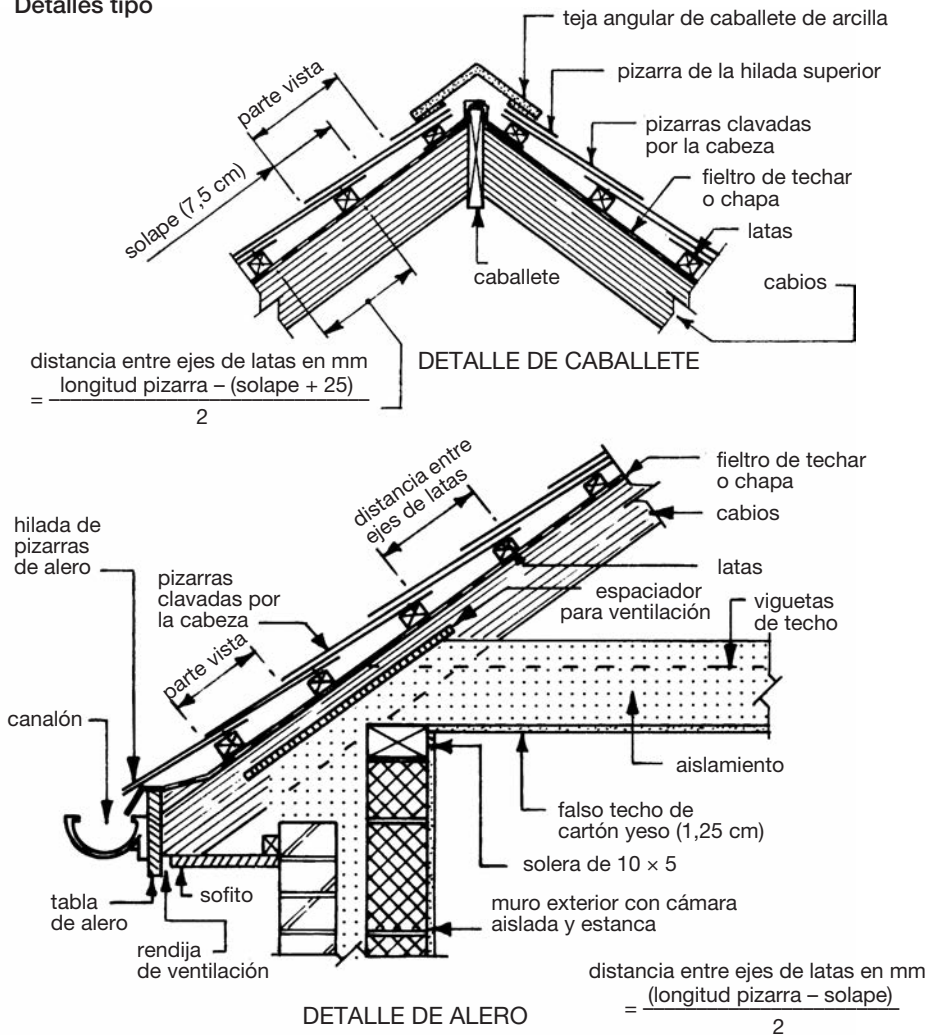
**Limatesas:** pueden revestirse con tejas árabes como se indica en la pág. 387.

**Limahoyas:** pueden revestirse usando tejas acanaladas especiales o con un canalón forrado de chapa de plomo (consultar los datos de cada fabricante).

**Pizarra:** piedra natural densa y exfoliable en láminas, que puede cortarse en piezas pequeñas para tejados con pendiente superior a 25°. Las pizarras se clasifican según grosores y texturas.

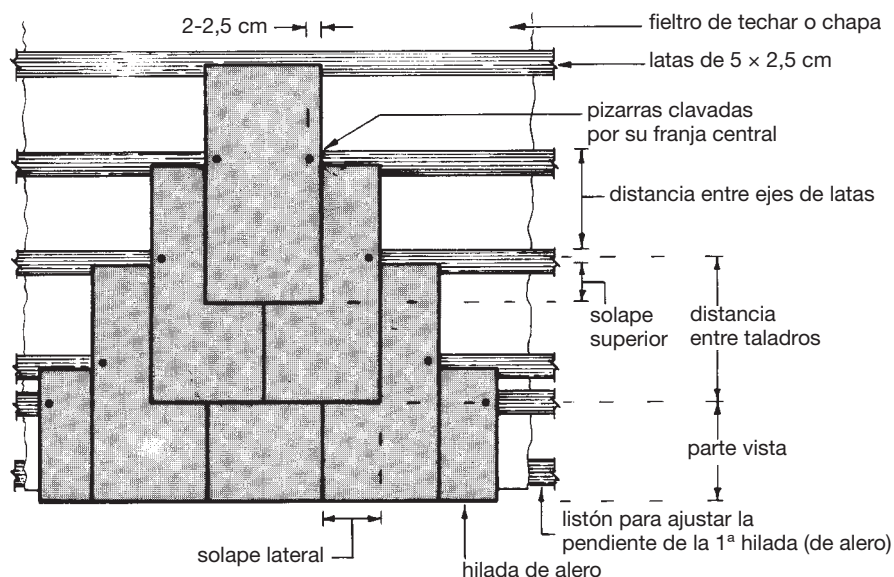
La colocación de las pizarras sigue los mismos principios de solape que la de las tejas planas. Los caballetes y las limatesas se cubren, por lo general, con teja árabe o con teja de caballete, mientras que las limahoyas se ejecutan comúnmente con piezas de pizarra delgadas en forma alternada desde ambos lados o en una sola dirección, todo ello colocado sobre tiras de chapa de plomo. A diferencia de lo que ocurría con las tejas planas, en este caso se fijan a las latas todas las piezas de todas las hiladas, mediante clavazón de las cabezas o de los centros de las pizarras; este último sistema se usa principalmente para piezas largas y pendientes de cubierta inferiores a 35°, con el fin de evitar el problema de la vibración producida por el viento, que podría llegar a romper las piezas largas clavadas por la cabeza.

### Detalles tipo



## Cubiertas de pizarra

La pizarra es una roca metamórfica de origen sedimentario, de grano muy fino, con cierta hebra y colores oscuros, que se caracteriza por tener una intensa exfoliación plana. Tradicionalmente se ha considerado la pizarra como un excelente material de techar. En España hay canteras de pizarra en León, Galicia, Extremadura, etc.



**Ejemplo de colocación:** pizarra de 51 x 22,5 cm, colocada en una cubierta de 30° de pendiente, con 7,5 cm de solape superior

$$\begin{aligned}\text{Distancia entre ejes de latas} &= (\text{longitud pizarra} - \text{solape}) / 2 \\ &= (51 - 7,5) / 2 = 21,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Distancia entre taladros} &= \text{distancia entre latas} + \text{solape superior} + 0,8 \text{ a } 1,5 \text{ cm} \\ &= 21,8 + 7,5 + (0,8 \text{ a } 1,5) = 30,1\text{-}30,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{Solape lateral} = 25,5 / 2 = 12,7 \text{ cm}$$

$$\text{Parte vista} = \text{distancia entre latas} = 21,8 \text{ cm}$$

$$\text{Longitud de la hilada de alero} = \text{solape superior} + \text{parte vista} = 29,3 \text{ cm}$$

Existen diversos formatos y medidas de pizarras para cubiertas según la cantera de procedencia, la calidad y el uso de la pizarra, desde grandes piezas de 65 × 40 cm, hasta piezas de 35,5 × 18 cm, o incluso menores. Las piezas también pueden cortarse a medida por encargo.

Por lo general, cuanto más grandes sean las pizarras, menor podrá ser la pendiente de la cubierta. Y también, a menor pendiente de la cubierta, mayor solape entre pizarras.

| Calidad de la pizarra | Grosor (mm) |
|-----------------------|-------------|
| Superior              | 4           |
| Media fuerte          | 5           |
| Pesada                | 6           |
| Muy pesada            | 9           |

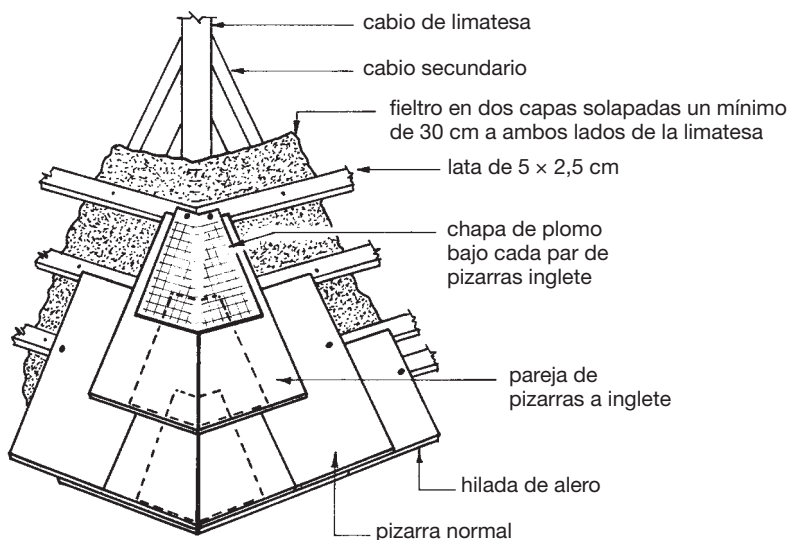
  

| Pendiente cubierta (°) | Solape superior mín. (mm) |
|------------------------|---------------------------|
| 20                     | 115                       |
| 25                     | 85                        |
| 35                     | 75                        |
| 45                     | 65                        |

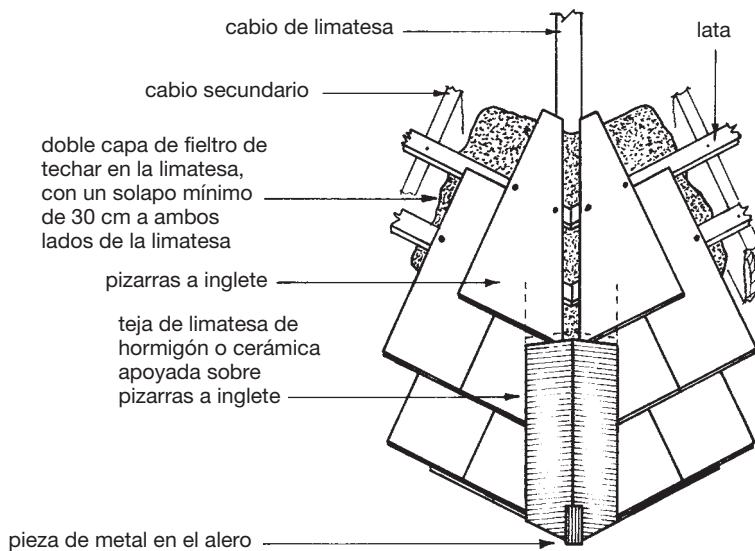
Véanse también los catálogos de los fabricantes de pizarra.

En España rigen la *Norma UNE-EN 12326-1* ("Especificaciones del producto", donde se detallan los requisitos aplicables a la pizarra), la *Norma UNE-EN 12326-2* ("Métodos de ensayo", donde se especifican cómo deben llevarse acabo estos) y la *Norma tecnológica de la edificación NTE-QTP* ("Cubiertas. Tejados de pizarra, norma aún vigente pero no de obligado cumplimiento).

Ejemplos de limatesas

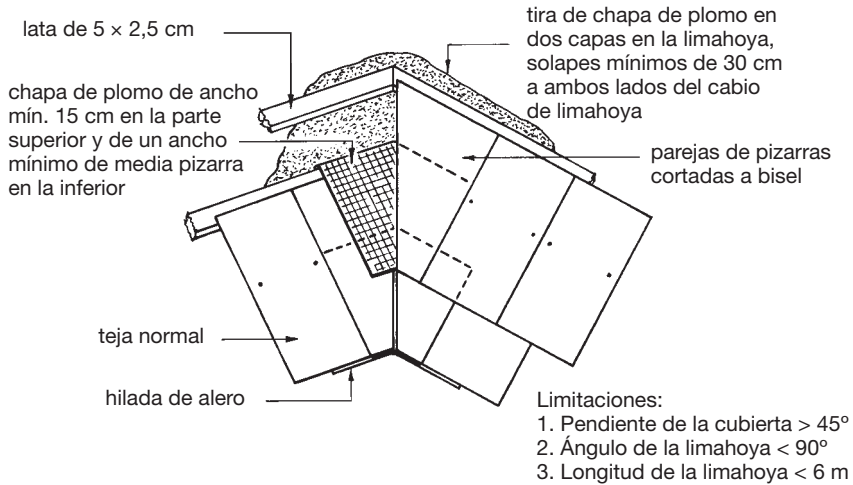


LIMATESA A INGLETE, PENDIENTE DE LA CUBIERTA > 30°



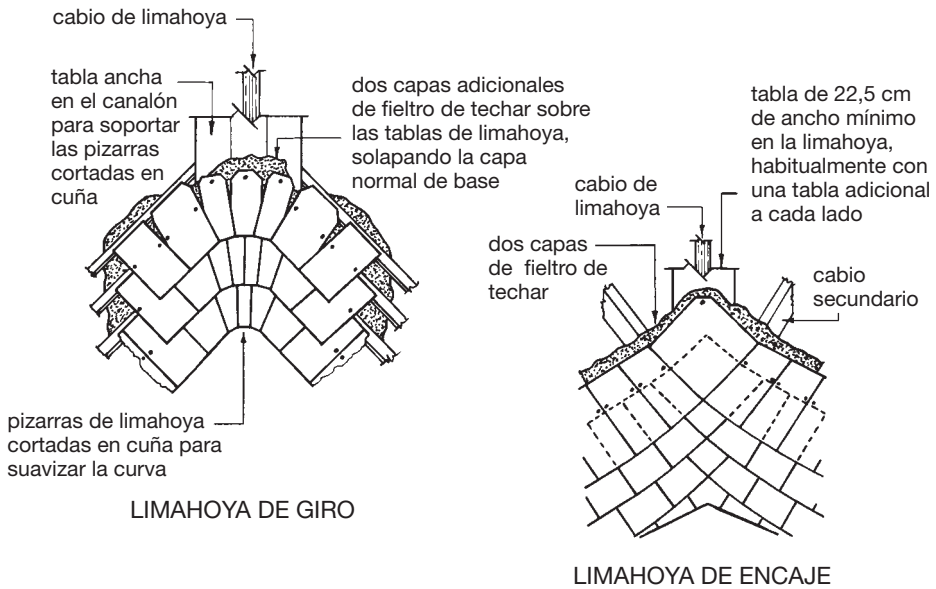
LIMATESA A INGLETE, CON TEJAS DE LIMATESA CERÁMICAS O DE HORMIGÓN

## Ejemplos de limahoyas



### LIMAHOYA CORTADA A BISEL

#### Alternativas



NOTA: En las limahoyas en forma de flecha, las pizarras cortadas en forma de cuña se suelen intercalar con chapa de plomo.

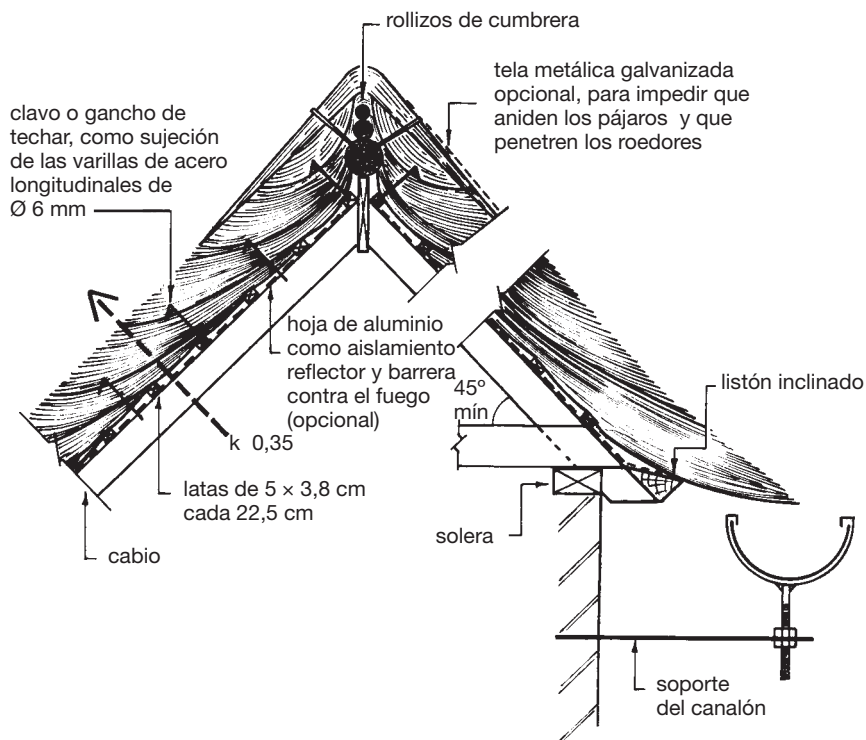


## Techumbres de paja

**Materiales:** junco, paja de trigo, de primavera o invierno (mejor la de invierno). La paja larga para techar también recibe el nombre de bálago. Otros materiales usuales para este tipo de techumbre son la paja de cebada, de avena y la juncia. Esta última se cosecha cada cuatro años, para que sea suficientemente larga para techar.

Existen varios métodos y estilos de techar, en función de la técnica del techador y de las tradiciones locales.

### Detalle tipo

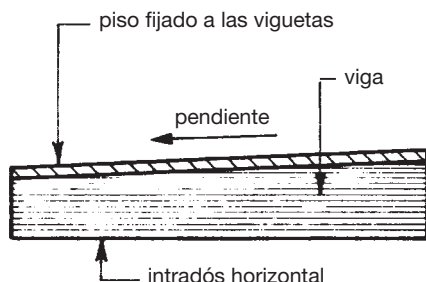


La composición de la paja, con sus intersticios e irregularidades superficiales, proporciona un aislamiento excelente cuando está seca y compactada. En cambio, cuando está gastada y ha acumulado musgo y humedad, el valor de la transmitancia es menos fiable. Por otra parte, la paja es sumamente vulnerable ante el fuego, por lo que las empresas aseguradoras, además de aumentar la cuota, suelen exigir la aplicación de algún retardador del fuego superficial y una capa de base aislante del fuego.

**Cubiertas planas:** estas cubiertas rara vez son totalmente planas, es decir con pendiente de  $0^\circ$ , sino que se consideran como planas todas aquellas cuya pendiente no exceda de  $10^\circ$ . La pendiente de la cubierta puede venir determinada por el material de cobertura y/o por la estimación de la cantidad de agua que debe evacuar la cubierta. Como norma general, la pendiente mínima para materiales totalmente lisos, tales como el asfalto, debe ser de 1:80 o  $0^\circ 43'$ , y de 1:60 o  $0^\circ 57'$  para cubiertas de láminas solapadas.

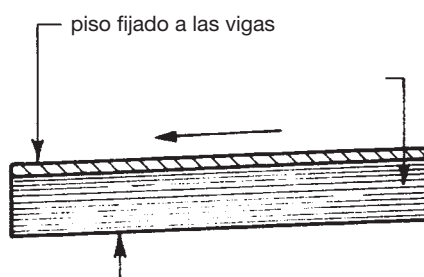
### Métodos para obtener las pendientes

1. Vigas de canto variable en pendiente.



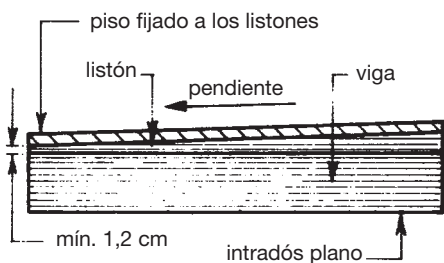
De colocación sencilla pero comporta un derroche de madera, a menos que se corten dos vigas de un mismo tablón.

2. Vigas colocadas en pendiente.



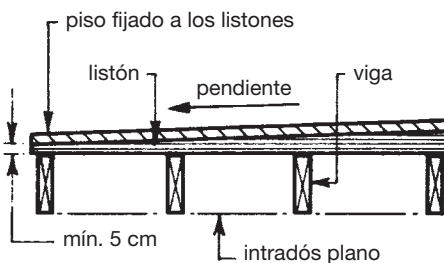
Económico y sencillo, pero el intradós inclinado puede ser inaceptable interiormente, aunque esto se puede solucionar colocando un falso techo horizontal.

3. Pendientes obtenidas con listones de altura variable suplementados paralelamente a las vigas.



Sencillo y eficaz pero no proporciona un medio de ventilación natural transversal. Es el método habitualmente empleado.

4. Pendientes obtenidas con listones de altura variable colocados transversalmente a las vigas.



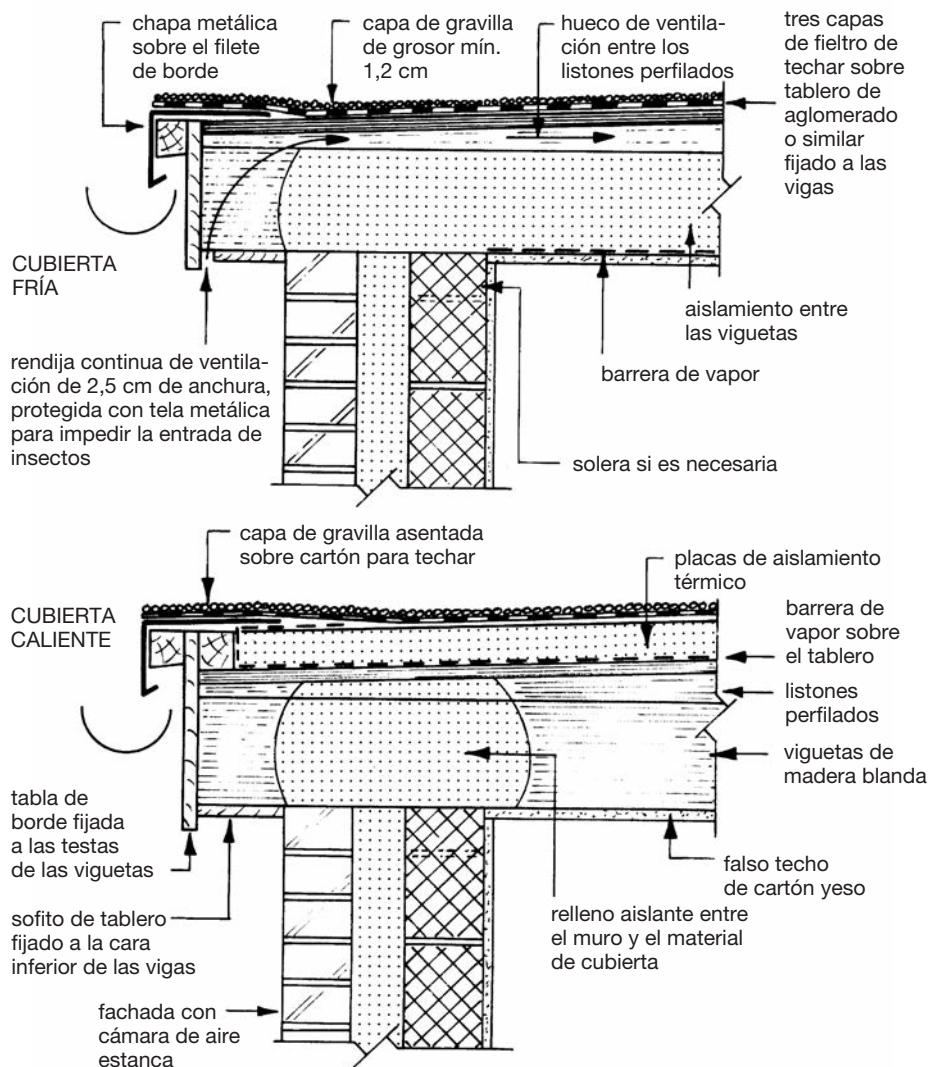
Sencillo y eficaz pero consume más madera que el método 3, aunque proporciona un medio de ventilación natural transversal.

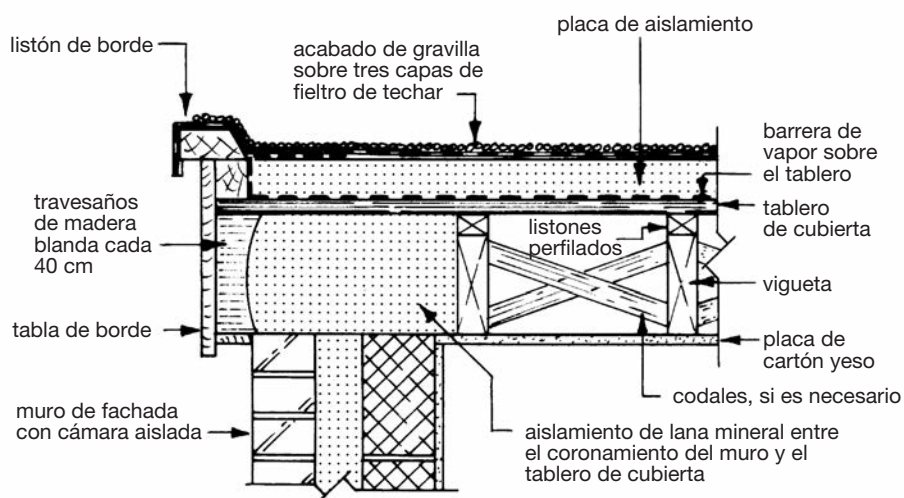
Siempre que sea posible, las vigas deben abarcar la menor luz posible en planta.

## Cubiertas planas de madera (1)

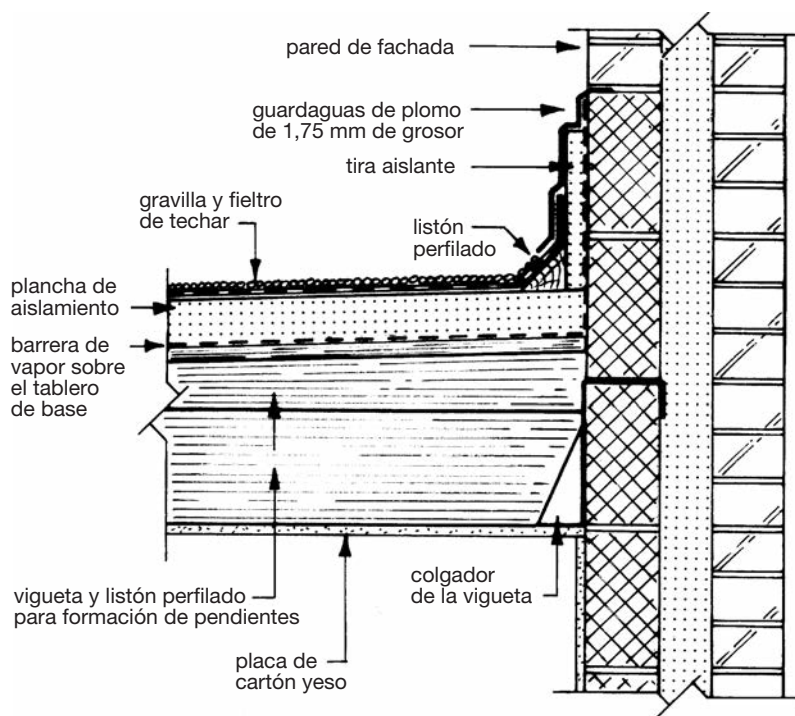
**Vigas de cubiertas planas de madera:** la separación y la escuadría de las vigas depende de las cargas y de la luz. Su determinación se puede realizar basándose en tablas, o bien calculándolas siguiendo los mismos principios generales que en los forjados. Siempre que la luz de las vigas exceda de 2,4 m, será conveniente establecer arriostros entre las mismas para evitar movimientos y torsiones.

### Detalle de alero tipo





DETALLE DE BORDE TIPO - CUBIERTA CALIENTE



DETALLE DE ENCUENTRO CON PARED - CUBIERTA CALIENTE

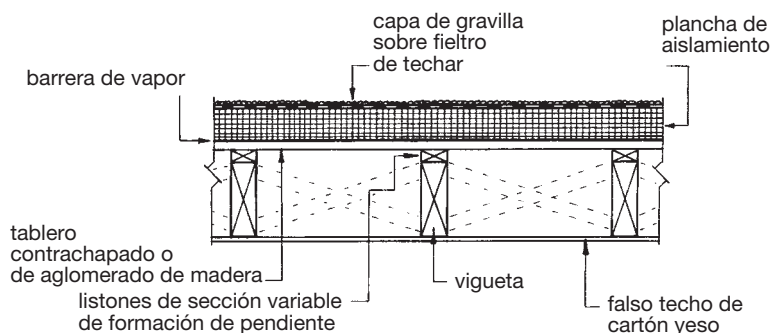
## Cubiertas planas de madera. Aislamiento térmico

La conservación de la energía puede conseguirse de dos maneras:

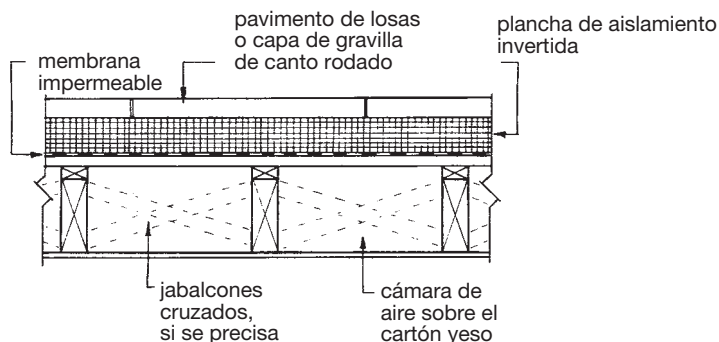
1. Cubierta fría: el aislamiento se coloca entre las vigas, sobre el falso techo (véanse detalles en pág. 420). La placa de cartón yeso con envés de poliéster metalizado actúa como barrera de vapor, con un espacio mínimo de 5 cm para la circulación del aire entre el aislamiento y el tablero de base. Esta cámara de aire se corresponde con los respiraderos del alero y evita la humedad, las condensaciones y la posible pudrición de la madera.
2. (a) Cubierta caliente: el aislamiento rígido\* se coloca debajo de la membrana impermeable y sobre el tablero de cubierta. El aislamiento debe ser el suficiente para mantener la barrera de vapor y los elementos del techo a una temperatura superior al punto de rocío, puesto que este tipo de cubierta no requiere ventilación.  
(b) Cubierta caliente invertida: el aislamiento rígido\* se coloca debajo de la membrana hidrófuga. El material aislante no debe verse afectado por el agua y tendrá capacidad para recibir un pavimento pétreo o cerámico.

\* Placas de fibra mineral ligada con resina sintética, poliestireno expandido o poliuretano.

### Detalles tipo de cubiertas calientes



CUBIERTA CALIENTE



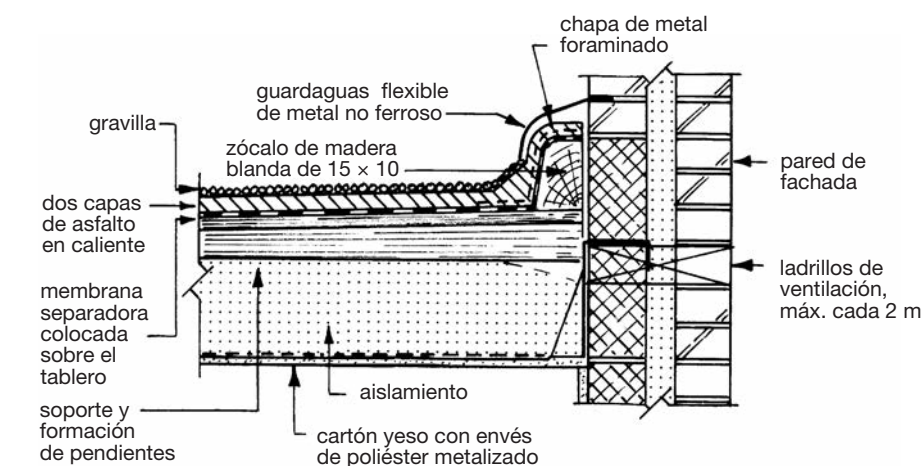
CUBIERTA CALIENTE INVERTIDA

## Composición de una cubierta plana de madera tipo

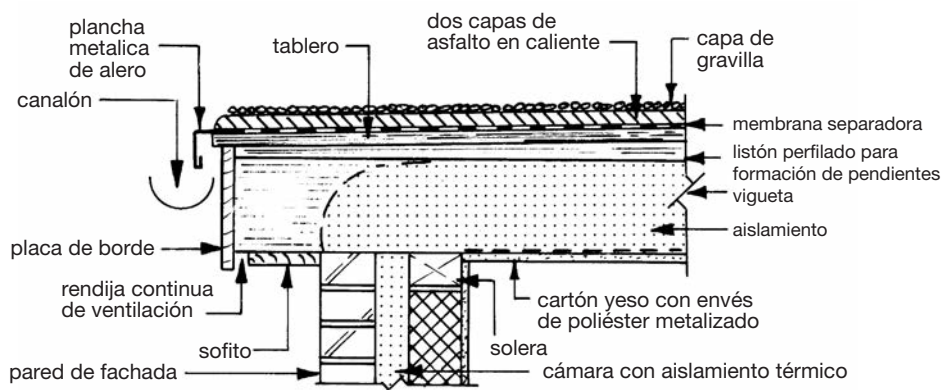
**Revestimientos a base de fieltros asfálticos:** constan de tres capas contrapeadas de fieltro asfáltico. Las capas se adhieren entre sí mediante asfalto en caliente y deben solaparse un mínimo de 5 cm en los laterales y 7,5 cm en los extremos. Como materiales impermeabilizantes alternativos pueden emplearse dos láminas de poliéster no tejido (véanse detalles tipo en las págs. 420 y 421).

**Cubiertas de mástico asfáltico in situ:** se extienden dos capas de mástico asfáltico a rompejuntas con un grosor total mínimo de 2 cm. El mástico asfáltico se extiende sobre una membrana separadora de fieltro bituminoso colocada suelta y con solapes de 5 cm como mínimo.

### Detalles tipo



### ENCUENTRO CON PARED DE FACHADA



### DETALLE DE ALERO

\* En España, la impermeabilización de las cubiertas está regulada por el "Código técnico de la edificación" (Documento básico. Protección frente a la humedad DB-HS1).

## Cubiertas planas de madera. Chapa de plomo

**Dilatación térmica:** el coeficiente de dilatación lineal del plomo es de  $0,0000297$  ( $2,97 \times 10^{-6}$ ) por cada grado Kelvin.

Ejemplo: suponiendo que la gama de temperaturas a lo largo del año oscile entre  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $45\text{ }^{\circ}\text{K}$ ), entonces, una chapa de plomo de 2 m de longitud podría aumentar en:  $0,0000297 \times 45 \times 2 = 0,00267\text{ m}$  o 2,67 mm.

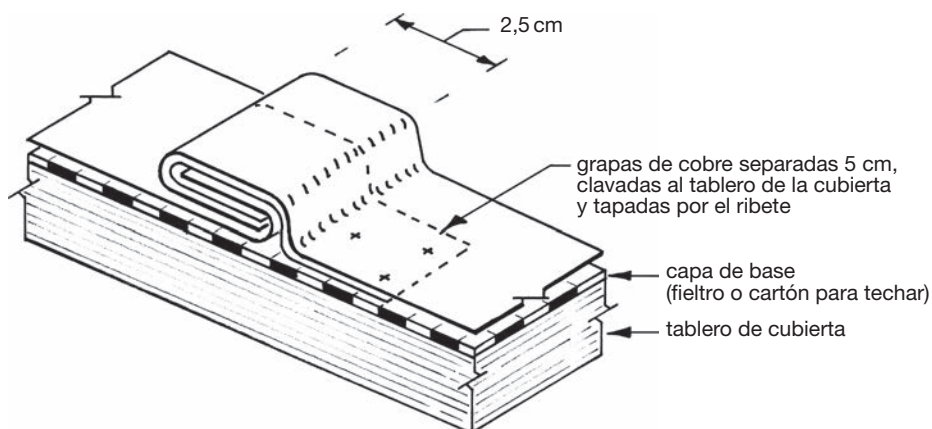
Con el tiempo, este movimiento causa una tensión de fatiga que se manifiesta en forma de fisuras. Para evitar la rotura, debe tenderse una capa de base blanda, y en las superficies de chapa de plomo, debe disponerse un número adecuado de juntas de dilatación, convenientemente colocadas para absorber el movimiento.

**Capa de base:** instalada sobre tablero de madera contrachapada u otra superficie lisa, o bien sobre planchas rígidas de aislamiento térmico. Tradicionalmente, las capas de base más utilizadas han sido el fieltro impregnado de betún o membrana hidrófuga, pero hoy día se suele preferir una lámina geotextil de poliéster no tejida.

**Sujeciones:** grapas, tornillos y clavos de cobre, latón o acero inoxidable.

**Juntas:** para superficies pequeñas, como marquesinas de puertas o ventanas de buhardillas, donde las dilataciones puedan considerarse despreciables, bastará con utilizar un simple ribeteado, siempre que sea altamente improbable que la altura del agua exceda el grosor del ribete.

### Junta ribeteada



### Juntas para absorber movimientos:

- Lazos con núcleo de madera en la dirección de la pendiente de la cubierta (véase página siguiente).
- Vierteaguas transversales, en ángulo recto con la dirección de la pendiente (véase página siguiente).





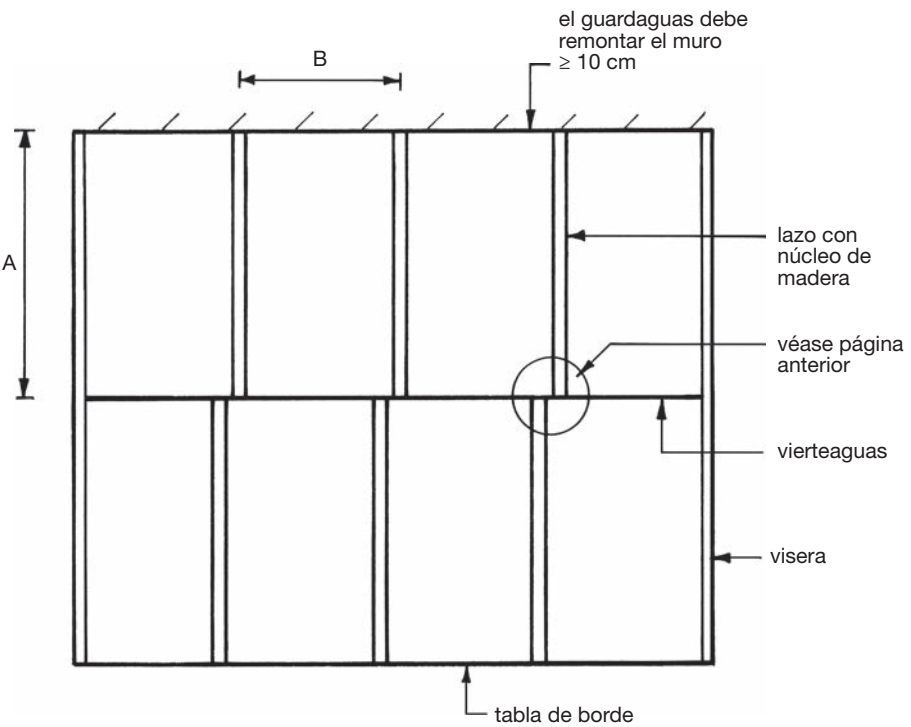


Cubiertas planas de madera. Aplicación de la chapa de plomo

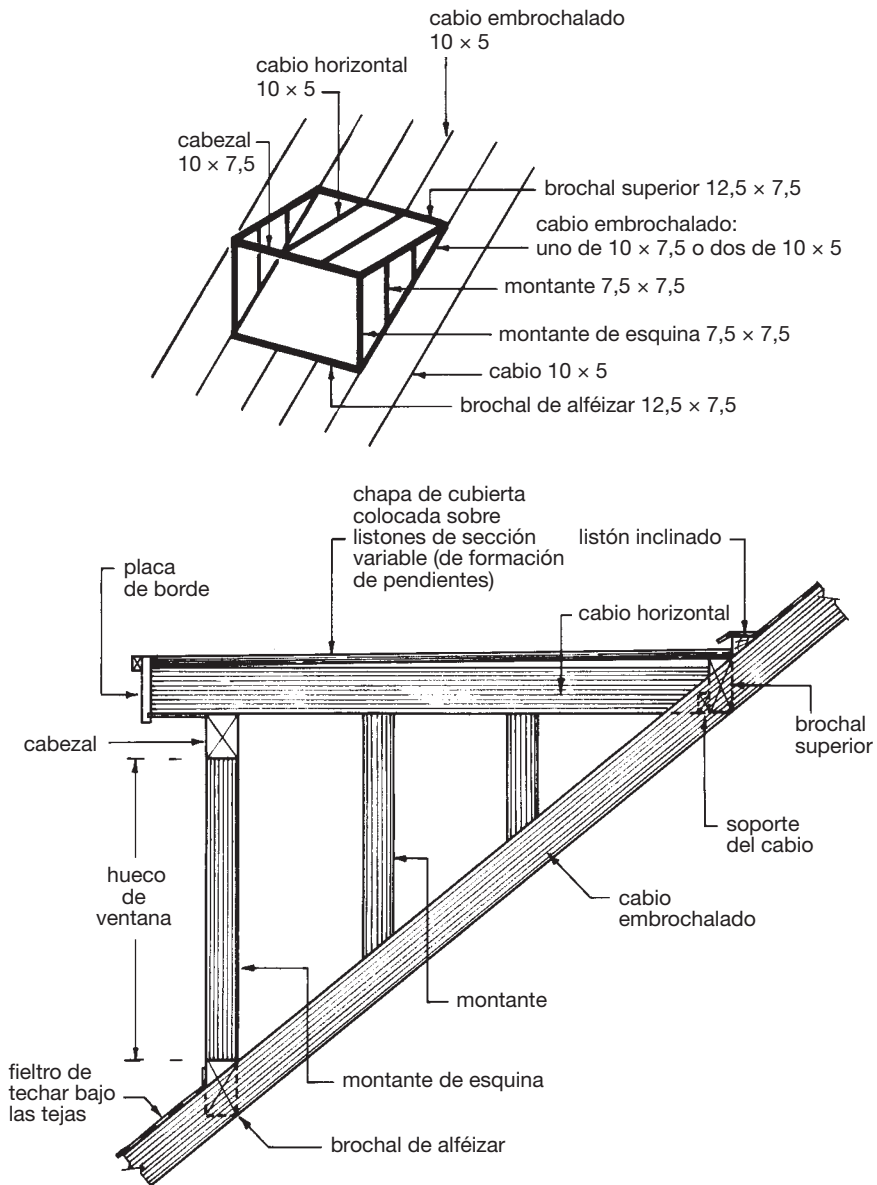
La separación entre los lazos con núcleo de madera y los vierteaguas varía en función del grosor de la chapa de plomo, tal como se muestra a continuación a título orientativo:

| Grosor (mm) | Separación máx. entre vierteaguas (m) [A] | Separación máx. entre lazos (m) [B] |
|-------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1,25 y 1,5  | solo para guardaguas                      |                                     |
| 1,75        | 1,5                                       | 0,5                                 |
| 2           | 2                                         | 0,6                                 |
| 2,5         | 2,25                                      | 0,675                               |
| 3           | 2,5                                       | 0,675                               |
| 3,5         | 3                                         | 0,75                                |

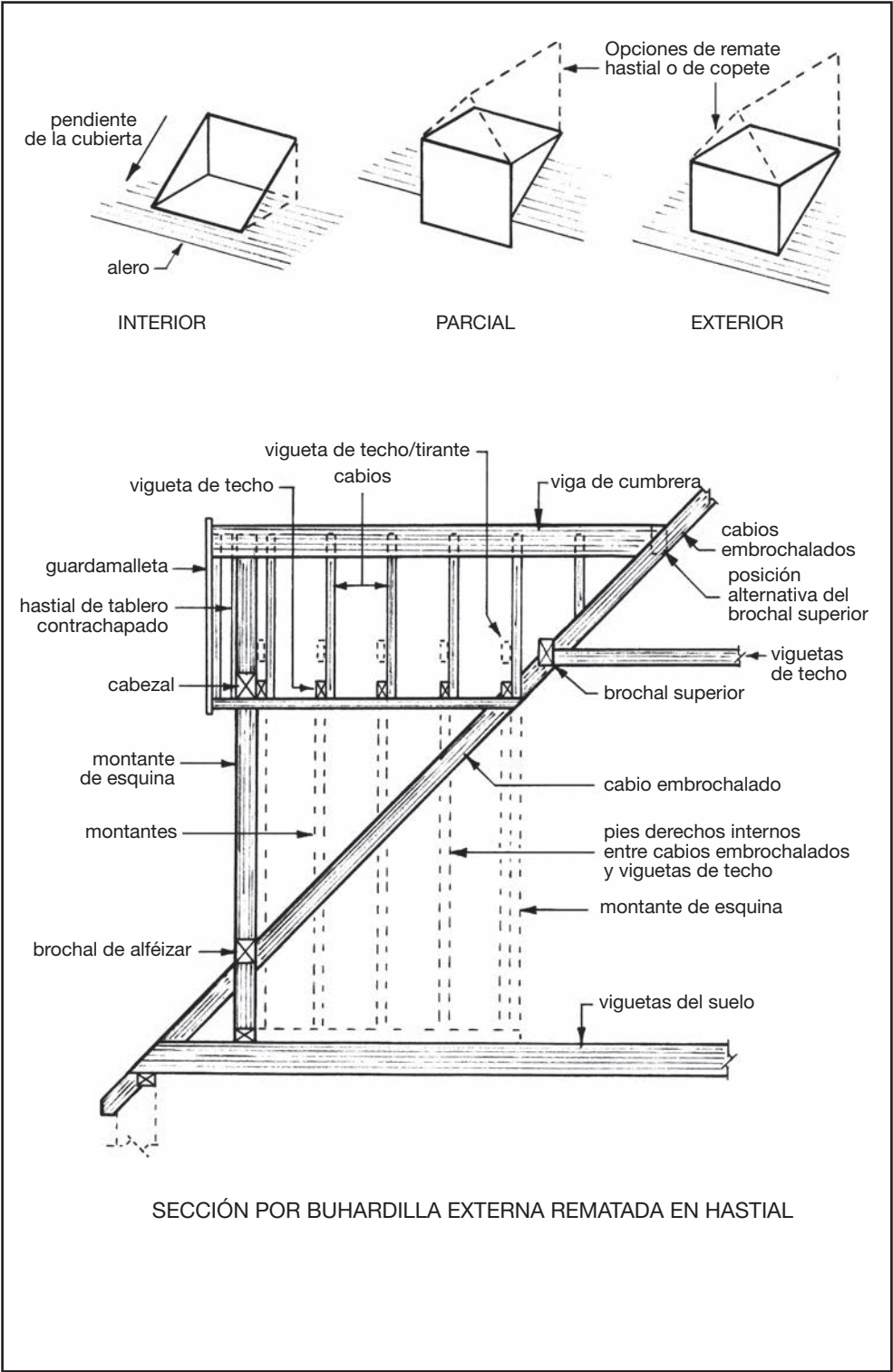
Planta de una cubierta plana tipo (pág. 389)



Es una ventana que se levanta verticalmente sobre una cubierta inclinada y sirve para iluminar y ventilar los desvanes o áticos. Normalmente es exterior, con las variantes de techo plano y en pendiente. Las siguientes ilustraciones muestran detalles tipo de ventanas de buhardilla, contruidos generalmente con estructura de entramado de madera, con sus ensambles tradicionales encastrados y a espiga, o metálicos, con uniones sencillas a base de perfiles de acero galvanizado.



Tipos de ventana de buhardilla



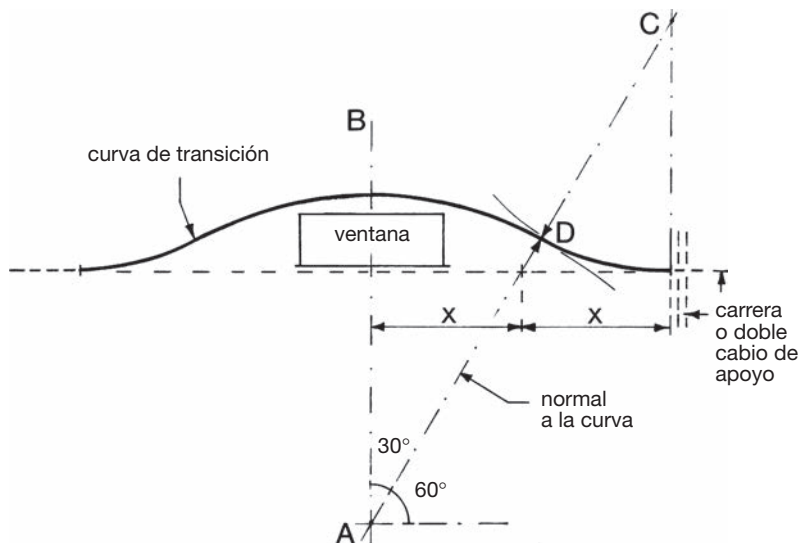
Elegante forma de interrumpir la monotonía de una cubierta inclinada, tiene su origen en las techumbres de paja, donde esta se extendía sobre las aberturas de las ventanas. Otros materiales de cobertura adecuados para esta solución constructiva son las tablas de ripia, las tejas planas y las pizarras pequeñas.

Pendiente de la cubierta principal  $\geq 50^\circ$ .

Pendiente de la buhardilla redondeada  $\geq 35^\circ$ .

La curva de transición entre las cubiertas debe ser suave, con una relación entre anchura y altura  $> 8:1$ . No es conveniente emplear una relación menor, pues se complicaría la ejecución y el resultado daría sensación de desproporción.

#### Ejemplo de un perfil posible



A-B: línea que pasa por el centro de la ventana.

A-D: radio ubicado para salvar el dintel de la ventana.

C-D: radio situado cerca de la base de la ventana a continuación de A-D.

Para crear la curva de transición puede utilizarse una viga de madera laminada hecha a medida, prolongando la carrera de apoyo al efecto de recibir los cabios de la buhardilla. La viga curva intermedia pueden apoyarse sobre colgadores de vigueta que descarguen a ambos lados en cabios embrochados.

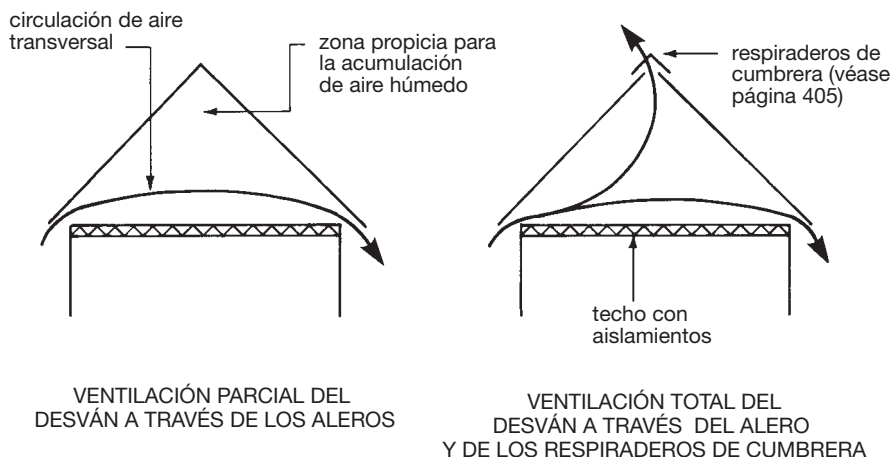
## Ventilación de desvanes (1)

El aire contiene vapor de agua y su proporción aumenta en relación directa con la temperatura del aire. Al aumentar el vapor de agua, aumenta también la presión, produciéndose un desplazamiento del vapor desde los lugares más cálidos del edificio a los más fríos. Al bajar la temperatura del aire, también disminuye su capacidad de contener agua, lo que se manifiesta en forma de condensación sobre las superficies frías. El aislamiento entre las zonas habitables y los espacios bajo cubierta aumenta el diferencial térmico y el potencial de condensación en estos últimos.

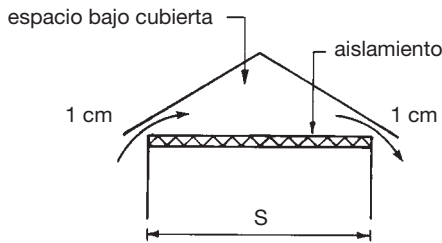
La condensación puede evitarse por cualquiera de los métodos siguientes:

- Colocando una barrera de vapor en el lado caliente de cualquier aislamiento.
- Eliminando el aire húmedo mediante la ventilación de la zona más fría.

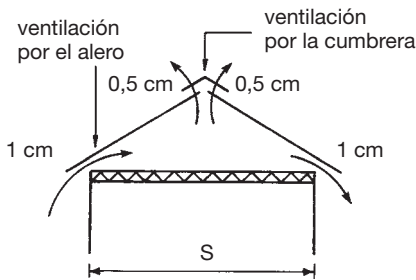
Una barrera de vapor idónea es una placa de cartón yeso a cuyo dorso se incorpora una lámina especial resistente a la humedad. Un producto patentado típico es una placa de 9,5 y 12,5 mm de grosor con envés de poliéster metalizado. Este producto está ideado especialmente para espacios habitables en bajocubiertas y para cubiertas planas frías. Para espacios mayores se aconseja la ventilación.



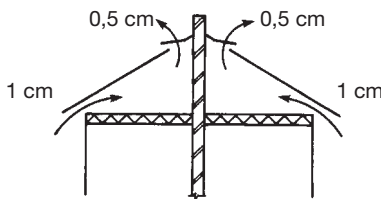
**Ventilación del desván:** en la mayor parte de los casos puede bastar con ventilar únicamente a través del alero. Sin embargo, en ciertas condiciones climáticas y en lugares donde la dirección de los vientos dominantes no forme ángulo recto con el edificio, el aire húmedo puede quedar estancado en la zona próxima al vértice de la cubierta; en tales casos es conveniente disponer una ventilación adicional en la cumbrera.



Aislamiento al nivel del techo (1)  
 $S = \text{luz} < 10 \text{ m}$  para pendientes de cubierta entre  $15^\circ$  y  $35^\circ$



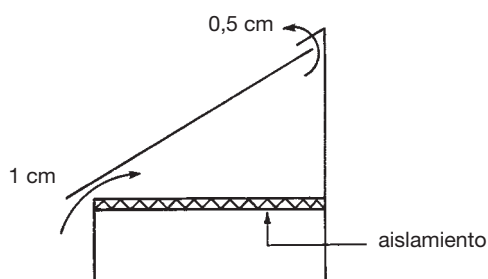
Aislamiento al nivel del techo (2)  
 $S = \text{luz} > 10 \text{ m}$  para pendientes de cubierta comprendidas entre  $15^\circ$  y  $35^\circ$ . Cualquier luz para pendientes de cubierta  $> 35^\circ$



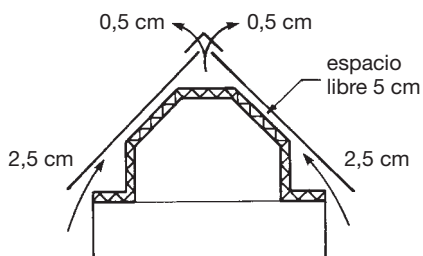
Aislamiento al nivel del techo y pared divisoria central  
 Pendientes de cubierta  $> 15^\circ$  para cualquier luz

NOTA: las ventilaciones representadas en las figuras se refieren a una rendija continua (o equivalente) de las dimensiones mínimas citadas.

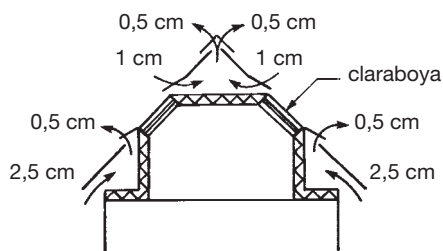
### Ventilación de desvanes (3)



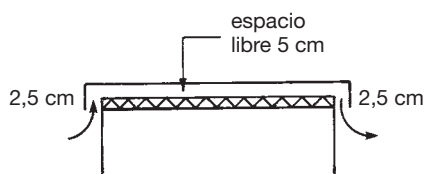
Cubierta a un agua  
Pendiente de la cubierta  $> 15^\circ$ ,  
cualquier luz



Habitación  
bajo cubierta  
Cualquier pendiente  
y cualquier luz



Habitación en bajo cubierta  
con obstáculos  
Cualquier pendiente  
y cualquier luz



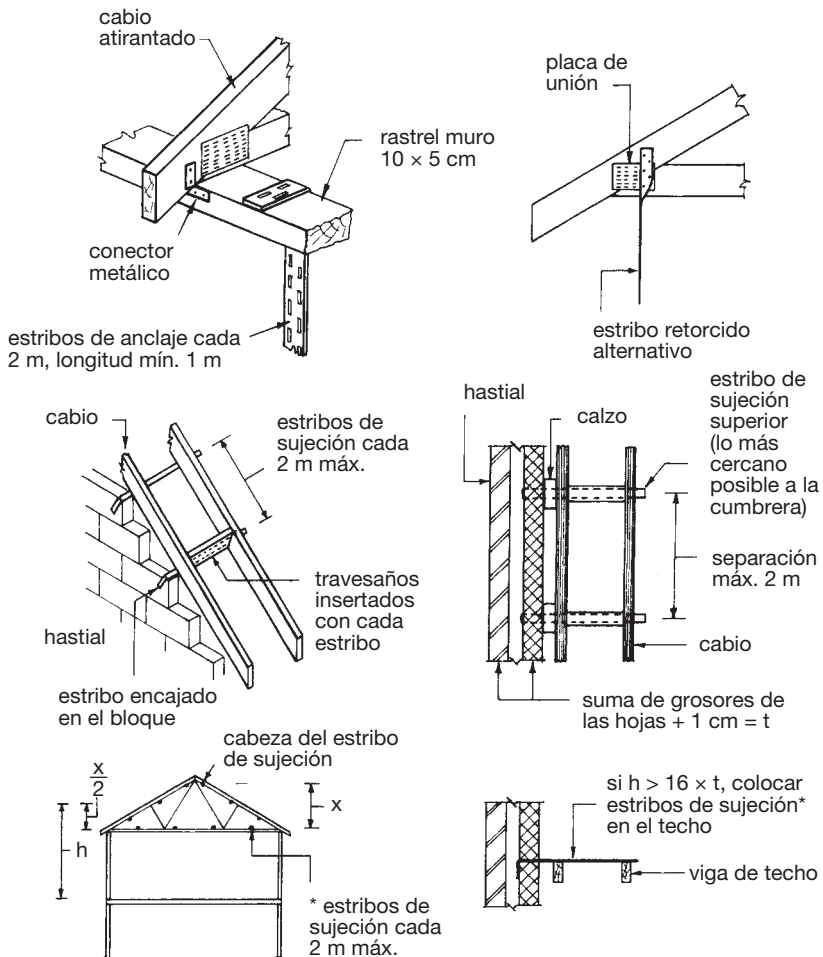
Cubierta plana

**Sujeción lateral:** la estabilidad de los hastiales y la construcción de los aleros, así como la integridad de la estructura de la cubierta durante los temporales de viento, requieren sujeción complementaria y continuidad, para lo cual se recurre a la colocación de anclajes al muro, en forma de estribos de acero galvanizado y de  $30 \times 5$  mm de sección.

Pueden producirse excepciones si la cubierta:

1. tiene más de  $15^\circ$  de pendiente, y
2. es de teja o pizarra, y
3. está calculada para resistir fuertes ráfagas de viento, y
4. tiene vigas y cabios que se apoyan sobre paredes de carga, y con una separación  $\leq 1,2$  m entre ejes.

### Soluciones constructivas





**Conservación:** la presencia de carcoma en maderas estructurales no tratadas es un hecho frecuente. Los coleópteros más pequeños, como la abundante carcoma de los muebles (*Anobium punctatum*), son controlables. Sin embargo, lo que ha obligado a muchas autoridades municipales británicas a dar cabida a la conservación de la madera en las ordenanzas municipales ha sido la amenaza del considerable daño de los cerambícidos, como el longicornio.

### Datos del longicornio:

Nombre científico: *Hylotrupes bajulus*.

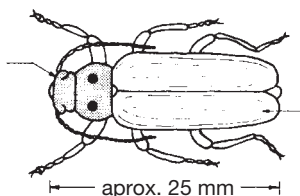
Ciclo vital: un coleóptero maduro pone hasta 200 huevos en la superficie rugosa de la madera sin tratar. Al cabo de dos o tres semanas nacen las larvas y perforan la madera, introduciéndose preferentemente en la albura, antes que en zonas más densas. Permanece hasta diez años en la fase larvaria dañina. En tres semanas, la larva se transforma en crisálida, para surgir en verano en forma de escarabajo maduro y reproducirse.

Tiene preferencia por las maderas resinosas trabajadas (muebles, tablas y made-ramen).

Aspecto de la madera: depósitos pulverulentos en la superficie y galerías características del escarabajo maduro.

### Aspecto del escarabajo

la cabeza y el segmento adyacente presentan un vello grisáceo y dos puntos negros claramente visibles



dorso color marrón oscuro o negro

### Otros tipos de carcoma:

Carcoma de los muebles (*Anobium punctatum*, *Anobium striatum*): marrón oscuro, 6-8 mm de largo, pone 20-50 huevos en maderas blandas o duras. Perfora pequeñas galerías de 1-2 mm de diámetro.

Carcoma grande (*Xestobium rufovillosum*): coleóptero de cuerpo alargado, color ferruginoso oscuro, a veces con manchas amarillas o de color ceniza. Pone 40-80 huevos sobre madera dura. Tiene preferencia por las maderas de roble usadas en antiguas iglesias y edificios similares, y horada galerías de unos 3 mm de diámetro.

**Conservación:**

Tratamiento de la madera para evitar los daños del longicornio: en las zonas de influencia de este coleóptero, antes de su colocación deberá tratarse con insecticidas toda la madera blanda usada en estructuras de cubierta. Son difíciles de destruir, aunque a base de aplicaciones repetidas de cresilo pueden limitarse los daños. La inmersión en creosota suele ser un tratamiento efectivo, aunque pueden surgir problemas de manchas localizadas.

El tratamiento contra los insectos supone un incremento adicional en torno al 10 % del coste de la madera, aunque también sirve para mejorar su resistencia a la humedad. Otras partes de la estructura, como suelos y tabiques, están menos expuestas a los daños de la carcoma, en la medida en que quedan cerradas. En cualquier caso, si en esas zonas se emplean maderas tratadas, conviene recordar que la inhalación de productos tóxicos es peligrosa para la salud de los habitantes del edificio. Por otra parte, los requisitos de ventilación cruzada en las cubiertas tienen la ventaja adicional de disuadir a los insectos perforadores de madera, que suelen preferir las áreas húmedas y exentas de corrientes de aire.

NOTA: existen varios preparados para la preservación de la madera en cuya composición intervienen el cobre, el cromo y el arsénico (CCA). Entre las reglamentaciones vigentes en España que afectan a la protección de la madera se encuentra el *Real Decreto 1406/1989: Restricciones en la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos*, con sus posteriores modificaciones dictadas de acuerdo con la normativa de la Unión Europea. Este texto restringe la comercialización y el uso de los compuestos creosotados o derivados de la creosota y de los compuestos de arsénico y sus derivados. Respecto a estos últimos, las directivas europeas prohíben el uso de agentes de preservación de la madera en los que intervengan compuestos de CCA, tanto en aplicaciones domésticas como en lugares en los que el público pueda entrar en contacto con ellos.

**Cubierta ajardinada:** también llamada “cubierta verde”, no por su color, sino por las tecnologías “verdes” empleadas en ellas para mejorar el hábitat o ahorrar consumo de energía; es decir por usar tecnologías que cumplen una función ecológica.

### Clases:

- Extensiva: se caracterizan por tener una base de tierra relativamente poco profunda (unos 5 cm) y ser de construcción ligera. La pendiente máxima de la cubierta es 40°, y las pendientes mayores de 20° requieren un sistema de amortiguamiento para evitar que la tierra se mueva. Debido a la escasa profundidad de la base de tierra, las especies vegetales que pueden plantarse se limitan a céspedes, musgos, hierbas y siemprevivas (suculentas, por lo general de hoja carnosa, que dan flores rosadas o blancas).
- Intensiva: verdaderos jardines en la azotea, en este tipo de cubierta se utiliza una base de tierra más profunda (de unos 40 cm), que permite organizar elementos de jardinería, como pequeños estanques, arbustos ocasionales y árboles pequeños. Para sostenerlas se precisa una estructura potente y solo son viables con cubiertas planas.

### Ventajas:

- Absorben y controlan la escorrentía.
- Aislamiento térmico integral.
- Aislamiento acústico integral.
- Absorben los contaminantes del aire, el polvo y el CO<sub>2</sub>.
- Almacenamiento potencial del calor pasivo.

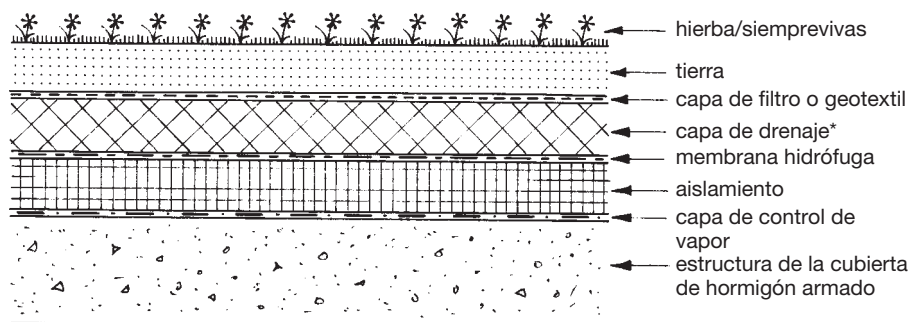
### Desventajas:

- Peso elevado.
- Mantenimiento.

**Construcción:** para cumplir los objetivos y crear estabilidad es necesario cumplir las siguientes condiciones:

- Placas rígidas de aislamiento.
- Subcapa impermeable resistente a las raíces.
- Capa de drenaje.
- Filtro.
- Medio de cultivo (tierra).
- Vegetación (p. ej., césped).

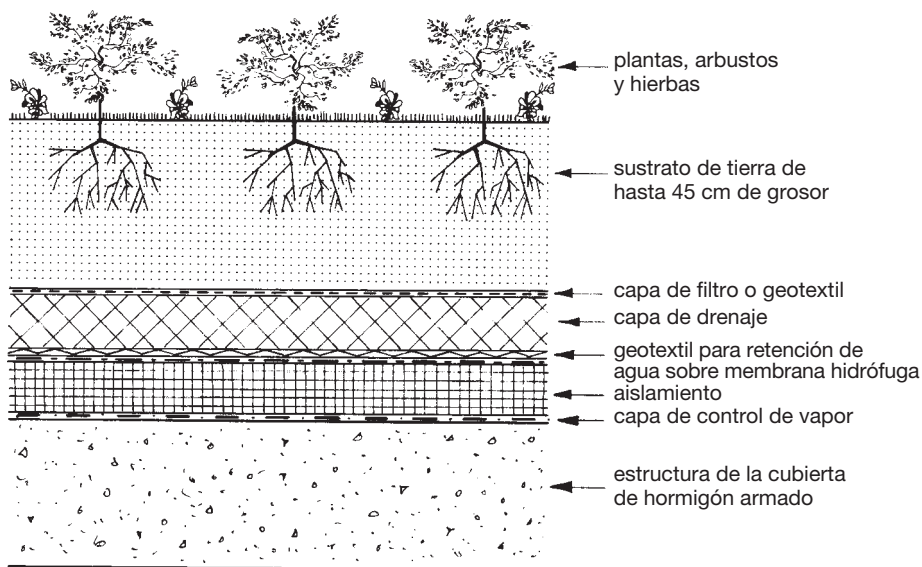
En la página siguiente se muestran ejemplos de ambas clases de construcción de cubiertas ajardinadas, extensivas e intensivas.



\* normalmente, poliestireno expandido con huecos

| Componente               | Peso (kg/m <sup>2</sup> ) | Grosor (mm) |
|--------------------------|---------------------------|-------------|
| capa de control de vapor | 3                         | 3           |
| aislamiento              | 3                         | 50          |
| membrana                 | 5                         | 5           |
| capa de drenaje          | 3                         | 50          |
| filtro                   | 3                         | 3           |
| tierra                   | 90                        | 50          |
| césped                   | 40                        | 20          |
|                          | 147 g/m <sup>2</sup>      | 181 mm      |

$$147 \text{ kg/m}^2 \text{ (peso saturado)} \times 9,81 = 1.442 \text{ N/m}^2 \text{ o } 1,44 \text{ kN/m}^2$$



Profundidad aproximada hasta la capa de control de vapor, 560 mm a unos 750 kg/m<sup>2</sup> de peso saturado.  
 $750 \text{ kg/m}^2 \times 9,81 = 7.358 \text{ N/m}^2 \text{ o } 7,36 \text{ kN/m}^2$ .

## Aislamiento térmico. Cálculo de la transmitancia térmica U (1)

El aislamiento térmico de un cerramiento se calcula en función de la transmisión del calor a través de cada uno de los elementos que lo forman. La transmitancia térmica U es la cantidad de energía que pasa por hora a través de un metro cuadrado de cerramiento, para una diferencia de temperatura de un grado entre el aire de las caras exterior e interior; es decir  $W/m^2K$ .

Los valores de U nunca son totalmente exactos debido a:

- Los efectos variables de la radiación solar, la humedad atmosférica y los vientos dominantes.
- Defectos en la construcción, aun con la supervisión más estricta.
- Puentes térmicos en los encuentros entre los diferentes componentes estructurales, p. ej., un mortero denso en una fábrica de bloques ligeros.

Sin embargo, el cálculo del valor de U para un elemento constructivo determinado nos informa sobre si la estructura es o no aceptable térmicamente. Los parámetros para el cálculo de la demanda energética están detallados en el DB-HE 1, del CTE español.

El valor de U se calcula tomando el recíproco de la suma de resistencias térmicas (R) de los componentes del elemento constructivo:

$$U = \frac{1}{\sum R} = W/m^2K$$

La resistencia térmica R se expresa en  $m^2K/W$ . Cuanto mayor sea su valor, mejor será el aislamiento del componente. A la inversa, cuanto más bajo sea el valor de U, mejores propiedades aislantes tendrá la estructura.\*

(\*) Las unidades de U ( $W/m^2K$ ) y R ( $m^2K/W$ ) están expresadas en el sistema internacional de unidades SI.

## Aislamiento térmico. Cálculo de la transmitancia térmica U (2)

Las resistencias térmicas (R) son una combinación de los diferentes componentes estructurales, superficiales y de espacios vacíos que forman un elemento constructivo. Su relación con el coeficiente de transmisión térmica se expresa así:

$$U = \frac{1}{R_{se} + R_1 + R_2 + R_a + R_3 + R_4 + \dots + R_{si}} \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

donde:  $R_{se}$  = resistencia de la superficie exterior.

$R_1, R_2$ , etc. = resistencia térmica de los componentes estructurales.

$R_a$  = resistencia del espacio vacío; p. ej., cámara de aire.

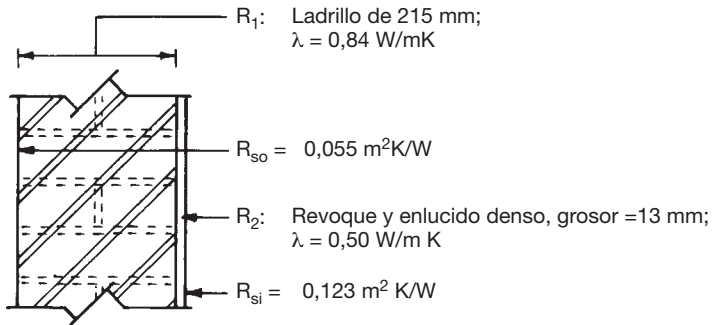
$R_{si}$  = resistencia de la superficie interior.

La resistencia térmica de un componente estructural ( $R_1, R_2$ , etc.) se calcula dividiendo su grosor (L) por su conductividad térmica ( $\lambda$ ), es decir:

$$R \text{ (m}^2\text{K/W)} = \frac{L \text{ (m)}}{\lambda \text{ (W/mK)}}$$

Ejemplo 1: Un ladrillo de 102 mm con una conductividad de 0,84 W/mK tiene una resistencia térmica (R) de:  $0,102/0,84 = 0,121 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Ejemplo 2:



NOTA: puede despreciarse el efecto de las juntas de mortero en la fábrica de ladrillo, ya que ambos componentes tienen densidades y propiedades aislantes similares.

$$U = \frac{1}{R_{se} + R_1 + R_2 + R_{si}} \quad \begin{array}{l} R_1 = 0,215/0,84 = 0,256 \\ R_2 = 0,013/0,5 = 0,026 \end{array}$$

$$U = \frac{1}{0,055 + 0,256 + 0,026 + 0,123} = 2,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### Valores característicos en $\text{m}^2\text{K/W}$

Resistencias térmicas superficiales internas ( $R_{si}$ ):

Muros: 0,123

Suelos o techos para flujo de calor ascendente: 0,104

Suelos o techos para flujo de calor descendente: 0,148

Cubiertas (planas o inclinadas): 0,104

Resistencias de superficies exteriores ( $R_{se}$ ):

| Superficie                 | Grado de exposición |        |              |
|----------------------------|---------------------|--------|--------------|
|                            | protegida           | normal | muy expuesta |
| Muro – alta emisividad     | 0,08                | 0,055  | 0,033        |
| Muro – baja emisividad     | 0,11                | 0,07   | 0,03         |
| Cubierta – alta emisividad | 0,07                | 0,045  | 0,02         |
| Cubierta – baja emisividad | 0,09                | 0,05   | 0,02         |
| Suelo – alta emisividad    | 0,07                | 0,04   | 0,02         |

Protegida: edificios urbanos de hasta 3 plantas.

Normal: edificios urbanos de 4 a 8 plantas y la mayoría de edificios suburbanos.

Muy expuesta: > 9 plantas en centros urbanos.

> 5 plantas en otras situaciones y todos los edificios ubicados en costas y colinas expuestas.

### Resistencias de espacios vacíos ( $R_a$ )

Espacios bajo cubiertas inclinadas o planas: 0,18

Detrás de un revestimiento vertical de tejas: 0,12

Cámara de aire de un muro: 0,18

Entre superficies de alta y baja emisividad: 0,3

No ventilados/estancos: 0,18

La emisividad está relacionada con la transmisión de calor a través y desde superficies por efectos de la emisión de calor radiante y de su absorción. La cuantía dependerá de la textura de la superficie, la cantidad y temperatura del movimiento del aire a su través, la posición u orientación de la superficie y la temperatura de los cuerpos o materiales adyacentes. Para la mayoría de los materiales de construcción se considera adecuada una emisividad de la superficie alta. Un ejemplo de baja emisividad es una cámara de aire cerrada por una o dos de sus caras con una lámina de aluminio brillante.

| Valores característicos                  |                                  |                                       |
|------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Material                                 | Densidad<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Conductividad ( $\lambda$ )<br>(W/mK) |
| <b>MUROS</b>                             |                                  |                                       |
| Tableros (madera dura)                   | 700                              | 0,18                                  |
| “ (madera blanda)                        | 500                              | 0,13                                  |
| Hoja exterior de ladrillo                | 1.700                            | 0,84                                  |
| “ interior de ladrillo                   | 1.700                            | 0,62                                  |
| Tablero de silicato de calcio            | 875                              | 0,17                                  |
| Tejas cerámicas                          | 2.300                            | 1,3                                   |
| Hormigón                                 | 2.400                            | 1,93                                  |
| “                                        | 2.200                            | 1,59                                  |
| “                                        | 2.000                            | 1,33                                  |
| “                                        | 1.800                            | 1,13                                  |
| “ (ligero)                               | 1.200                            | 0,38                                  |
| “ (armado)                               | 2.400                            | 2,5                                   |
| Bloque de hormigón (ligero)              | 600                              | 0,18                                  |
| “ (medio)                                | 1.400                            | 0,53                                  |
| Mortero de cemento (protegido)           | 1.750                            | 0,88                                  |
| “ (expuesto)                             | 1.750                            | 0,94                                  |
| Tableros de fibras                       | 350                              | 0,08                                  |
| Enlucido de yeso (denso)                 | 1.300                            | 0,57                                  |
| “ (ligero)                               | 600                              | 0,16                                  |
| Cartón yeso                              | 950                              | 0,16                                  |
| Revestimiento vertical de tejas          | 1.900                            | 0,84                                  |
| Revoco                                   | 1.300                            | 0,57                                  |
| Piedra arenisca                          | 2.600                            | 2,3                                   |
| Llave metálica para aparejos de ladrillo | 7.900                            | 17                                    |
| <b>CUBIERTAS</b>                         |                                  |                                       |
| Losa de hormigón celular                 | 500                              | 0,16                                  |
| Asfalto                                  | 1.900                            | 0,6                                   |
| Fieltro bituminoso (tres capas)          | 1.700                            | 0,5                                   |
| Cartón alquitranado                      | 1.700                            | 0,5                                   |
| Gravilla                                 | 1.800                            | 0,96                                  |
| Teja (cerámica)                          | 2.000                            | 1                                     |
| “ (hormigón)                             | 2.100                            | 1,5                                   |
| Lana de madera (virutas delgadas)        | 500                              | 0,1                                   |



## Aislamiento térmico. Densidad y conductividad térmica (2)

### Valores característicos

| Material                              | Densidad<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Conductividad ( $\lambda$ )<br>(W/mK) |
|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>SUELOS</b>                         |                                  |                                       |
| Hormigón                              | 2.000                            | 1,33                                  |
| Tablero madera dura                   | 700                              | 0,18                                  |
| Tablero contrachapado o de partículas | 650                              | 0,14                                  |
| Chapado de mortero                    | 1.200                            | 0,41                                  |
| Tablero de madera blanda              | 500                              | 0,13                                  |
| Bandeja de acero                      | 7.800                            | 50                                    |
| <b> AISLAMIENTOS</b>                  |                                  |                                       |
| Placa de poliestireno expandido       | 20                               | 0,035                                 |
| Tablero de lana mineral               | 25                               | 0,038                                 |
| Manta de lana mineral                 | 12                               | 0,042                                 |
| Panel de espuma fenólica              | 30                               | 0,025                                 |
| Panel de poliuretano                  | 30                               | 0,025                                 |
| Espuma de formaldehído de urea        | 10                               | 0,04                                  |

#### NOTAS:

1. Para calcular los valores de U en las fachadas de fábrica de ladrillo, por lo general se desprecia el efecto del mortero, ya que las densidades y propiedades térmicas del ladrillo y del mortero son similares.

2. Si en la construcción de muros con cámara se usan llaves tipo mariposa, no es necesario hacer ningún ajuste en el cálculo, siempre que estén dispuestos a intervalos estándar. Si se usan llaves verticales retorcidas en cámaras muy anchas, al valor de K deberá sumarse 0,02 W/m<sup>2</sup>K.

3. La conductividad térmica ( $\lambda$ ) es la propiedad que nos indica la mayor o menor facilidad con la que un material determinado transmite el calor en unas condiciones específicas (W/m<sup>2</sup>K).

- Tablas y gráficos. Instrucciones de diseño de los fabricantes de aislamientos y artículos técnicos (paredes, cubiertas y plantas bajas).
- Usando el método del área proporcional (paredes y cubiertas).
- Usando el método combinado (paredes y cubiertas).

**Tablas y gráficos.** Se aplica este método cuando se requieren valores concretos de U y se utilizan formas de construcción corrientes. Existe una gama exhaustiva de tablas aplicables a suelos, paredes y cubiertas, con valores indicativos para ventanas, puertas y claraboyas. En esos valores se han tenido en cuenta las distintas transmisiones de calor debidas a los diferentes componentes de la construcción (p. ej., puentes térmicos). El ejemplo siguiente se aplica a un suelo macizo de planta baja, con un aislamiento embebido cuya conductividad es  $\lambda = 0,03 \text{ W/mK}$ .

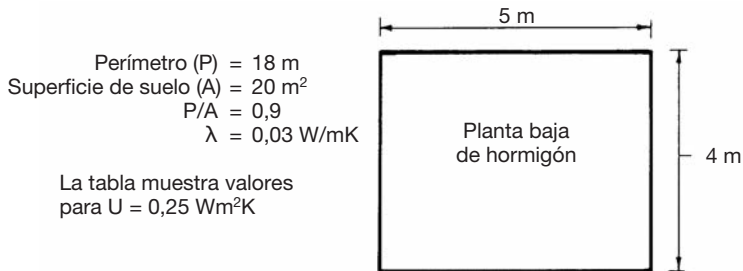


Tabla para aislamiento de suelos

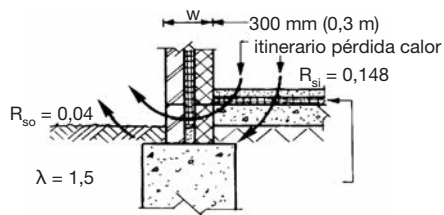
| P/A | 0,02 | 0,025 | 0,03 | 0,035 | 0,04 | 0,045 | W/mK           |
|-----|------|-------|------|-------|------|-------|----------------|
| 1   | 61   | 76    | 91   | 107   | 122  | 137   | mm aislamiento |
| 0,9 | 60   | 75    | 90   | 105   | 120  | 135   | -- --          |
| 0,8 | 58   | 73    | 88   | 102   | 117  | 132   | -- --          |
| 0,7 | 57   | 71    | 85   | 99    | 113  | 128   | -- --          |
| 0,6 | 54   | 68    | 82   | 95    | 109  | 122   | -- --          |
| 0,5 | 51   | 64    | 77   | 90    | 103  | 115   | -- --          |

Se requieren 9 cm de aislamiento

## Aislamiento térmico. Cálculo de valores de U (1)

El ejemplo siguiente se refiere a una losa maciza de hormigón en contacto directo con el terreno. Los datos utilizados proceden de la página anterior.

### Sección



Perímetro = 18 m (expuesta)  
 Superficie = 20 m<sup>2</sup>  
 $\lambda$  para un aislamiento de 9 cm de grosor  
 = 0,03 W/mK  
 Dimensión característica del suelo = B1  
 B1 = superficie ÷ (1/2 perímetro)

**Fórmula para calcular el grosor total equivalente de la losa para un suelo terminado sin aislamiento y con aislamiento:**

$$dt = w + \lambda (R_{si} + R_f + R_{so})$$

Donde:  $dt$  = grosor total equivalente de la losa (m)

$w$  = grosor del muro (m)

$\lambda$  = conductividad térmica del terreno (W/mK) [véase pág. 442]

$R_{si}$  = resistencia de la superficie interior [véase pág. 440]

$R_f$  = resistencia del aislamiento (0,09/0,03 = 3 m<sup>2</sup>K/W) [véase pág. 440]

$R_{so}$  = resistencia de la superficie exterior (m<sup>2</sup> K/W)

Sin aislamiento:  $dt = 0,3 + 1,5 (0,148 + 0 + 0,04) = 0,582$  m

Con aislamiento:  $dt = 0,3 + 1,5 (0,148 + 3 + 0,04) = 5,082$  m

**Fórmula para calcular valores de U:**

Suelo sin aislar o con escaso aislamiento,  $dt < B1$ :

$$U = (2 \lambda) / [(\pi B1) + dt] \times \ln [(\pi B1 \div dt) + 1]$$

Suelo bien aislado,  $dt \geq B1$ :

$$U = \lambda / [(0,457 \times B1) + dt],$$

donde:  $U$  = transmitancia térmica (W/m<sup>2</sup>K)

$\lambda$  = conductividad térmica del terreno (W/mK)

B1 = dimensión característica del suelo (m)

$dt$  = grosor total equivalente de la losa (m)

ln = logaritmo neperiano

Suelo sin aislar:

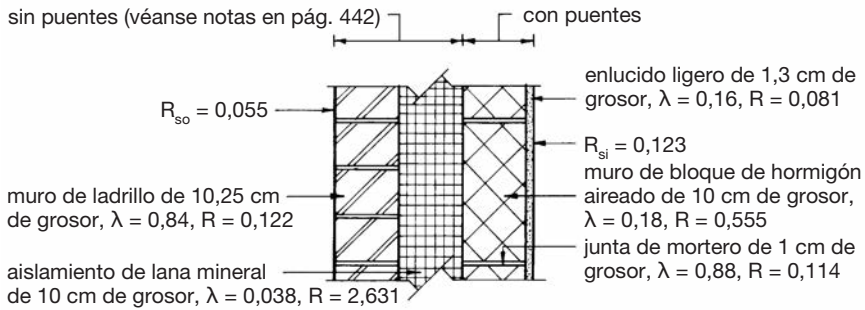
$$U = (2 \times 1,5) / [(3,142 \times 2,222) + 0,582] \times \ln [(3,142 \times 2,222) / 0,582 + 1]$$

$$U = 0,397 \times \ln 12,996 = 1,02 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Suelo aislado:

$$U = 1,5 / [(0,457 \times 2,222) + 5,082] = 1,5 / 6,097 = 0,246 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Compárese con la cifra de 0,25 W/m<sup>2</sup>K en la tabla de la página anterior.

**Método del área proporcional (muro)**

**MURO HUECO CON CÁMARA DE AIRE COMPLETAMENTE AISLADA**

Un bloque estándar con mortero mide  $450 \times 225 \text{ mm} = 101.250 \text{ mm}^2$   
 Formato de un bloque estándar de  $440 \times 215 \text{ mm} = 94.600 \text{ mm}^2$   
 Área de mortero por bloque  $= 6.650 \text{ mm}^2$   
 Área proporcional de mortero  $= (6.650/101.250) \times (100 \div 1) = 6,57 \% (0,066)$   
 Por tanto, el área proporcional de bloques  $= 93,43 \% (0,924)$

**Resistencias térmicas (R):**
**Hoja exterior + aislamiento (sin puentes)**

$R_{so} = 0,055$   
 ladrillo  $= 0,122$   
 aislamiento  $= 2,631$   
2,808  
 $\times 100 \% = 2,808$

**Hoja interior (sin puentes)**

bloques  $= 0,555$   
 enlucido  $= 0,081$   
 $R_{si} = 0,12$   
0,759  
 $\times 93,43 \% = 0,709$

**Hoja interior (con puentes)**

mortero  $= 0,114$   
 enlucido  $= 0,081$   
 $R_{si} = 0,123$   
0,318  
 $\times 6,57 \% = 0,021$

$$U = \frac{1}{(\Sigma R)} = \frac{1}{(2,808 + 0,709 + 0,021)} = 0,283 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### Método combinado (muro)

En este método se consideran los límites de resistencia térmica (R) superior e inferior de un elemento constructivo. El recíproco del promedio de esos valores es el valor de U.

$$\text{Fórmula de las resistencias superior e inferior} = \frac{1}{\Sigma(F_x \div R_x)}$$

Donde:  $F_x$  = área parcial de una sección

$R_x$  = resistencia térmica total de una sección

Utilizando el ejemplo del muro de la página anterior:

Límite superior de resistencia (R) a través de la sección que contiene los bloques:  
 $(R_{so}, 0,055) + (\text{ladrillo}, 0,122) + (\text{aislamiento}, 2,631) + (\text{bloque}, 0,555) + (\text{enlucido}, 0,081) + (R_{si}, 0,123) = 3,567 \text{ m}^2 \text{ K/W}$

Área parcial de la sección (F) = 93,43 % o 0,934

Límite superior de la resistencia (R) a través de la sección que contiene el mortero:  
 $= (R_{so}, 0,055) + (\text{ladrillo}, 0,122) + (\text{aislamiento}, 2,631) + (\text{mortero}, 0,114) + (\text{enlucido}, 0,081) + (R_{si}, 0,123) = 3,126 \text{ m}^2 \text{ K/W}$

Área parcial de la sección (F) = 6,57 % o 0,066

Límite superior de la resistencia:

$$\frac{1}{\Sigma(0,943 \div 3,567) + (0,066/3,126)} = 3,533 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

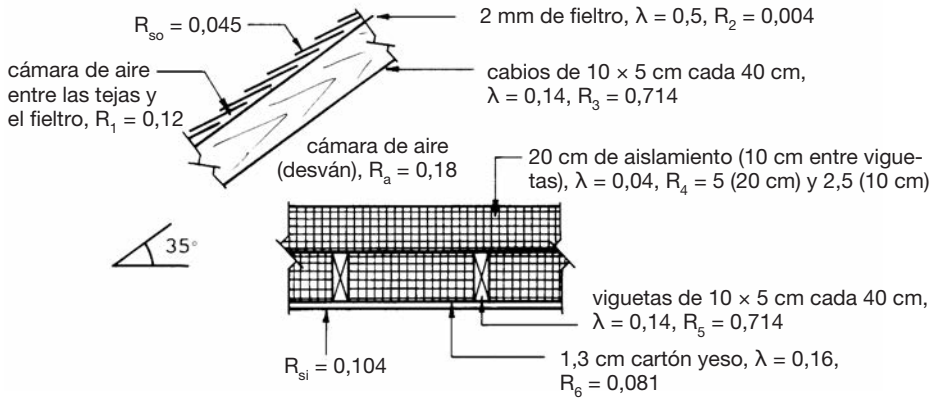
El límite inferior de la resistencia (R) se obtiene sumando las resistencias de todas las capas:

$$(R_{so}, 0,055) + (\text{ladrillo}, 0,122) + (\text{aislamiento}, 2,631) + [\text{capa con puente}, 1 \div (0,934/0,555) + (0,066/0,114) = 0,442] + (\text{enlucido}, 0,081) + (R_{si}, 0,123) = 3,454 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

La resistencia total (R) del muro es la media de los límites superior e inferior  
 $= (3,533 + 3,454) \div 2 = 3,493 \text{ m}^2 \text{ K/W}$

$$\text{Valor de U} = \frac{1}{R} = \frac{1}{3,493} = 0,286 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

NOTA: en los cálculos del valor de U, ya sea por el método del área proporcional, ya por el combinado, es preciso sumar 0,02 W/m<sup>2</sup>K al valor obtenido de U. Ello es debido a la presencia de tirantes verticales retorcidos de hierro galvanizado en el caso de cámaras anchas. Véanse la pág. 312 y la nota 2 de la pág. 442.

**Método del área proporcional (cubierta)**

**NOTAS:**

1. La cámara en el desván se divide entre los componentes de la cubierta inclinada y el forjado, es decir,  $R_a = 0,18/2 = 0,09 \text{ m}^2\text{K/W}$ .
2. El valor de U se ha calculado en perpendicular al aislamiento, por lo cual la componente inclinada de la resistencia se ha ajustado multiplicando por el coseno de la pendiente, es decir, 0,819.
3. El área proporcional de partes con puente (cabios y viguetas) equivale a  $50/400 = 0,125$  o 12,5 %.
4. Con un valor de la resistencia de la cámara de aire entre tejas y fieltro ( $R_1$ ) de  $0,12 \text{ m}^2\text{K/W}$ , la resistencia de la teja puede despreciarse.

**Resistencia térmica (R) del componente inclinado:**
**Parte con cabios**

$$R_{so} = 0,045$$

$$R_1 = 0,12$$

$$R_2 = 0,004$$

$$R_3 = 0,714$$

$$R_a = 0,09$$

$$0,973 \times 12,5 \% = 0,122$$

**Parte sin cabios**

$$R_{so} = 0,045$$

$$R_1 = 0,12$$

$$R_2 = 0,004$$

$$R_a = 0,09$$

$$0,259 \times 87,5 \% = 0,227$$

**Resistencia térmica total de los componentes inclinados =**

$$(0,122 + 0,227) \times 0,819 = 0,286 \text{ m}^2\text{K/W}$$

**Resistencia total (R) del componente de techo:**
**Parte con viguetas**

$$R_{si} = 0,104$$

$$R_6 = 0,081$$

$$R_5 = 0,714$$

$$R_4 = 2,5 \text{ (10 cm)}$$

$$R_a = 0,09$$

$$3,489 \times 12,5 \% = 0,436$$

**Parte sin viguetas**

$$R_{si} = 0,104$$

$$R_6 = 0,081$$

$$R_4 = 5 \text{ (20 cm)}$$

$$R_a = 0,09$$

$$5,275 \times 87,5 \% = 4,615$$

**Resistencia total de los componentes de techo =**

$$= 0,436 + 4,615 =$$

$$= 5,051 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Valor de } U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{(0,286 + 5,051)} = 0,187 \text{ W/m}^2$$

**Edificios residenciales (para Inglaterra y Gales):**

| Elemento constructivo                               | Media ponderada superficial de U (W/m²K) | Valor límite de U para cada componente |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|
| Cubierta                                            | 0,25                                     | 0,35                                   |
| Muro                                                | 0,35                                     | 0,7                                    |
| Suelo                                               | 0,25                                     | 0,7                                    |
| Ventanas, puertas, claraboyas, y ventanas de tejado | 2,2                                      | 3,3                                    |

La media ponderada superficial de U de un elemento constructivo depende de los valores individuales de U para todos los componentes y de la superficie que ocupan dentro del elemento. Por ejemplo, la zona de muro que contiene un armario de contadores empotrado tiene menor resistencia térmica que el resto del muro (máximo valor de U en la zona del armario: 0,45).

| Elemento constructivo                               | Valores meta de U (W/m²K)         |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Cubierta inclinada (aislamiento entre cabios)       | 0,15                              |
| Cubierta inclinada (aislamiento entre viguetas)     | 0,15                              |
| Cubierta plana                                      | 0,15                              |
| Muro                                                | 0,28                              |
| Suelo                                               | 0,2                               |
| Ventanas, puertas, claraboyas, y ventanas de tejado | 1,8 (media ponderada superficial) |

NOTA: las superficies máximas de ventanas, puertas, claraboyas y ventanas de cubierta no están definidas específicamente.

Una alternativa al valor medio ponderado superficial de U para ventanas, etc., podría ser adoptar una calificación energética para las ventanas no menor de -30 (véase pág. 450).

Fuentes de energía: calefacción central con caldera a gas o gasóleo y una eficiencia mínima SEDBUK del 86 % (calificaciones energéticas A o B; A a partir de octubre de 2010). Hay circunstancias transitorias y excepcionales en que se admiten calderas de inferior calificación energética. En tales casos, la construcción de la envolvente del edificio debe compensarse con valores de transmitancia energética U muy bajos.

SEDBUK = Seasonal Efficiency of a Domestic Boiler [eficiencia temporal de una caldera doméstica] en Reino Unido. Esos valores están definidos en la normativa británica sobre la calificación energética de las viviendas.

NOTA: SEDBUK      clase A = eficiencia > 90 %  
                          clase B = eficiencia 86-90 %  
                          clase C = eficiencia 82-86 %  
                          clase D = eficiencia 78-82 %





**Sistema europeo de calificación energética de las ventanas:** es una alternativa a los valores de U para medir la eficiencia térmica de las ventanas. Los valores de U forman parte de la valoración, además de factores tales como las ganancias de calor solar y las fugas de aire por las rendijas. En Reino Unido, el organismo promotor de los ensayos y el etiquetado de eficiencia energética de los productos de los fabricantes de ventanas es el British Fenestration Rating Council [Consejo británico de calificación de las ventanas]. El sistema utiliza un ordenador para simular el movimiento de la energía a lo largo de un año a través de una ventana normalizada de  $1,48 \times 1,23$  m, que tiene un parteluz central y una hoja móvil a un lado.

Los datos se expresan en una escala que va de la A a la G, en unidades de kWh/m<sup>2</sup>/año.

A > cero  
B de -10 a 0  
C de -20 a -10  
D de -30 a -20  
E de -50 a -30  
F de -70 a -50  
G < -70

La calificación se obtiene de la fórmula =  
( $218,6 \times \text{valor de g}$ ) - 68,5 (valor de U  $\times$  valor de L),  
Donde valor de g = factor que mide la efectividad  
del conjunto de calor solar expresada entre 0 y 1.  
A modo de comparación:

0,48 (sin cortinas)  
0,43 (cortinas abiertas)  
0,17 (cortinas cerradas)

Valor de U = transmitancia media  
ponderada  
Valor de L = factor de filtraciones  
de aire

De la etiqueta que se muestra a mano  
derecha:

Calificación = ( $218,6 \times 0,5$ ) - 68,5 (1,8 + 0,1)  
= 109,3 - 130,15  
= -20,85, y redondeando, -21

Para la calificación energética de las viviendas, el *Standard Assessment Procedure* (SAP), del Departamento Británico de Energía y Cambio Climático facilita un medio para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> en kg o t por año. El método del índice de carbono permite obtener un factor de carbono (CF) según la superficie de techo de la vivienda:

$$CF = CO_2 / (\text{superficie total} + 45)$$

$$\text{El índice de carbono (CI)} = 17,7 - (9 \log CF)$$

Nota: log = logaritmo decimal

Ejemplo: una vivienda 125 m<sup>2</sup> de superficie total, con unas emisiones de CO<sub>2</sub> de 2.000 kg/año.

$$CF = 2.000 / (125 + 45) = 11,76$$

$$CI = 17,7 - (9 \log 11,76) = 8,06$$

El índice de carbono (CI) se expresa en una escala que va de 0 a 10. Cuanto más alto sea el número, mejor. Cada vivienda nueva debe tener un CI de al menos 8.

Las ordenanzas británicas de la edificación consideran la calificación de emisiones de carbono de la vivienda (DER) como otro medio de estimar las descargas de carbono. La DER se compara por cálculo con una calificación de emisiones de carbono límite (TER), basada en datos empíricos según tipo de iluminación, superficie de techo, forma del edificio y clase de combustible.

La DER se obtiene primordialmente por evaluación de la emisión potencial de CO<sub>2</sub> de una vivienda en relación con el consumo de combustible (directa o indirectamente) para agua caliente, calefacción, iluminación, refrigeración (si la hubiere), ventiladores y bombas.

$$DER \leq TER$$

Se estima que los edificios producen alrededor de la mitad de las emisiones de carbono de Reino Unido. Por tanto, este es un campo donde existen importantes posibilidades de ahorro de energía y reducción de contaminación atmosférica.

En edificios nuevos y en aquellos sometidos a alteraciones, el objetivo es optimizar el uso de combustible y energía eléctrica para minimizar la emisión a la atmósfera de CO<sub>2</sub> y otros gases procedentes de la combustión. Esto es aplicable principalmente a las instalaciones de agua caliente, calefacción, iluminación, ventilación y aire acondicionado. Las tuberías, conducciones, depósitos de almacenamiento y otros equipos consumidores de energía deben ser aislados para limitar las pérdidas de calor. La fábrica o envolvente externa de un edificio debe construirse con la idea de limitar las pérdidas caloríficas a través de la estructura y regular las ganancias solares.

En el *Approved Document L2* de las ordenanzas británicas de la edificación se establece una serie de objetivos en relación con la consecución de un nivel de emisión de carbono satisfactorio. Dentro del propio documento, se pueden establecer numerosas referencias cruzadas, lo que proporciona un grado significativo de flexibilidad de diseño para conseguir los objetivos.

La eficiencia energética de los edificios no residenciales se determina aplicando una serie de procesos a un edificio imaginario del mismo tamaño y forma que el edificio propuesto. Los niveles de exigencia utilizados para el edificio imaginario son similares a los de la edición de 2002 del *Approved Document L2*. Por tanto, cabe considerar el edificio propuesto o real como una mejora significativa en lo que se refiere a reducción de las emisiones de carbono por el cálculo. Pueden conseguirse mejoras de muy diversos modos:

- Limitar la superficie o el número de claraboyas, ventanas y otras aberturas.
- Mejorar los valores de la transmitancia calorífica U de la envolvente externa. Los valores límite de U se muestran en la página siguiente.
- Mejorar la hermeticidad del edificio respecto al menor valor aceptable de la permeabilidad al aire de la envolvente exterior, considerado como de 10 m<sup>3</sup>/hora/m<sup>2</sup> a 50 pascales de presión.
- Mejorar la eficiencia del sistema de calefacción, mediante la instalación de controles termostáticos, controles de zona, controles de tiempos óptimos, etc. Aislar completamente las tuberías y maquinaria.
- Utilizar aparatos de iluminación de alta eficiencia, bombillas de bajo consumo, controles automáticos, equipos de bajo voltaje, etc.
- Aplicar sistemas de recuperación de calor a los sistemas de ventilación y aire acondicionado. Aislar las conducciones.
- Instalar un sistema de gestión de energía para controlar y regular el uso de la maquinaria de calefacción y aire acondicionado.
- Limitar el sobrecalentamiento del edificio mediante controles solares y sistemas de acristalamiento adecuados.
- Asegurarse de que la calidad de la construcción proporcione continuidad al aislamiento de la envolvente exterior.
- Establecer un plan de control y mantenimiento de los equipos. Crear un “diario de a bordo” para documentar todas las reparaciones, sustituciones e inspecciones rutinarias.

**Edificios no residenciales (en Inglaterra y Gales):**

| Elemento constructivo                                | Media ponderada superficial de U ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) | Valor límite de U para cada componente |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Cubierta                                             | 0,25                                                        | 0,35                                   |
| Muro                                                 | 0,35                                                        | 0,7                                    |
| Suelo                                                | 0,25                                                        | 0,7                                    |
| Ventanas, puertas, claraboyas y ventanas de cubierta | 2,2                                                         | 3,3                                    |
| Entradas muy transitadas y ventiladores de techo     | 6                                                           | 6                                      |
| Puertas de acceso grandes y de vehículos             | 1,5                                                         | 4                                      |

**NOTAS:**

- Los escaparates se estudian aparte.
- Tomar los valores más desfavorables de la transmitancia dentro de lo aceptable proporciona cierta flexibilidad al cálculo, permitiendo hacer un “trueque” con otros rasgos térmicamente beneficiosos, como los sistemas de recuperación de energía.
- Para establecer los niveles mínimos aceptables de U, debe tenerse en cuenta el riesgo de condensación.
- El concepto de valor medio ponderado superficial se explica en la pág. 415.
- Normalmente se parte de la base de que los distintos elementos tienen un aislamiento mucho mejor que los valores límite de U. Se pueden aplicar los mismos valores meta, u objetivo, que para las viviendas.

**Requisitos constructivos adicionales:**

**Continuidad del aislamiento:** este requisito rige para una envolvente exterior perfectamente aislada, sin resquicios que permitan infiltraciones de aire. Normalmente, los puntos vulnerables se encuentran en las uniones entre elementos de construcción (p. ej., muros y cubierta, y en torno a las aberturas, como mochetas de puertas y ventanas). El cumplimiento de la normativa de aislamiento térmico puede acreditarse a través de un informe elaborado por un especialista competente para su aprobación por el departamento municipal de control de la edificación. Dicho informe debe indicar que:

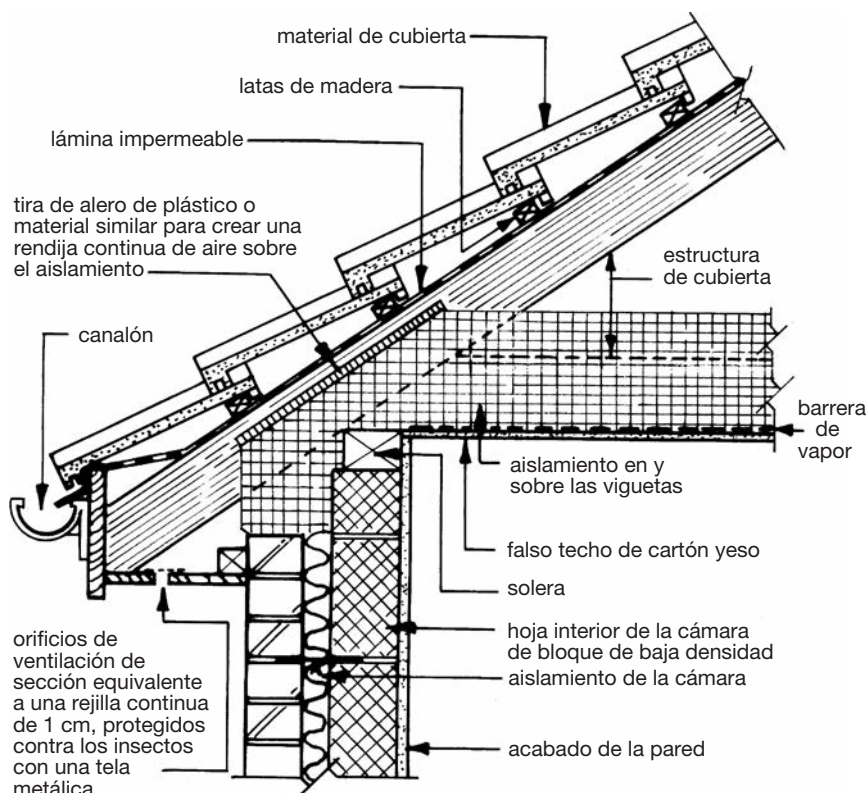
- el proyecto y la construcción tienen un nivel aceptable de cumplimiento de la normativa, o
- que un estudio termográfico muestra la continuidad del aislamiento de la envolvente exterior, algo esencial cuando resulta imposible inspeccionar totalmente el desarrollo de la obra.

**Hermeticidad:** requiere que no haya infiltraciones de aire a través de los intersticios del edificio y en los encuentros de elementos constructivos. Se puede comprobar la permeabilidad al aire utilizando ventiladores portátiles de capacidad adecuada al volumen del edificio. El uso de cápsulas de humo, junto a la presionización del aire, proporciona una indicación visual de los recorridos de las filtraciones de aire.

## Aislamiento térmico. Desvanes en viviendas

**Aislamiento térmico:** en el interior de las cubiertas de las viviendas británicas es obligatorio disponer aislamiento térmico, con vistas a la creación de un ambiente interior confortable, reducir el riesgo de condensaciones y economizar combustible.

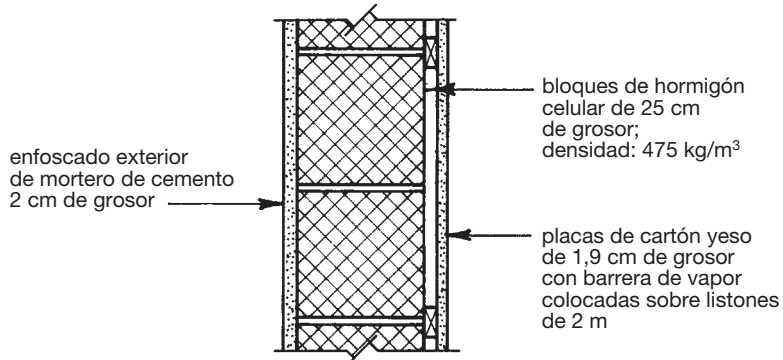
Para satisfacer esos objetivos, el aislamiento puede disponerse entre y sobre las vigas del techo, creando una *cubierta fría* como la que se muestra en el dibujo inferior. Alternativamente, el aislamiento puede colocarse por encima de los cabios, como se muestra en la pág. 407, creándose una *cubierta caliente*. Así, el volumen comprendido en la estructura de la cubierta puede utilizarse como espacio habitable.



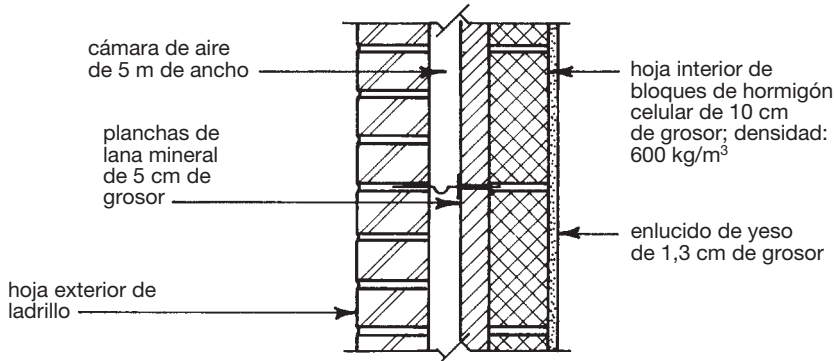
NOTA: todas las conducciones del desván deben ser aisladas convenientemente en previsión de heladas. Por idéntico motivo, también deben aislarse las paredes y la tapa de las cisternas de agua.

**Aislamiento térmico de las paredes:** los métodos usuales de aislamiento de paredes requieren un estudio cuidadoso del detalle y la ejecución de la pared, el material aislante y los acabados.

### Ejemplos tipo

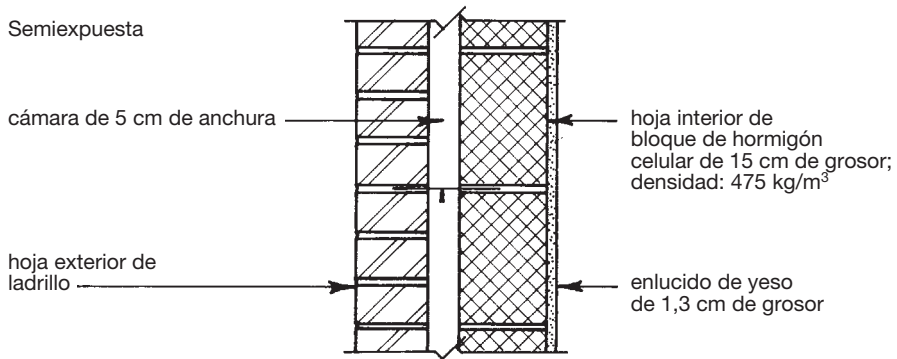


PARED DE BLOQUE MACIZO ( $U = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ )



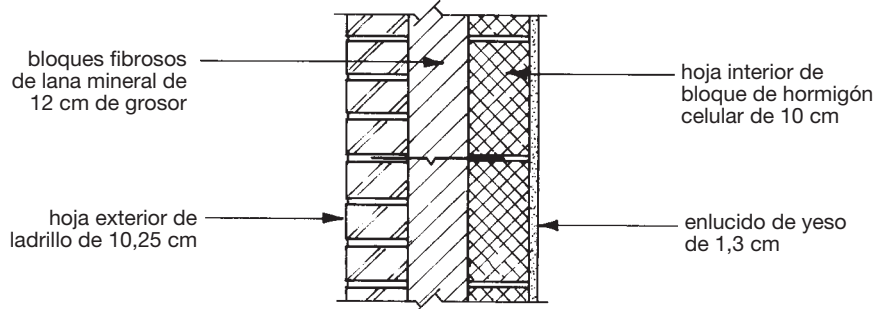
PARED CON CÁMARA AISLADA CON PLANCHAS DE LANA MINERAL ( $U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

### Semiexpuesta



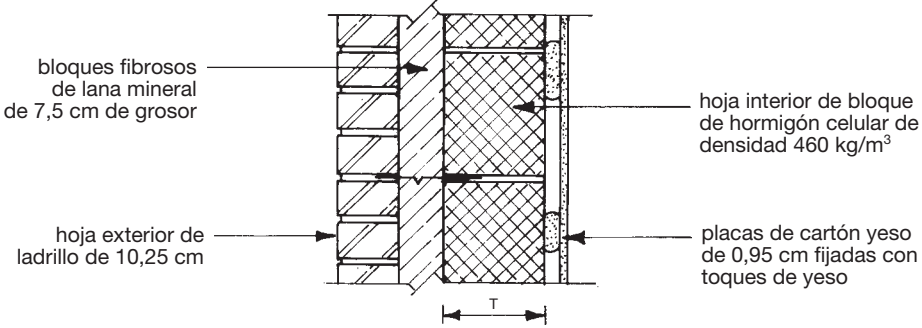
PARED TRADICIONAL CON CÁMARA DE AIRE ( $U = 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Ejemplos tipo de práctica constructiva contemporánea que consigue una transmitancia térmica U inferior a 0,3 W/m²K



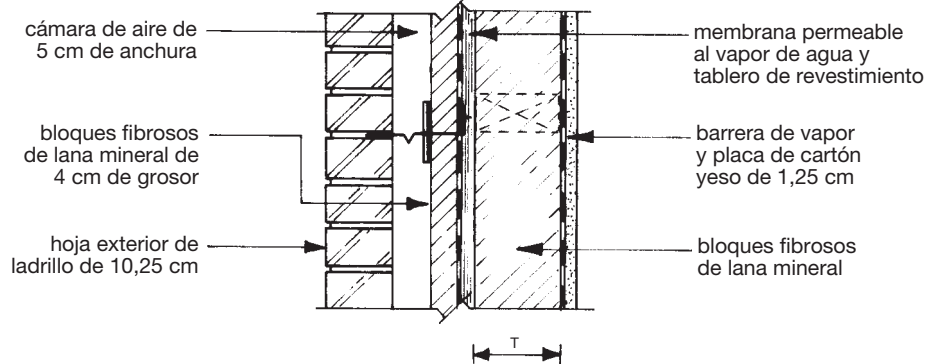
MURO CON CÁMARA DE AIRE RELLENA DE AISLANTE

Densidad del bloque 750 kg/m³; U = 0,25 W/m²K  
Densidad del bloque 600 kg/m³; U = 0,24 W/m²K  
Densidad del bloque 475 kg/m³; U = 0,23 W/m²K



MURO CON CÁMARA DE AIRE RELLENA DE AISLANTE,

T = 12,5 cm; U = 0,28 W/m²K  
T = 15 cm; U = 0,26 W/m²K  
T = 20 cm; U = 0,24 W/m²K



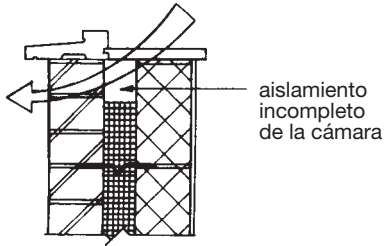
MURO DE ENTRAMADO DE MADERA CON CÁMARA SEMIRRELLENA DE AISLANTE

T = 10 cm; U = 0,26 W/m²K  
T = 12 cm; U = 0,24 W/m²K  
T = 14 cm; U = 0,21 W/m²K

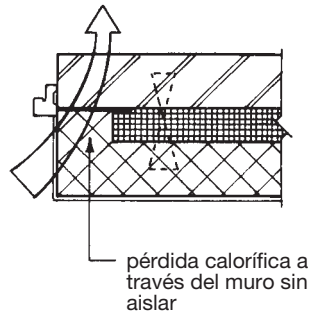
NOTA: los bloques fibrosos de lana mineral tienen un coeficiente de conductividad térmica ( $\lambda$ ) de 0,038 W/mK.

**Puente térmico:** pérdida de calor y posible condensación producidas principalmente alrededor de las ventanas y puertas, y en la unión entre el forjado de la planta baja y la fachada. Otras veces se originan puentes térmicos cuando una construcción uniforme se ve interrumpida por elementos inadecuados constructivamente, p. ej., ladrillos para robustecer las jambas de una abertura, uniendo las dos hojas de albañilería sin interposición de un material aislante (véase la segunda figura). Esta práctica sigue siendo bastante común pese a estar contraindicada por las normas de aislamiento térmico.

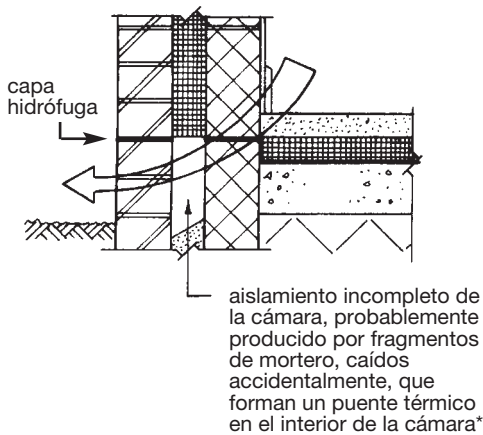
### Princip



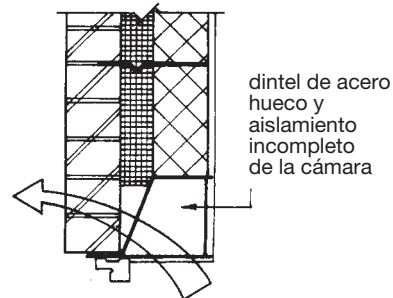
ALFÉIZAR DE VENTANA



JAMBA DE VENTANA/PUERTA



SUELO Y FACHADA DE PLANTA BAJA



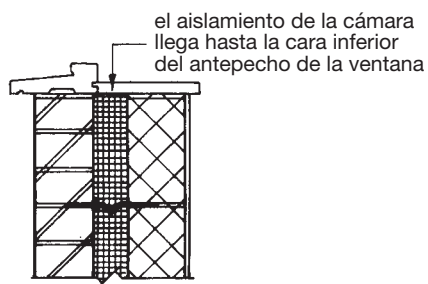
CABEZAL DE VENTANA/PUERTA

\* La cámara debe prolongarse al menos 22,5 cm por debajo de la capa hidrófuga más baja.

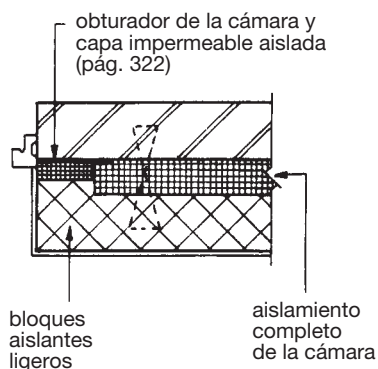


Como se muestra en la página anterior, para evitar la formación de puentes térmicos es preciso asegurar la continuidad del aislamiento. Aun así, es casi imposible evitar algún tipo de discontinuidad en la envolvente del edificio, especialmente en aquellos puntos donde se produce una transición en el modelo constructivo. Por ejemplo, las puertas y las ventanas arrojan unos valores de  $U$  significativamente más elevados que los del resto de la construcción. En esas situaciones, el riesgo de pérdidas caloríficas y condensaciones puede regularse limitando en lo posible esas zonas, compensando así esos valores tan elevados de  $U$  con una gran mayoría de zonas de transmitancia muy baja.

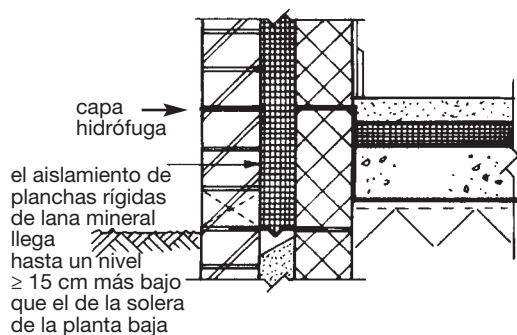
Para limitar al máximo las pérdidas caloríficas, en torno a las aberturas y en la planta baja deben adoptarse las siguientes precauciones constructivas:



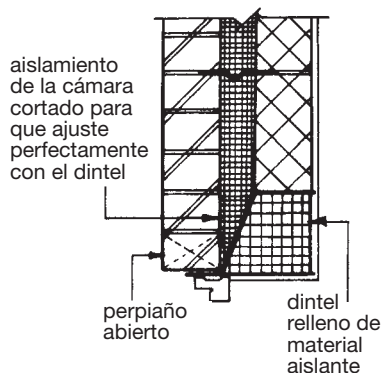
ALFÉIZAR DE VENTANA



JAMBA DE VENTANA/PUERTA

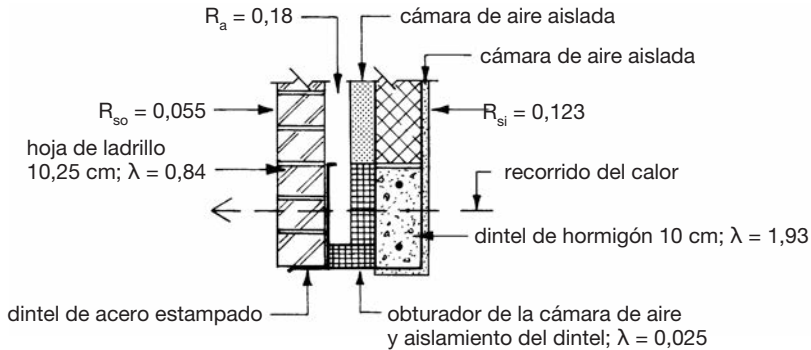


SUELO/MURO DE PLANTA BAJA



CABEZAL DE VENTANA/PUERTA

La posibilidad de que se produzca un puente térmico en un punto puede ser evaluada mediante el cálculo. A la inversa, el cálculo puede utilizarse para determinar la cantidad de aislamiento requerida para evitar un puente térmico. El dintel compuesto que se muestra en la figura de abajo puede servir de ejemplo:



Componentes del muro, excepto aislamiento (el acero en el dintel es despreciable):

|                                    |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|
| Hoja exterior de ladrillo 10,25 cm | $\lambda = 0,84 \text{ W/mK}$ |
| Dintel de hormigón 10 cm           | $\lambda = 1,93 \text{ W/mK}$ |
| Enlucido de yeso 1,3 cm            | $\lambda = 0,16 \text{ W/mK}$ |

Resistencias de los componentes de arriba:

|                    |                                             |
|--------------------|---------------------------------------------|
| Ladrillo           | $0,1025/0,84 = 0,122 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Dintel de hormigón | $0,1/1,93 = 0,052 \text{ m}^2\text{K/W}$    |
| Enlucido de yeso   | $0,013/0,16 = 0,081 \text{ m}^2\text{K/W}$  |

Resistencias de las superficies:

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| Interna ( $R_{si}$ ) | $= 0,123$ |
| Cámara ( $R_a$ )     | $= 0,18$  |
| Externa ( $R_{so}$ ) | $= 0,055$ |
| Suma de resistencias | $= 0,613$ |

Para conseguir un valor de U, por ejemplo, de  $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ , se precisa una resistencia total  $= 1/0,27 = 3,703 \text{ m}^2\text{K/W}$

Se requiere que el aislamiento en la cámara en la posición del dintel tenga una resistencia de  $3,703 - 0,613 = 3,09 \text{ m}^2\text{K/W}$

Utilizando un aislamiento de uretano con una conductividad térmica ( $\lambda$ ) de  $0,025 \text{ W/mK}$ ,  $0,025 \times 3,09 = 0,077$  o  $7,7 \text{ cm}$  de grosor mínimo.

Si el obturador de la cámara tiene la misma conductividad térmica, entonces:

Suma de resistencias  $= 0,613 - 0,18$  ( $R_a$ )  $= 0,433 \text{ m}^2\text{K/W}$

Resistencia total requerida  $= 3,703 \text{ m}^2\text{K/W}$ , por lo tanto se requiere que el obturador de la cámara tenga una resistencia:  $3,703 - 0,433 = 3,27 \text{ m}^2\text{K/W}$

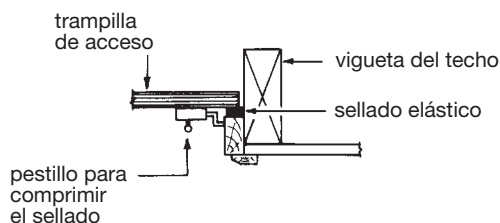
Grosor mínimo del obturador de la cámara  $= 0,025 \text{ W/mK} \times 3,27 \text{ m}^2\text{K/W} = 0,082 \text{ m}$  o  $8,2 \text{ cm}$ .

En la práctica, la anchura de la cámara y del aislamiento del dintel serían  $> 82 \text{ mm}$ .

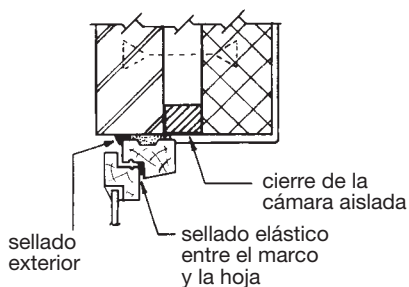
NOTA: los datos de valores de resistencias y de conductividades ( $\lambda$ ) se han extraído de las págs. 440 a 442.

**Infiltración de aire:** los costes de calefacción se incrementan notablemente si entra frío por las juntas y rendijas, debido a falta de continuidad de la envolvente del edificio. Además, la energía calorífica se escapa a través de las discontinuidades estructurales, por lo que es aconsejable adoptar las siguientes precauciones:

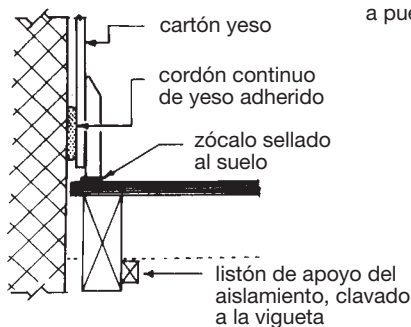
1. Trampilla de acceso al desván.
2. Servicios que atraviesan la estructura.
3. Componentes del sistema de apertura de ventanas, puertas y claraboyas.
4. Huecos entre componentes de construcción seca y los muros de fábrica.



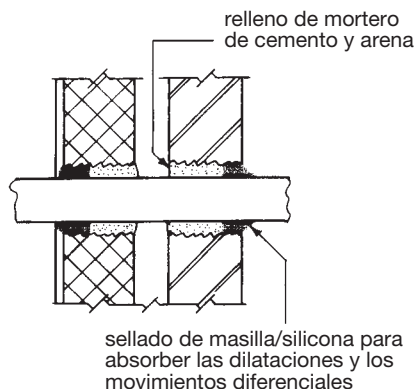
TRAMPILLA DE ACCESO AL DESVÁN (sección)



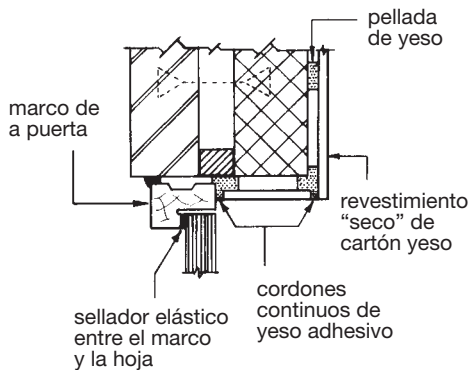
VENTANA (sección horizontal por la jamba)



REVESTIMIENTO EN SECO (pavimento flotante y jamba de puerta)



PASO DE INSTALACIONES (sección vertical)

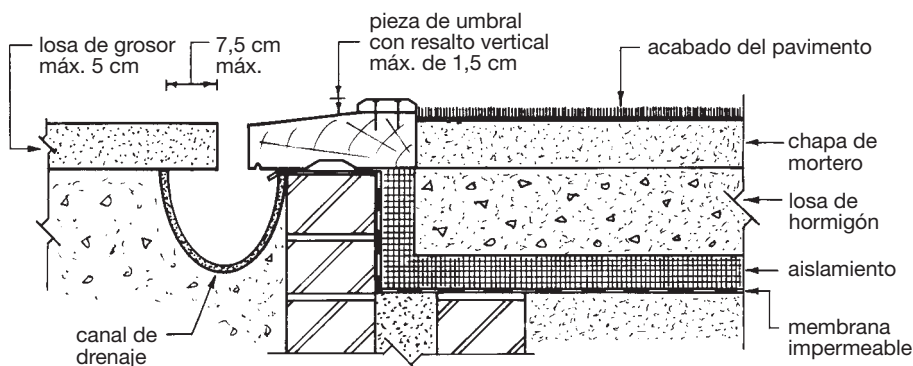


Véase detalle de umbral de puerta en pág. 337.

En los últimos años, la sociedad y las administraciones públicas han ido tomando conciencia del grave problema que suponen las barreras arquitectónicas para las personas con discapacidad. En España, además de las previsiones que normalmente suelen contener las ordenanzas municipales de la edificación y viarias, la mayor parte de las comunidades autónomas también ha redactado y aprobado sus leyes y reglamentos respecto a la accesibilidad y la supresión de barreras arquitectónicas, de obligado cumplimiento en sus circunscripciones. Por esta razón, aquí solo se van a exponer unos cuantos conceptos generales, y se recomienda encarecidamente al proyectista que, ya desde las primeras fases del proyecto, consulte la normativa correspondiente al lugar donde vaya a emplazarse su proyecto.

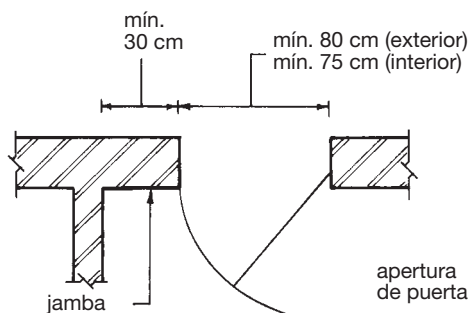
### Normas generales:

- El recorrido de acceso al edificio, o el que une el aparcamiento con la entrada al mismo, debe tener un firme duro, antideslizante y sin resaltos, con una anchura mínima de 90 cm. Es admisible una rampa suave, con una pendiente longitudinal de hasta el 5 % y transversal de hasta el 2,5 %. También sería admisible una rampa de pendiente algo mayor o incluso una escalera cómoda (de características reguladas por reglamentos en función de su longitud).
- En la entrada principal debe disponerse un umbral accesible para sillas de ruedas (véase detalle gráfico en esta página).
- Puerta de entrada: anchura libre mín. 77,5 cm.
- Pasillos, corredores y puertas interiores de anchura adecuada a la circulación en silla de ruedas. Anchura mín. 75 cm.
- Escaleras: anchura libre de paso mín. de 90 cm, con barandillas a ambos lados. La legislación específica establece reglamentariamente otras exigencias, como pendiente máxima, limitaciones a las medidas de huella y contrahuella, tramos máximos sin descansillo, etc.
- Fácil acceso a interruptores de luz, tomas de corriente y teléfono, los cuales deberán situarse a un nivel del suelo comprendido entre 45 y 120 cm.
- Dotación de un aseo de uso público (inodoro y lavamanos) en el nivel de entrada o en el primer piso habitable. La puerta abrirá hacia el exterior. Deberá existir un espacio libre mín. de 75 cm frente al inodoro y de 50 cm a ambos lados de su eje.
- En los bloques de viviendas con obligación legal de disponer de ascensor, se adoptarán precauciones especiales para permitir el acceso sin barreras a los distintos pisos.



Normas generales:

- El recorrido de acceso al edificio, o el que une el aparcamiento con la entrada al mismo, debe tener un firme duro, antideslizante y sin resaltos, con una pendiente longitudinal máxima de hasta el 5 % y una zona libre de acceso al coche de mín. 1,2 m. También sería admisible una rampa de pendiente algo mayor o incluso una escalera cómoda, cuyas características se adaptarán a la reglamentación existente en función de su longitud.
- El recorrido de acceso debe incluir avisos táctiles (p. ej., pavimentos especiales de distinta rugosidad o con leves resaltos superficiales) en una anchura mín. de 1,2 m, con objeto de alertar a las personas con visión reducida. Para facilitar el paso de sillas de ruedas se utilizarán bordillos deprimidos.
- En los cambios de nivel se dispondrán barandillas (tal como requiere la reglamentación).
- Deberán disponerse protecciones o avisos en las cercanías de objetos salientes u obstáculos; p. ej., pavimentos táctiles alrededor de la zona de abertura de una ventana.
- Las entradas deberán proyectarse con espacio suficiente para la maniobrabilidad de las sillas de ruedas.
- Las puertas interiores deben tener un ancho de paso mínimo de 75 cm. Junto a la jamba de apertura de la puerta debe quedar un espacio libre mínimo de 30 cm. Mirillas acristaladas como en el punto anterior.



Anchura mínima de paso: 80 cm. Junto a la jamba de apertura de la puerta debe quedar un espacio mínimo de 30 cm (véase dibujo). La puerta debe disponer de una mirilla acristalada para permitir la visión a, como mínimo, entre 50 y 150 cm del suelo. El vestíbulo de entrada debe tener espacio suficiente para que un usuario de silla de ruedas pueda dejar despejado el paso a una puerta antes de abrir la siguiente.

- Pasillos y corredores, anchura mínima sin obstrucciones: 1,2 m. Vestíbulos interiores, como los descritos en la página anterior para vestíbulos de entrada.
- Dimensiones y capacidades de ascensores, según el tamaño del edificio.
- Escaleras: anchura mínima 1 m, con los bordes de los peldaños claramente distinguibles. Longitud máxima de un tramo: 12 escalones en escaleras exteriores y 16 en escaleras interiores. Para longitudes mayores, deberán intercalarse descansillos. En los descansillos se dejará un espacio libre mínimo de 1,2 m ante la zona de barrido de cualquier puerta. Si existe un itinerario alternativo practicable para las personas con movilidad reducida (rampa o ascensor), la contrahuella o tabica máxima (uniforme en todo el tramo) será de 18,5 cm, y la huella mínima (uniforme en todo el tramo) de 27 cm. En caso contrario, estas medidas deberán ser  $\leq 16$  y  $\geq 30$  cm, respectivamente. No se admiten contrahuellas abiertas. Se dispondrán barandillas a ambos lados de la escalera.
- Los servicios higiénicos de uso público deberán disponer al menos de un aseo (con inodoro y lavabo) accesible para usuarios de silla de ruedas. En ningún caso se admitirá que un usuario de silla de ruedas esté obligado a recorrer más de una planta para llegar a ellos. El baño puede ser unisex, generalmente la preferible, o integral, con aparatos sanitarios específicos para cada sexo. La normativa establece las dimensiones mínimas y el resto de características de los servicios higiénicos.



## 6. SUPERESTRUCTURA - 2



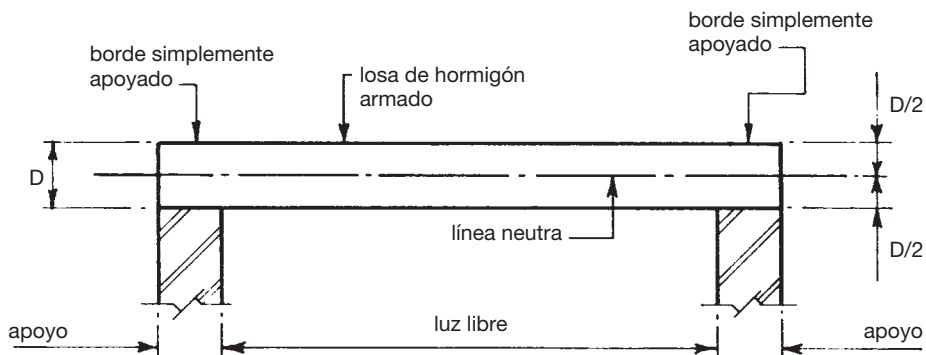
LOSAS DE HORMIGÓN ARMADO  
ESTRUCTURAS RETICULARES DE HORMIGÓN ARMADO  
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL  
ENCOFRADOS  
ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN PREFABRICADO  
HORMIGÓN PRETENSADO  
ESTRUCTURAS DE ACERO. PERFILES NORMALIZADOS  
ESTRUCTURAS DE ACERO. NUDOS  
ESTRUCTURAS DE ACERO. PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO  
VIGAS DE MADERA COMPUESTAS  
CUBIERTAS DE PLANCHA  
CUBIERTAS LAMINARES  
CLARABOYAS  
MEMBRANAS DE CUBIERTA  
REVESTIMIENTO DE FACHADAS CON DOBLE PIEL  
VIDRIO ESTRUCTURAL Y MUROS CORTINA  
PANELES DE HORMIGÓN  
DEFECTOS Y ACABADOS SUPERFICIALES DEL HORMIGÓN



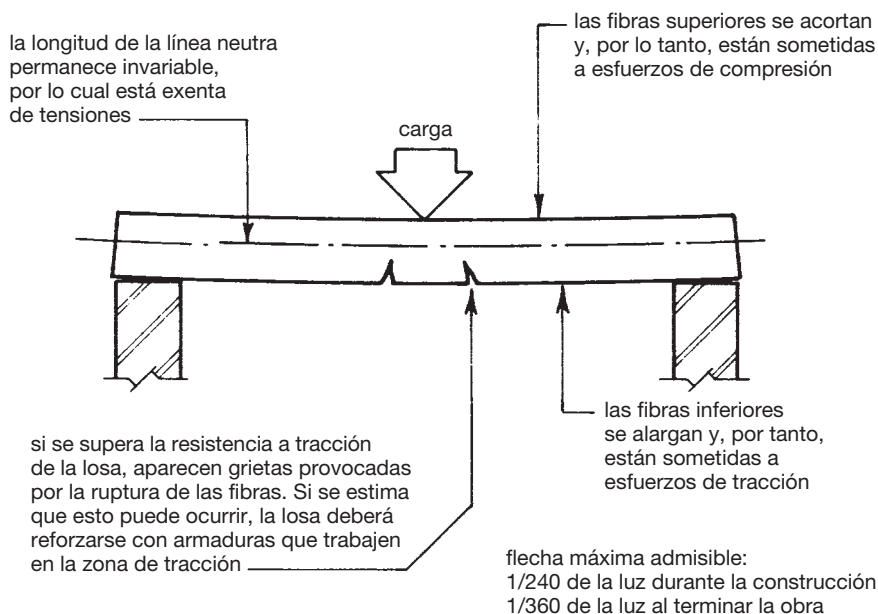
## Losas de hormigón armado simplemente apoyadas

**Losas simplemente apoyadas:** a efectos de proyecto, son las que descansan sobre sus apoyos sin estar ligadas a ellos por ningún tipo de trabazón, por lo que, teóricamente, podrían ser levantadas libremente. Sin embargo, en la práctica, esto es imposible debido a su propio peso más las cargas que soportan.

**Losas de hormigón:** el hormigón es un material muy resistente a compresión, pero no a tracción; por tanto, si se somete la pieza a una carga excesiva, podría rebasarse su resistencia a tracción y provocar el colapso estructural.



ESTADO INICIAL ANTES DE CARGAR



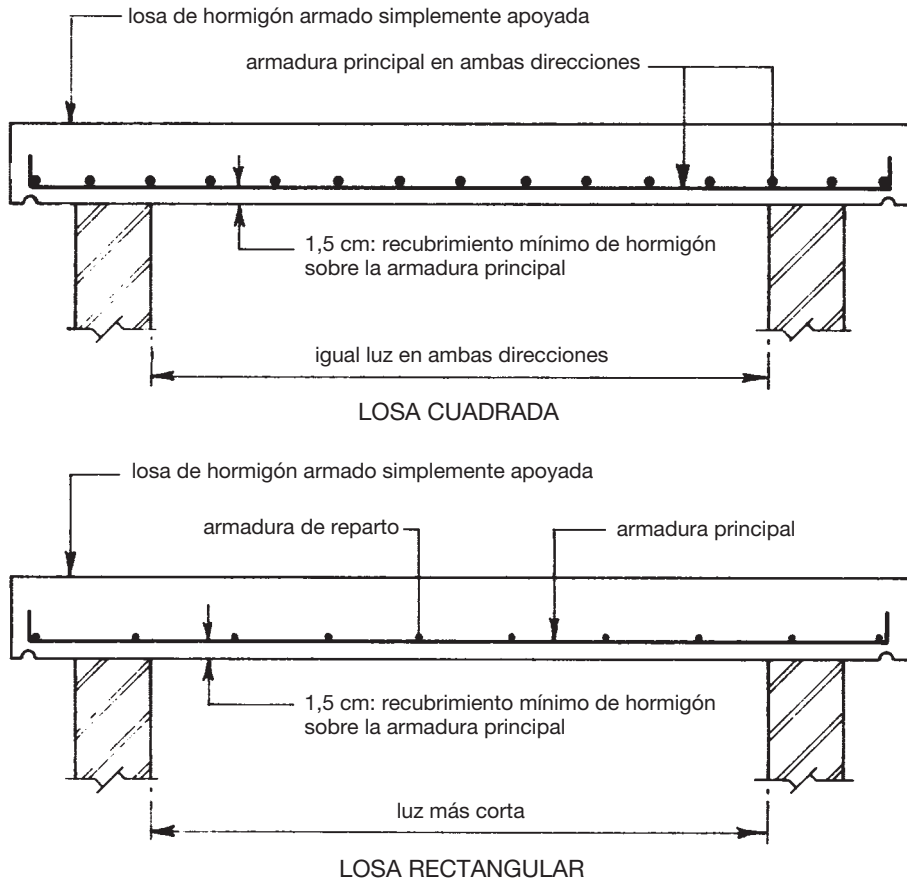
**Armado del hormigón:** generalmente en forma de barras de acero que proporcionan a la pieza la resistencia a tracción de la que carece el hormigón sin armar.

El número, diámetro, forma y tipo de barras que es necesario emplear es un problema de diseño y de cálculo que rebasa los límites de este libro. No obstante en págs. 471 y 472 se dan unas orientaciones básicas.

Las armaduras se colocan lo más cerca posible de las fibras exteriores; no obstante, al objeto de evitar su corrosión y proporcionar un cierto grado de resistencia al fuego, se requiere un recubrimiento de hormigón normalizado según tipo de pieza, ambiente exterior, diámetro de las barras, etc.

Se considera que las losas de planta cuadrada apoyadas en su contorno trabajan bidireccionalmente, por lo que se colocarán barras principales en ambas direcciones, mientras que se estima que las losas rectangulares trabajan a lo largo de su lado más corto y solo se arman con barras principales en esa dirección, colocándose un cierto número de barras de reparto de inferior diámetro perpendicularmente a las anteriores, formando una retícula o malla.

### Detalles tipo

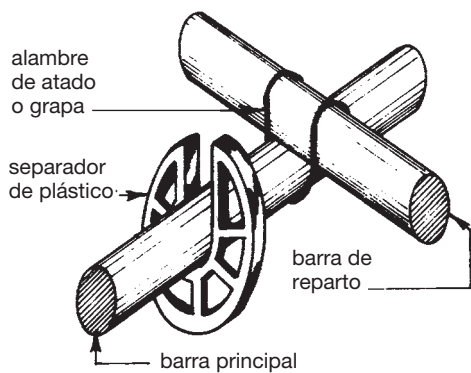
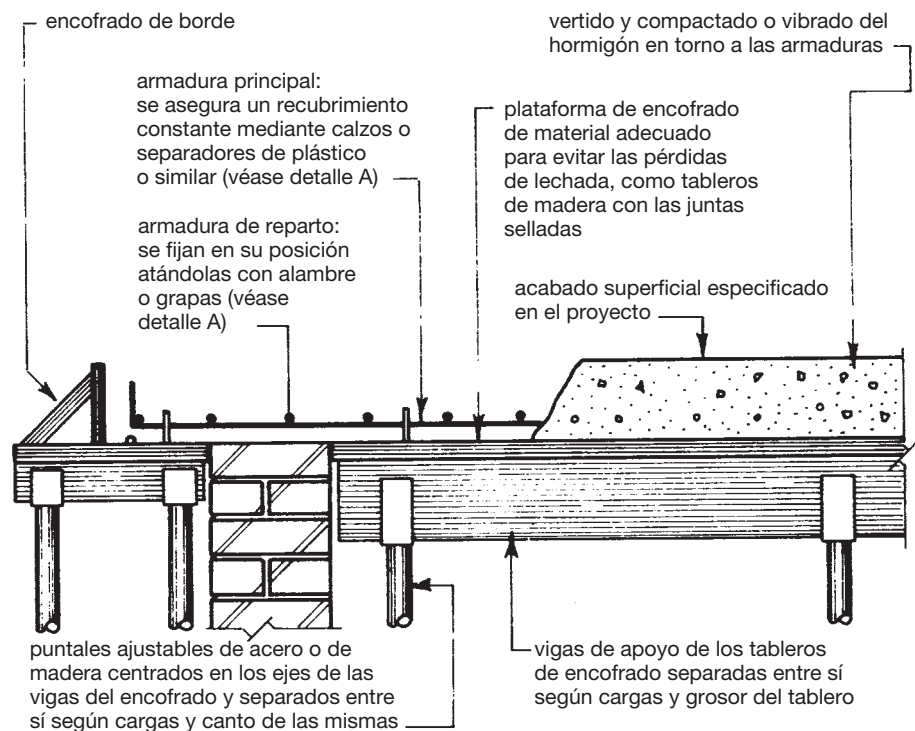


## Losas de hormigón armado simplemente apoyadas

**Construcción:** cualquiera que sea el sistema constructivo empleado, la secuencia de los trabajos seguirá el modelo siguiente:

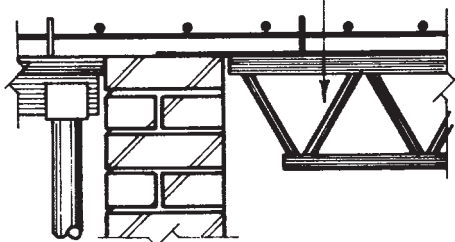
1. Montaje del encofrado.
2. Preparación y colocación de las armaduras.
3. Vertido y compactación o vibrado del hormigón.
4. Descimbramiento gradual por fases mientras avanza el proceso de curado.

### Ejemplo tipo



DETALLE A

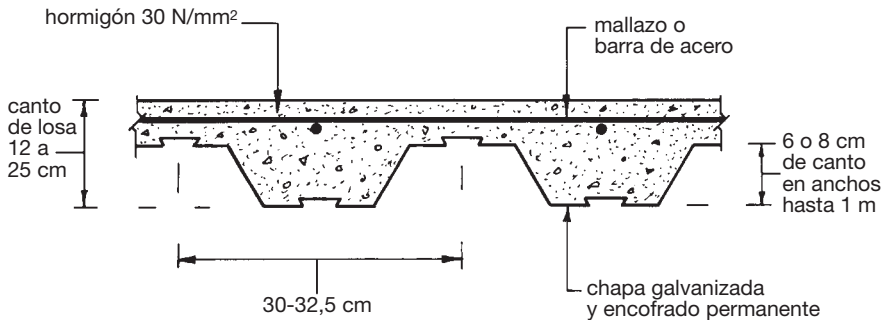
encofrado de viguetas telescópicas de acero con plataforma de plancha de acero; libera de puntales el espacio entre las paredes de carga



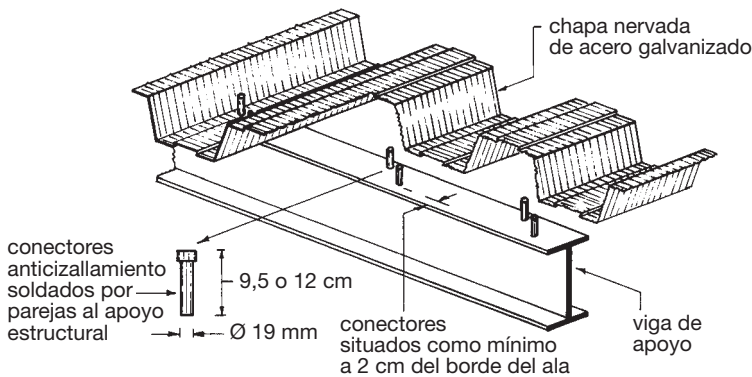
PLATAFORMA DE ENCOFRADO ALTERNATIVA

Los tableros de chapa nervada de acero galvanizado (palastro) constituyen un buen encofrado permanente para la construcción de losas de forjado mixtas. Las nervaduras de la chapa contribuyen al agarre del relleno de hormigón. El hormigón requerirá su propia armadura, en forma de barras\* o mallazo de acero, incluso si la chapa incrementa considerablemente la resistencia a la tracción de la losa terminada.

### Detalle tipo



Si la chapa se apoya sobre vigas metálicas en sus extremos o en puntos intermedios, conviene disponer unos espárragos soldados a la viga metálica y que atraviesen la chapa con el fin de proporcionar al conjunto la necesaria resistencia a cortante.

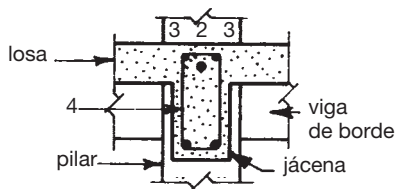
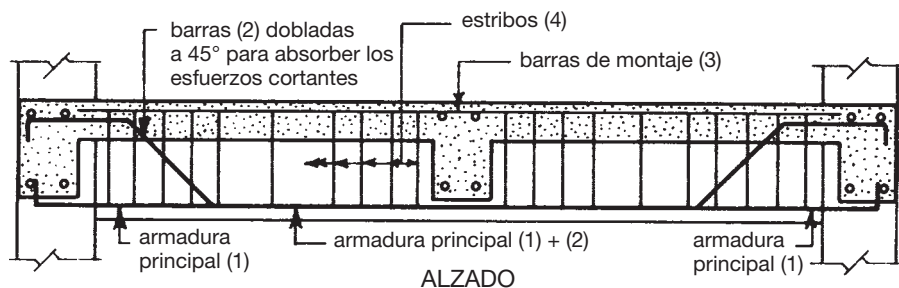
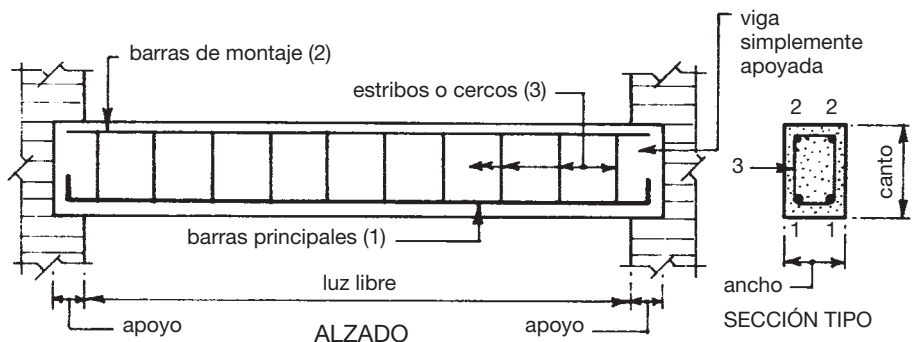


Gracias a su sección nervada, este sistema proporciona un notable ahorro en volumen de hormigón, comparado con la losa de hormigón armado convencional. Además el ahorro de hormigón también reduce la carga muerta que tienen que soportar los cimientos.

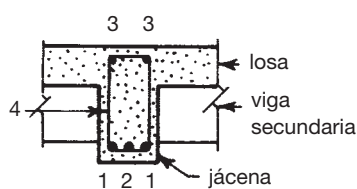
\* Las barras de acero del hormigón armado se suelen representar por el símbolo Ø seguido de su diámetro en mm. Así, 3 Ø 16 serían 3 barras de acero de 16 mm de diámetro.

**Vigas:** piezas estructurales horizontales que se subdividen en jácenas o vigas principales y transmiten las cargas de los forjados y de las vigas secundarias directamente a los pilares. Las vigas secundarias transmiten las cargas de los forjados a las jácenas. Dado que el hormigón es un material de escasa resistencia a tracción, requiere ser reforzado para poder resistir las tensiones inducidas, que pueden ser en forma de tensión ordinaria o diagonal (cortante). El cálculo de la superficie, diámetro, tipo, posición y número de barras necesario es tarea de un calculista especializado.

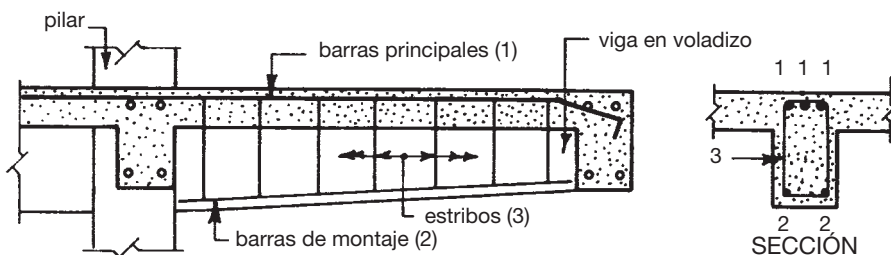
**Detalles tipo de vigas de hormigón armado\***



SECCIÓN JUNTO AL APOYO



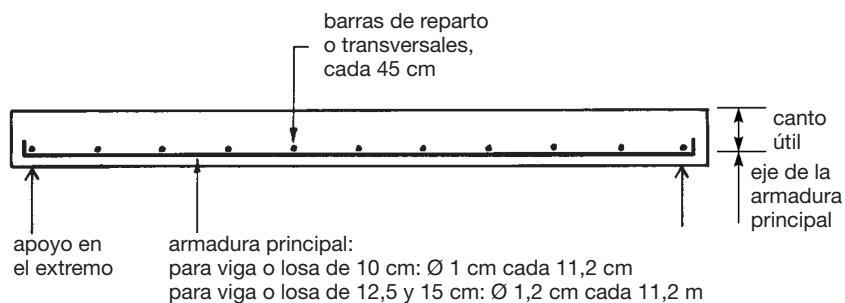
SECCIÓN POR EL CENTRO DE LA VIGA



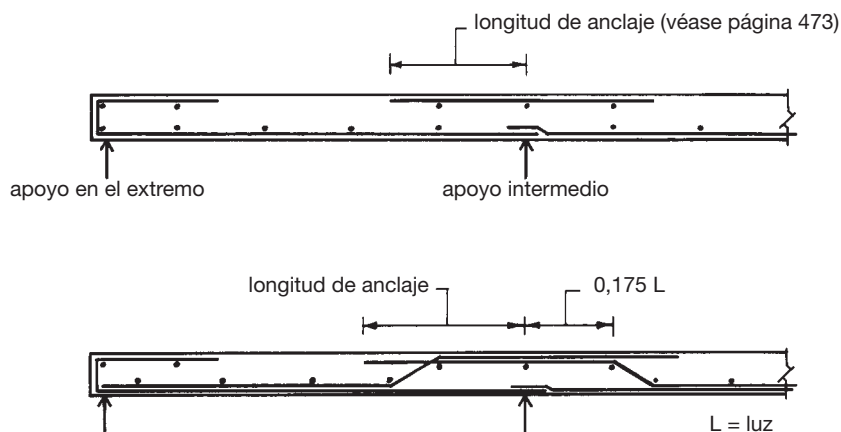
\* Los números después del nombre de cada una de las barras ayudan a relacionar los alzados de las vigas con las respectivas secciones.

**Armadura de acero:** se coloca en las zonas de una viga o losa en las que se produce tracción. En España, según la vigente *Instrucción de hormigón estructural EHE-08*, el hormigón en estructuras de hormigón armado debe tener una resistencia mínima de  $25 \text{ N/mm}^2$ .

#### VIGA O LOSA



#### VIGA O LOSA CONTINUA



NOTA: las barras de reparto o transversales actúan como refuerzo lateral y complementan la resistencia de la pieza en las zonas sometidas a tracción. Asimismo, sirven para impedir la formación de fisuras en el hormigón, que aparecerían al contraerse la pieza durante la puesta en obra y el fraguado.

Separación entre las barras de la armadura principal inferior a tres veces el canto útil.

Separación entre las barras de la armadura de reparto inferior a cinco veces el canto útil.

## Cálculo de vigas y losas de hormigón armado simplemente apoyadas (2)

**Datos orientativos:** las losas de hormigón simplemente apoyadas son capaces de resistir las siguientes cargas en función de sus respectivos grosores.

| Grosor<br>(cm) | Peso propio<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | Sobrecarga<br>de uso* (kg/m <sup>2</sup> ) | Carga total                              |      | Luz (m) |
|----------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|------|---------|
|                |                                     |                                            | (kg/m <sup>2</sup> )(kN/m <sup>2</sup> ) |      |         |
| 10             | 240                                 | 500                                        | 740                                      | 7,26 | 2,4     |
| 12,5           | 300                                 | 500                                        | 800                                      | 7,85 | 3       |
| 15             | 360                                 | 500                                        | 860                                      | 8,44 | 3,6     |

NOTA: como regla empírica, para uso general (como en este ejemplo), el grosor de una losa es igual a 1/24 de la luz.

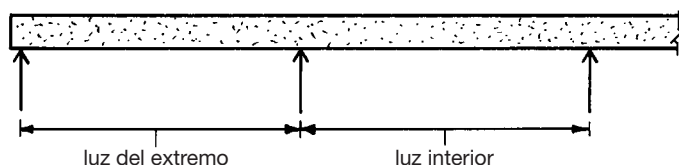
\* La sobrecarga de uso, como su nombre indica, varía según los casos pudiendo oscilar desde 1,5 kN/m<sup>2</sup> (153 kg/m<sup>2</sup>) para viviendas, hasta más de 10 kN/m<sup>2</sup> (1.020 kg/m<sup>2</sup>) para áreas de almacenamiento industrial pesado. Para archivos de oficinas y espacio de almacenamiento se puede adoptar 500 kg/m<sup>2</sup>. En España, las acciones que hay que aplicar en el cálculo de cualquier edificio (pesos propios, empujes, sobrecargas, etc.) están reguladas por el "Código técnico de la edificación" (CTE), Documento básico: Seguridad estructural. Acciones en la edificación".

**Para luces mayores:** el grosor de la losa puede incrementarse proporcionalmente a la luz; p. ej., una luz de 6 m requeriría un grosor de 25 cm.

**Para cargas mayores:** el grosor puede incrementarse proporcionalmente a la raíz cuadrada de la carga; p. ej., para una carga total de 1.500 kg/m<sup>2</sup> y una luz mayor de 3 m:

$$\sqrt{\frac{1.500}{800}} \times 125 = 171,2, \text{ o sea, } 17,5 \text{ cm}$$

Las vigas o losas continuas se caracterizan por tener varios apoyos, siendo, por lo tanto, más resistentes que las vigas o losas simples. Las luces de la tabla anterior pueden incrementarse en un 20 % para vanos interiores y en un 10 % para los extremos.



Véase pág. 514 para fórmulas de cálculo de flechas.

**Adherencia entre el hormigón y el acero:** puede tomarse como tensión admisible de adherencia entre el hormigón y el acero una décima parte de la tensión de fatiga del hormigón a compresión, más  $0,175 \text{ N/mm}^2$  \*. Dadas las resistencias de cálculo del hormigón y del acero, podemos calcular la longitud de anclaje necesaria.

P. ej., resistencia de cálculo del hormigón =  $5 \text{ N/mm}^2$   
 resistencia de cálculo del acero =  $125 \text{ N/mm}^2$   
 sección de la barra de acero de la armadura =  $3,142 \text{ r}^2$  o  $0,7854 \text{ d}^2$   
 resistencia a tracción de la barra =  $125 \times 0,7854 \text{ d}^2$   
 perímetro de la barra =  $3,142 \text{ d}$   
 superficie de barra en contacto con el hormigón =  $3,142 \times \text{d} \times \text{L}$

Símbolos:  $\text{r}$  = radio de la barra de acero  
 $\text{d}$  = diámetro de la barra  
 $\text{L}$  = longitud de la barra en contacto

\* Tensión de adherencia del hormigón =  $(0,1 \times 5 \text{ N/mm}^2) + 0,175 = 0,675 \text{ N/mm}^2$

Tensión de adherencia total =  $3,142 \text{ d} \times \text{L} \times 0,675 \text{ N/mm}^2$

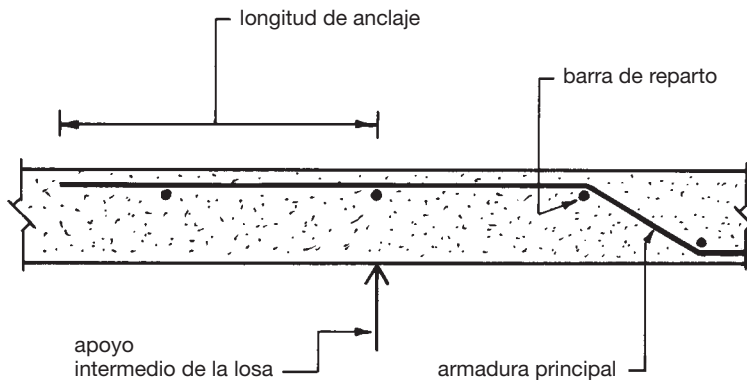
Entonces, igualando la resistencia de la barra a la tracción con la tensión de adherencia total:

$$125 \times 0,7854 \text{ d}^2 = 3,142 \text{ d} \times \text{L} \times 0,675;$$

$$98,175 \text{ d} = 2,120 \text{ L de donde}$$

$$\text{L} = 46 \text{ d}$$

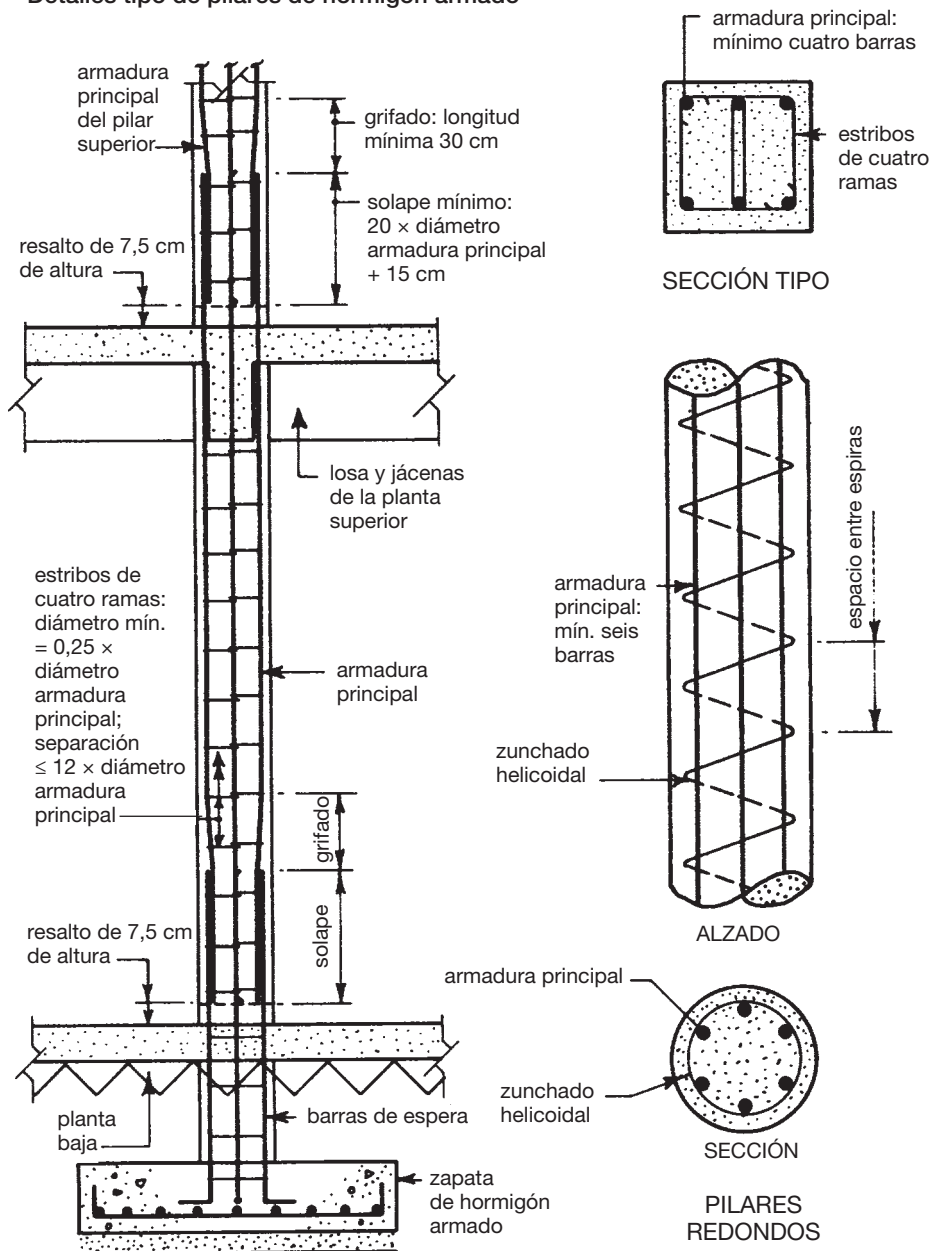
Como regla de buenas prácticas, a la longitud  $\text{L}$  obtenida por cálculo debe sumarse un margen de  $14 \text{ d}$ . Por lo tanto, la longitud de anclaje de la barra en este ejemplo equivalen a 60 veces el diámetro de la barra.





**Pilares:** son piezas estructurales verticales que transmiten las cargas de las vigas hacia los cimientos. Generalmente se construyen por tramos de una planta de altura y, por tanto, las armaduras deben solaparse convenientemente para mantener la continuidad estructural.

### Detalles tipo de pilares de hormigón armado



A excepción de los lugares de empalme de barras:

**Vigas:** la distancia entre dos barras paralelas debe ser  $\geq$  que el mayor de estos valores:

- 2,5 cm.
- El diámetro de las barras en caso de ser iguales.
- El diámetro de la barra más gruesa, en caso de ser desiguales.
- 6 mm más que el tamaño máximo del árido del hormigón.

La distancia entre capas sucesivas de barras debe ser  $\geq$  que el mayor de estos valores:

- 1,5 cm (2,5 cm si las barras son  $> \varnothing 2,5$  cm).
- El tamaño máximo del árido.

Excepción: cuando las barras se cruzan, como, por ejemplo, en los mallazos.

**Pilares:** los manuales de hormigón suelen aconsejar a título orientativo un armado de entre el 0,8 y el 8 % del área total de la sección del pilar; no obstante, en ciertos casos podría ser aceptable un 0,6 %. Un porcentaje relativamente alto de acero podría redundar en un ahorro de volumen de hormigón, pero habría que considerar también la viabilidad del vertido y la compactación del hormigón fresco. En caso de que el cálculo justificase una proporción importante de acero, cabría considerar la posibilidad de utilizar un perfil de acero laminado revestido de hormigón.

**Armadura transversal:** también llamada transversal o de zunchado. Sus misiones son sostener —o evitar que se desplace— la armadura principal durante la construcción y evitar el pandeo de las barras por efecto de las cargas de servicio. Para el diámetro de esas barras hay que adoptar el mayor de:

- 6 mm.
  - $0,25 \times$  diámetro de la armadura principal.
- Separación (o espacio entre espiras)  $\leq$  el menor de:
- Menor dimensión lateral del pilar.
  - $12 \times$  diámetro de la barra longitudinal más delgada.
  - 30 cm.

**Zunchado helicoidal:** normalmente, la separación o el espacio entre espiras igual que el anterior, a menos que la armadura tenga la misión adicional de zunchado del núcleo de hormigón contra la expansión lateral, incrementando así su potencial sustentador de cargas. Para ello el espacio entre espiras debe ser:

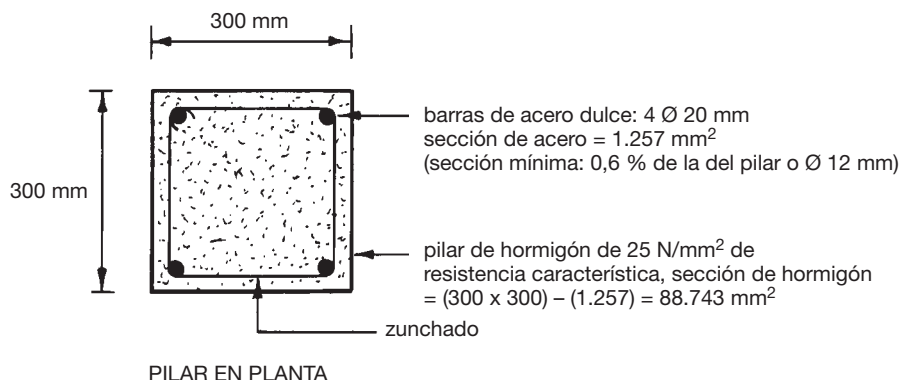
- $\leq 7,5$  cm.
- $\leq 0,166 \times$  diámetro del núcleo de la columna.
- $\geq 2,5$  cm.
- $\geq 3 \times$  diámetro del acero del zuncho helicoidal.

NOTA: el diámetro del núcleo se mide a través de la superficie de hormigón encerrada dentro de la hélice y entre ejes de la armadura helicoidal.

## Cálculo simplificado de pilares de hormigón armado (1)

**Hormigón armado:** existe un coeficiente de equivalencia que representa la carga que puede transmitir de forma segura una sección cuadrada de acero en relación con una sección de hormigón de las mismas dimensiones. Las relación normalmente es de 18 a 1, con variaciones en función de la calidad y de las especificaciones de dichos materiales.

Por ejemplo:



Sección de hormigón = 88.743 mm<sup>2</sup>

Sección equivalente de acero = 18 x 1.257 mm<sup>2</sup> = 22.626 mm<sup>2</sup>

Sección combinada equivalente de acero y hormigón:  
88.743 + 22.626 = 111.369 mm<sup>2</sup>

Utilizando un hormigón con una resistencia de cálculo de 5 N/mm<sup>2</sup>, derivada de un coeficiente de seguridad de 5, es decir:

$$\text{Coeficiente de seguridad} = \frac{\text{resistencia característica}}{\text{resistencia de cálculo}} = \frac{25 \text{ N/mm}^2}{5 \text{ N/mm}^2} = 5 \text{ N/mm}^2$$

5 N/mm<sup>2</sup> x 111.369 mm<sup>2</sup> = 556.845 Newtons  
kg x 9,81 (gravedad) = Newtons

$$\text{Por tanto: carga admisible} = \frac{556.845}{9,81} = 56.763 \text{ kg o } 56,76 \text{ toneladas}$$

NOTA: esta es la carga admisible para un pilar de hormigón armado sometido a una carga axial; es decir, con un momento nulo o despreciable, y con un grado de esbeltez muy reducido (relación entre la altura y el ancho del pilar). En la práctica, esta es una situación ideal que rara vez se da. El ejemplo siguiente muestra cómo introducir la flexión lateral (pandeo) en los cálculos.

**Flexión lateral o pandeo:** en el ejemplo anterior suponíamos una rigidez total y no se consideraba la altura del pilar ni uniones como las jácenas.

Como resistencia de cálculo de la pieza puede tomarse un valor equivalente a 0,8 veces la resistencia de cálculo del hormigón cuando la longitud de pandeo del pilar (véase pág. 516) sea inferior a 15 veces su dimensión lateral menor. Cuando esta relación sea mayor que 15, hay que introducir un coeficiente de pandeo que puede obtenerse del siguiente cuadro:

| longitud de pandeo /<br>dimensión menor lateral de la pieza | coeficiente de pandeo |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 15                                                          | 1                     |
| 18                                                          | 0,9                   |
| 21                                                          | 0,8                   |
| 24                                                          | 0,7                   |
| 27                                                          | 0,6                   |
| 30                                                          | 0,5                   |
| 33                                                          | 0,4                   |
| 36                                                          | 0,3                   |
| 39                                                          | 0,2                   |
| 42                                                          | 0,1                   |
| 45                                                          | 0                     |

Utilizando el ejemplo de la página anterior, con una longitud de pandeo de la pieza de 9 m y una esbeltez de 18:

Longitud de pandeo/dimensión menor lateral de la pieza =  $9/0,3 = 30$

Entrando con este dato en la tabla de arriba, el coeficiente de pandeo es = 0,5

Resistencia de cálculo del hormigón =  $5 \text{ N/mm}^2$

Sección combinada equivalente de acero y hormigón =  $111.369 \text{ mm}^2$

Por tanto:  $5 \times 0,8 \times 0,5 \times 111.369 = 222.738 \text{ Newtons}$

Carga admisible:  $222.738/9,81 = 22.705 \text{ kg}$  o  $22,7 \text{ t}$

## Tipos de armadura. Barras de acero

**Material:** acero dulce o de alto límite elástico que contenga alrededor del 99 % de hierro y el resto de los componentes sean manganeso, carbono, azufre y fósforo. Las proporciones de carbono determinan la calidad y clasificación del acero; el acero dulce contiene un 0,25 % de carbono, y el acero de alto límite elástico contiene un 0,4 %. También pueden fabricarse aceros de alto límite elástico trabajando en frío o deformando el acero dulce hasta su endurecimiento por deformación plástica. El acero dulce se representa con la letra R precedida del diámetro de la barra en mm, p. ej., R20, y el acero de alto límite elástico mediante la letra T o Y.

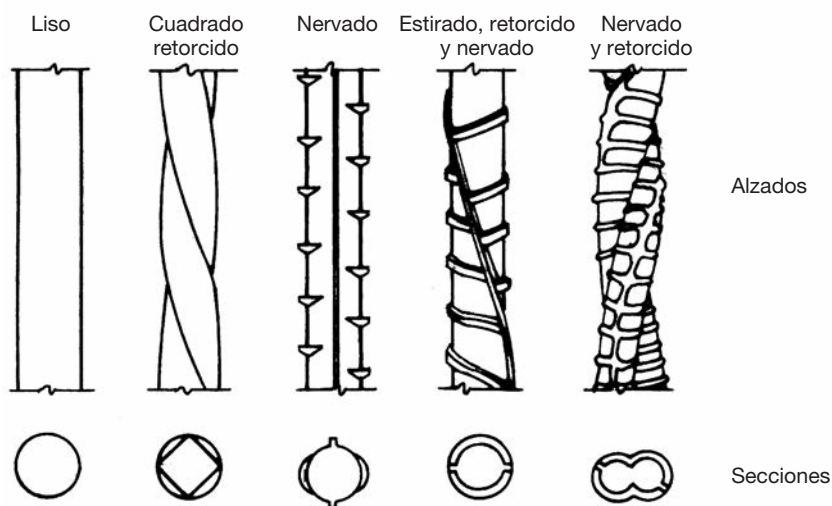
### Clasificación:

- Acero dulce: clase 250 o de resistencia característica a tracción 250 N/mm<sup>2</sup> (0,25 % de carbono, 0,06 % de azufre y 0,06 % de fósforo).
- Acero de alto límite elástico: clase 460/425 (0,4 % de carbono, 0,05 % de azufre y 0,05 % de fósforo).

Resistencia característica a tracción 460 N/mm<sup>2</sup>: Ø 6, 8, 10, 12 y 16 mm.

Resistencia característica a tracción 425 N/mm<sup>2</sup>: Ø 20, 25, 32 y 40 mm.

### Ejemplos de armaduras de acero



El mallazo o tela metálica de acero se fabrica en cuatro formatos para aplicaciones diferentes:

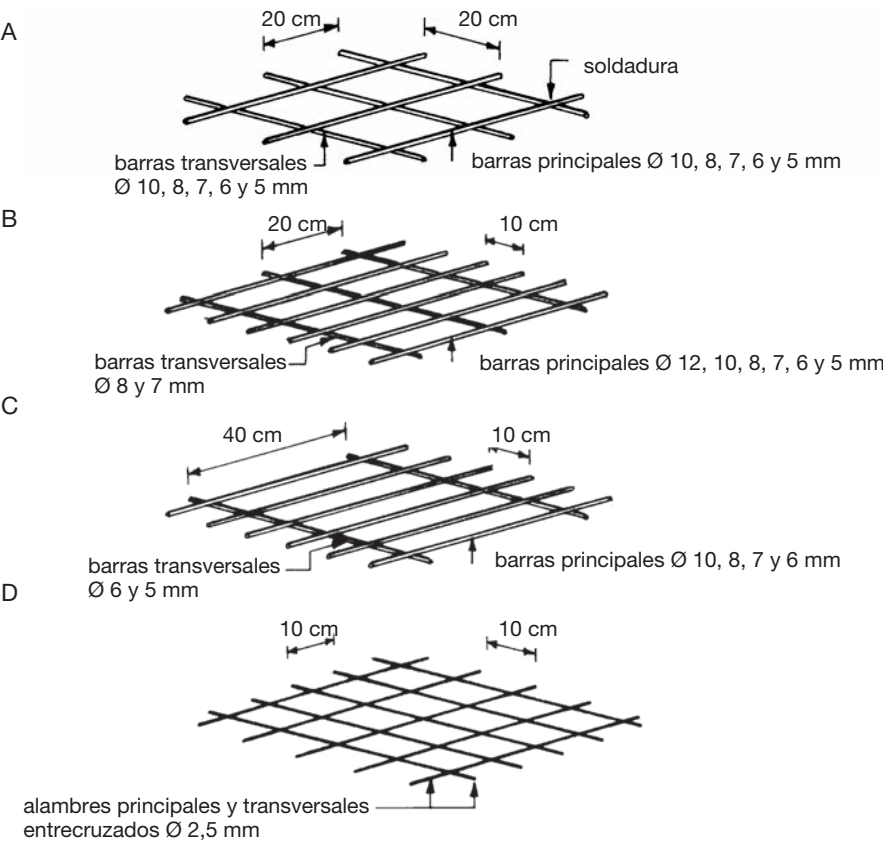
| Formato | Tipo                     | Aplicaciones características                                 |
|---------|--------------------------|--------------------------------------------------------------|
| A       | Mallazo cuadrado         | Losas o forjados de piso                                     |
| B       | Mallazo rectangular      | Losas o forjados de piso                                     |
| C       | Mallazo alargado         | Calles y solados                                             |
| D       | Tela metálica arrollable | Alambre para proteger estructuras metálicas contra incendios |

Tamaño de plancha normalizado: 4,8 m longitud × 2,4 m anchura.

Tamaño rollo de alambre: 48 y 72 m longitud × 2,4 m anchura.

Designación: vendrá encabezado por la letra del formato [A, B, C, o D] seguida de un número de referencia. Este número representa el área de la sección de las barras principales, en mm<sup>2</sup>, por metro de anchura de la malla.

P. ej., B385 es una malla rectangular cuyas barras principales son redondos de 7 mm de diámetro; es decir, 10 barras de Ø 7 mm separadas 10 cm, con una sección de 385 mm<sup>2</sup> por metro.



## Recubrimientos de las armaduras del hormigón armado

El recubrimiento de las armaduras en pilares, vigas, cimentaciones, etc., es necesario por las siguientes razones:

- Para proteger el acero contra la corrosión.
- Para proporcionar la suficiente cohesión o adherencia entre el acero y el hormigón.
- Para asegurar la suficiente protección del acero en caso de incendio (véase nota).

Si el recubrimiento es insuficiente, el hormigón y el acero se separarán y este quedará a la vista y expuesto a la intemperie.

**Recubrimiento mínimo:** en ningún caso inferior al tamaño máximo del árido, o al diámetro de la barra más gruesa (adoptar el valor más alto).

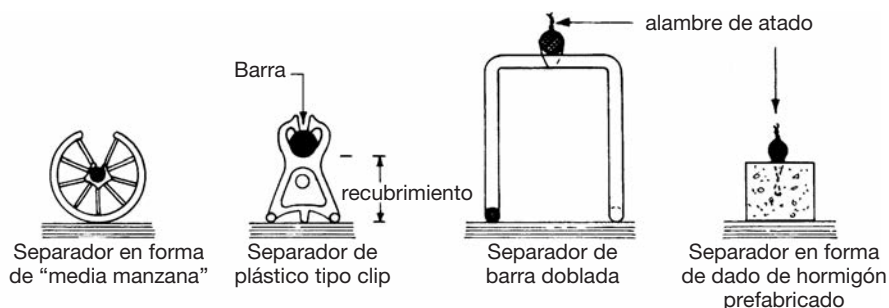
### Consejos sobre recubrimiento mínimo en diversas situaciones

#### Bajo el nivel del terreno:

- Cimientos, muros de contención, sótanos, etc.: 4 cm; estribos 2,5 cm.
- Estructuras marinas: 6,5 cm; estribos 5 cm.
- Terrenos desnivelados y terraplenes: 7,5 cm; capa de nivelación 4 cm.

#### Sobre el nivel del terreno:

- Extremos de armaduras:  $\geq 2,5$  cm y  $\geq 2 \times \varnothing$  de las barras.
- Pilares: armadura principal 4 cm; estribos 2 cm.
- Pilares cuya menor dimensión sea  $< 19$  cm con barras  $\varnothing < 1,2$  cm: 2,5 cm.
- Vigas: 2,5 cm; estribos 2 cm.
- Losas: 2 cm (1,5 cm si el tamaño máximo del árido es  $< 1,5$  cm).

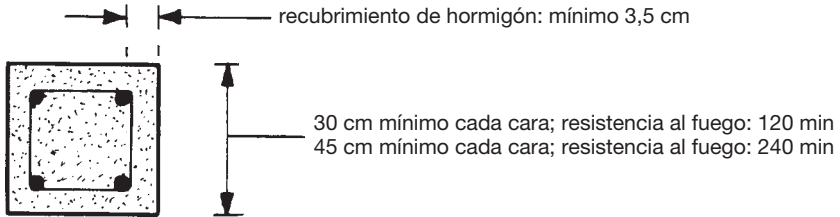


#### NOTAS:

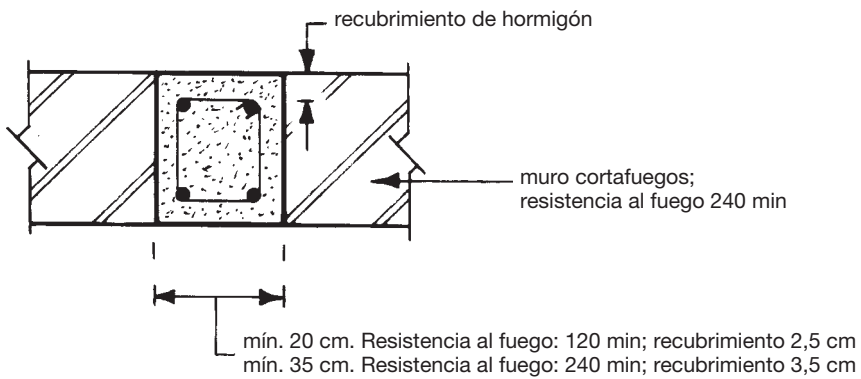
- 1 El recubrimiento mínimo a efectos de protección contra la corrosión y adherencia puede resultar insuficiente como protección contra el fuego y en situaciones extremas de exposición.
- 2 Para aplicaciones generales, incluso situaciones expuestas, véase página siguiente.

Ejemplos característicos de uso de hormigón denso de áridos calcáreos (excluida la caliza) o silíceos; p. ej., pedernales, cuarcitas y granitos.

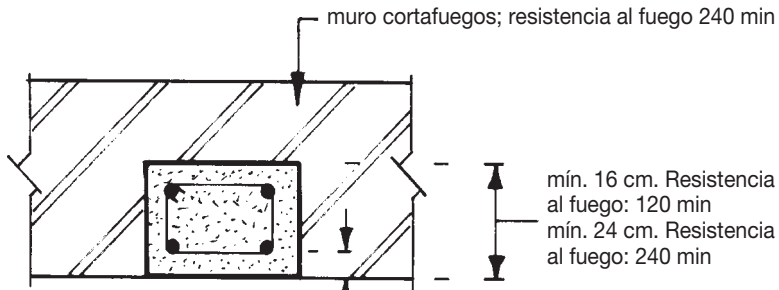
**Pilar completamente expuesto**



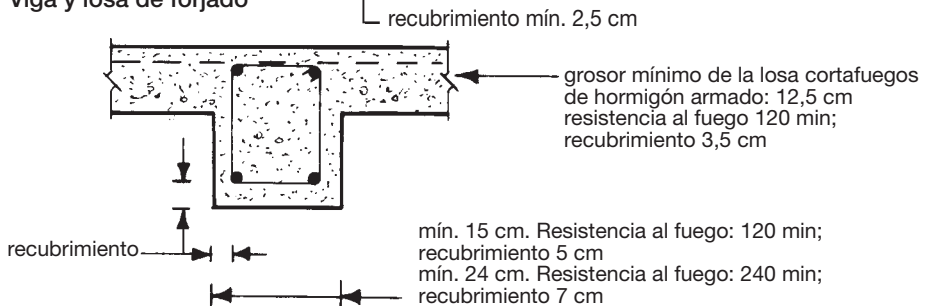
**Pilar con una exposición del 50 %**



**Pilar con una sola cara expuesta**



**Viga y losa de forjado**





## Encofrados. Principios básicos

**Encofrados:** en el momento de terminar la mezcla, el hormigón se presenta en estado fluido. Para formar cualquier pieza estructural, este hormigón fresco deberá verterse en un molde adecuado para que adquiera la forma, dimensiones y posición deseadas mientras se produce el fraguado. En algunos cimientos se pueden emplear los costados de la excavación como molde, pero en la mayor parte de los casos el molde deberá ser construido en la propia obra. Esos moldes reciben el nombre genérico de encofrado. Es importante observar que el encofrado es como la imagen en negativo del elemento estructural que se quiere moldear.

**Apuntalamiento:** estructura provisional que soporta el encofrado.

### Principios básicos

el cálculo de los costeros del encofrado puede basarse en asignar a estos una sección suficiente para que por sí solos resistan las presiones laterales impuestas por el hormigón fresco, o bien utilizar un material más fino pero que esté suficientemente arriostrado para poder resistirlas. Por razones económicas, suele preferirse este último método

juntas estancas  
al paso de la lechada

el cálculo del fondo del encofrado puede basarse en asignarle una sección suficiente para que por sí solo resista la presión vertical impuesta por el hormigón fresco, o utilizar un material más delgado pero que esté suficientemente apuntalado para poder resistirla. Por razones económicas, suele preferirse este último método

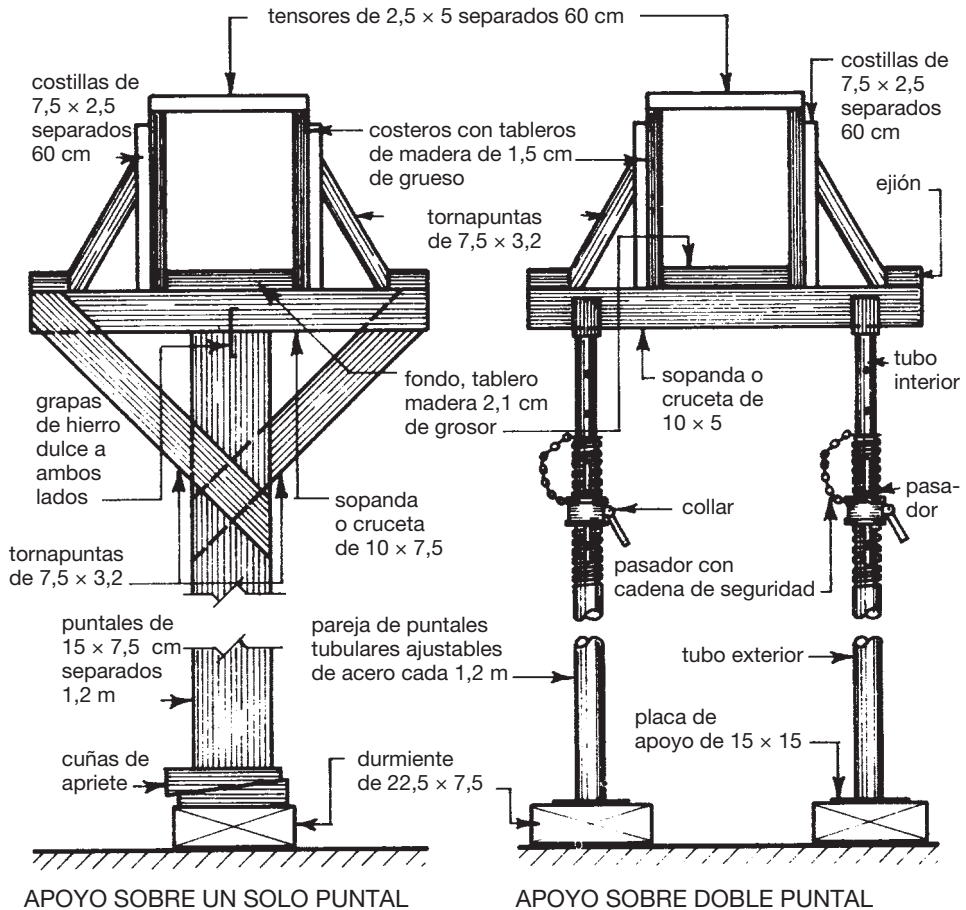


hormigón fresco: su densidad es superior a la del hormigón resultante ya fraguado y endurecido

costeros del encofrado: definen la anchura y forma de la pieza de hormigón y deberán resistir la presión hidrostática del hormigón fresco, la cual se reducirá a cero en cuestión de unas horas, dependiendo del tiempo de fraguado y el ritmo de curado

fondo del encofrado: define el canto y la forma de la pieza de hormigón y deberá resistir la carga muerta inicial del hormigón fresco y, más tarde, la carga muerta del hormigón seco hasta que haya adquirido la resistencia suficiente para soportar su propio peso muerto, lapso de tiempo que generalmente se prolonga unos siete días desde el momento del moldeo, dependiendo del ritmo de curado

Detalles de encofrado de una típica viga sencilla



Construcción del encofrado:

1. Se colocan y nivelan los puntales.
2. Se presenta y nivela el fondo del encofrado y se comprueba su posición antes de fijarlo.
3. Se presentan los costeros del encofrado y se comprueban sus posiciones antes de su sujeción definitiva.
4. Se presentan los tornapuntas y se fijan.
5. Se efectúa una comprobación final antes de hormigonar. Materiales adecuados para encofrar: madera, acero y plásticos especiales.

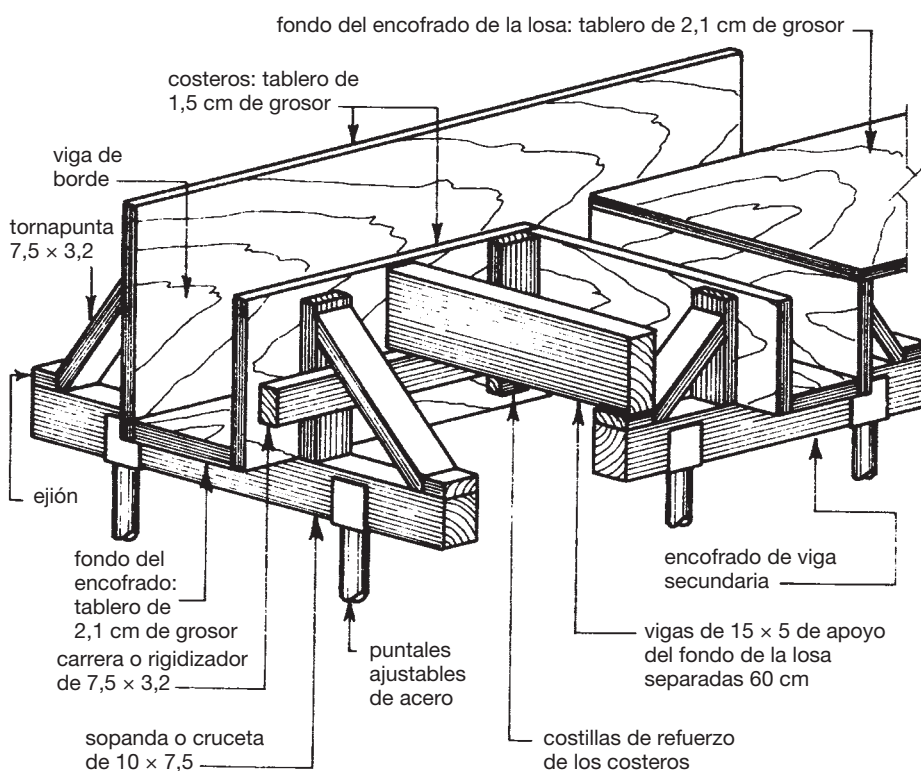
Desencofrado:

1. Los costeros se desencofrarán en cuanto sea posible, generalmente a las pocas horas de hormigonar, lo que permitirá que el aire circule libremente en torno a la masa en proceso de fraguado.
2. Los fondos del encofrado se retirarán en cuanto sea practicable, generalmente al cabo de unos días de hormigonar, aunque se dejarán algunos puntales como medida de precaución hasta que la pieza de hormigón sea autoportante.

## Encofrados. Vigas

**Encofrado de vigas:** consiste básicamente en un cajón de tres lados apoyado y apuntalado en la posición y nivel previstos para la viga en el proyecto. Los costeros del encofrado tienen la misión de moldear el hormigón húmedo en la forma proyectada y deben ser capaces de soportar la presión hidrostática inicial del mismo, mientras que el fondo del encofrado, además de retener el hormigón, debe soportar el peso inicial del hormigón húmedo y, finalmente, fraguado, hasta que haya adquirido la suficiente resistencia como para ser autoportante. Es esencial que todas las juntas del encofrado se construyan de manera que no se escurra la lechada a su través, lo que podría traducirse en que la viga presentara alveolos indeseados en su masa y/o cantos imperfectos. El plazo para proceder al desencofrado dependerá de la temperatura del aire, el grado de humedad y el consiguiente tiempo de curado.

### Detalles tipo



### Tiempos tipo de desencofrado:

Costeros de vigas: 9 a 12 horas

Fondo de vigas: 8 a 14 días (manteniendo puntales)

Puntales de vigas: 15 a 21 días

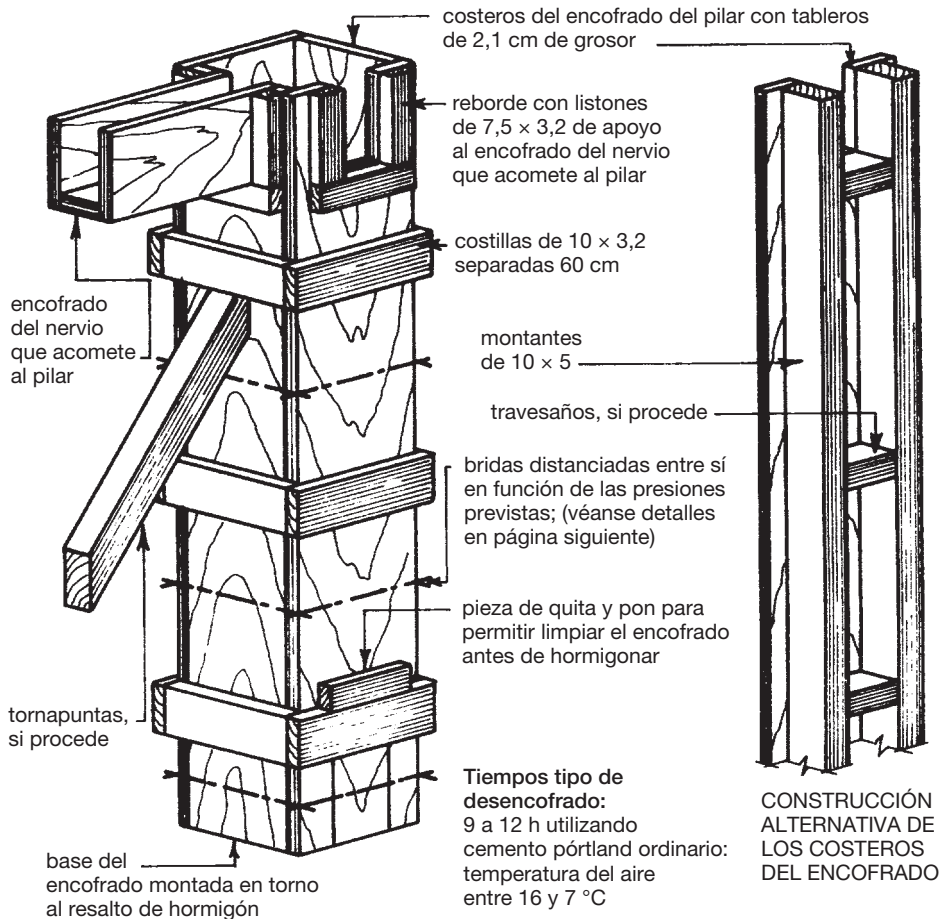
} usando cemento pórtland ordinario temperatura del aire entre 7 y 16 °C

**Encofrados de pilares:** moldes verticales, de la forma y sección deseadas, cuyas misiones son las de retener el hormigón fresco y resistir la presión hidrostática inicial producida por el hormigón húmedo. Para reducir al mínimo el grosor de los tableros de encofrado, se recurre al empleo de cepos o bridas colocados a distancias regulares, en caso de rellenar el pilar en varias amasadas; si el vertido se realiza de un sola vez se pueden añadir los tornapuntas que sean precisos.

Puede emplearse la coronación del pilar para apoyar el encofrado de los nervios que a él acometan, con lo que se obtiene un buen soporte para el empuje lateral, aunque complica bastante la ejecución del encofrado. Como alternativa, puede encofrarse el pilar hasta la cara inferior del nervio y, en una fase posterior, embridar un collar de encofrado en torno al pilar hormigonado para completar el relleno y dar apoyo al encofrado del nervio que acomete al pilar.

Una buena práctica es iniciar el encofrado del pilar rodeando con los tableros el resalto de hormigón de 7,5 a 10 cm de altura, que se habrá dejado previsoriamente asomando sobre la rasante del último forjado con la doble función de localización de los pilares y de evitar la pérdida de lechada por la parte inferior del encofrado del pilar.

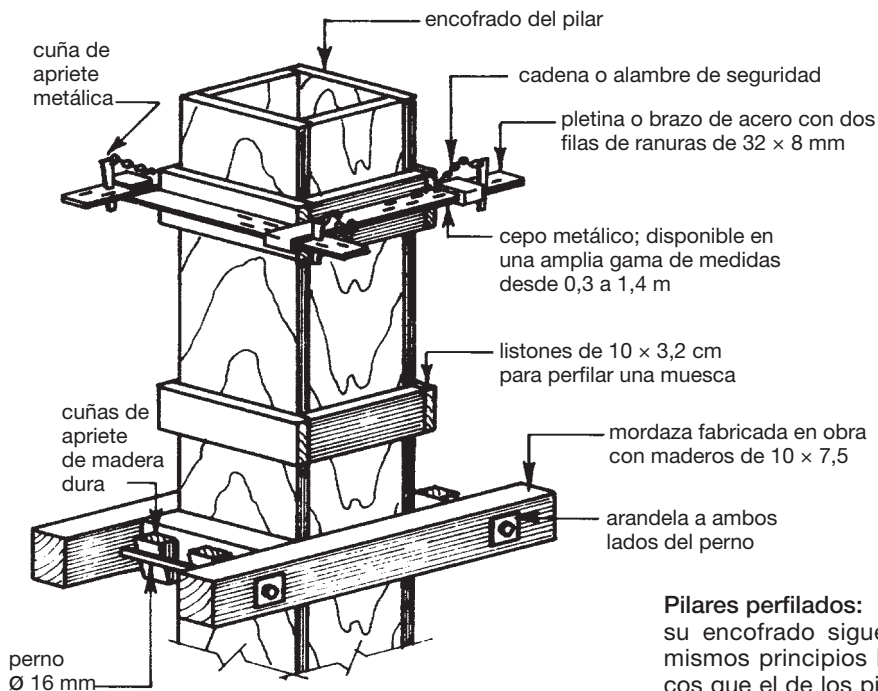
### Detalles tipo



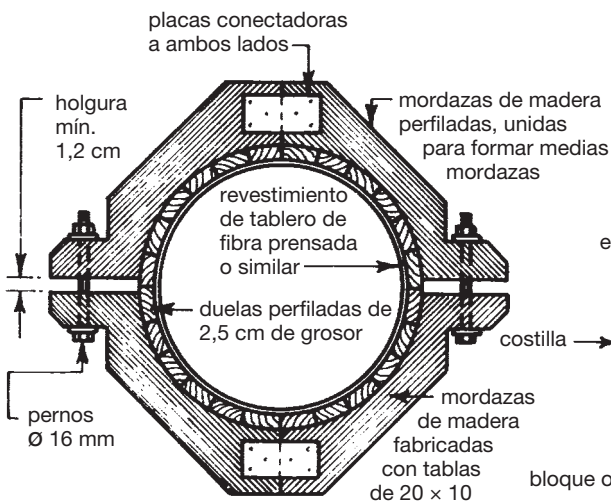
## Encofrados. Cepos o bridas de sujeción

**Cepos:** pueden ser cepos o mordazas metálicos prefabricados o de madera fabricados a medida en obra.

### Ejemplos tipo



PILAR CUADRADO

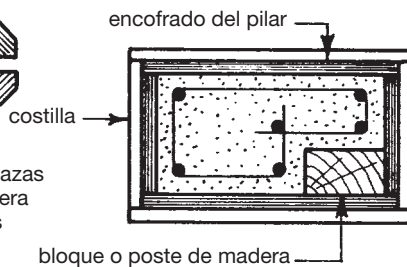


PILAR CIRCULAR

### Pilares perfilados:

su encofrado sigue los mismos principios básicos que el de los pilares rectangulares o cuadrados, pero a veces se requieren mordazas hechas a medida.

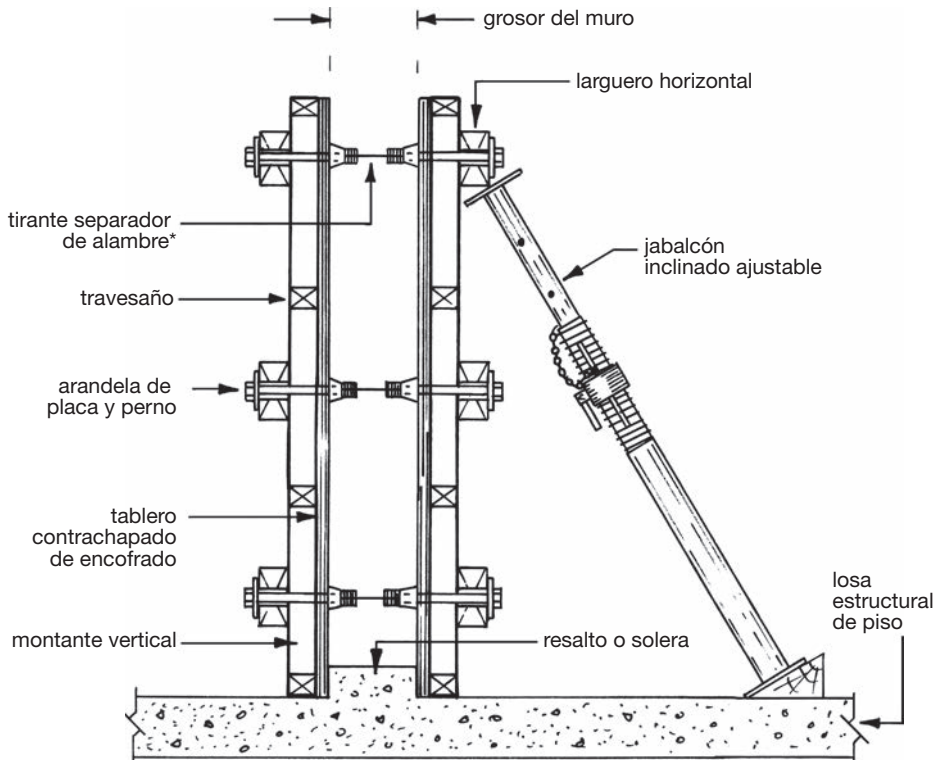
Para perfilar un pilar con un rebaje se pueden emplear bloques de madera de la siguiente forma:



PILAR CON REBAJE

**Encofrado de muros:** convencionalmente están contruados con tableros contrachapados, en ocasiones con una de sus caras de acero, plástico o madera para dar un acabado determinado a la superficie del hormigón. La estabilidad viene proporcionada por montantes verticales y largueros horizontales fijados en su posición por medio de jabalcóns ajustables. En la base se organiza un resalto o solera de 5 a 7,5 cm de alto y de la misma anchura que se quiera dar al muro. La manera de mantener la separación deseada entre los tableros que sirven de molde se muestra en la página siguiente.

### Principios del encofrado

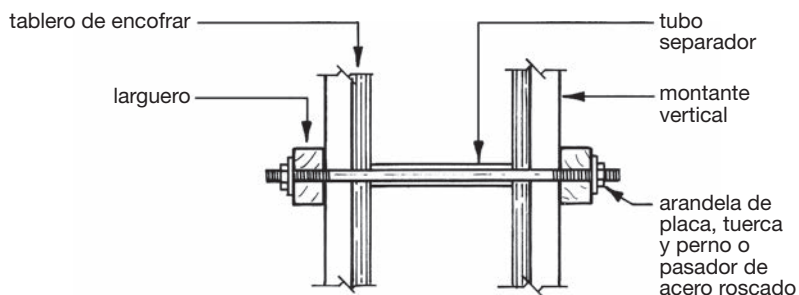


\* Véanse págs. 488 y 229.

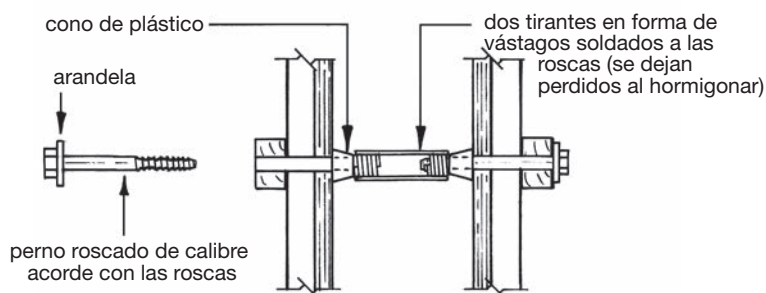
## Encofrados. Separadores de tableros

Los tableros para encofrar muros de hormigón de altura y carga modestas pueden ser colocados en posición con pernos largos o pasadores roscados que atraviesen los largueros situados en costados opuestos. Para mantener la separación entre los tableros, se pueden disponer pernos pasantes y tubos separadores entre ellos. Para cargas mayores existen otras variantes, como pernos o pasadores de acero de gran resistencia a la tracción hechos a medida. Estos también se pueden servir enfundados en tubos de plástico y unos conos separadores de plástico recuperables en el interior de los tableros. Los huecos superficiales creados por los separadores pueden rellenarse con mortero rico. En los dibujos inferiores se muestran algunos ejemplos, con el sistema alternativo de los tirantes de alambre de acero. En las págs. 229 a 231 se muestran otras aplicaciones.

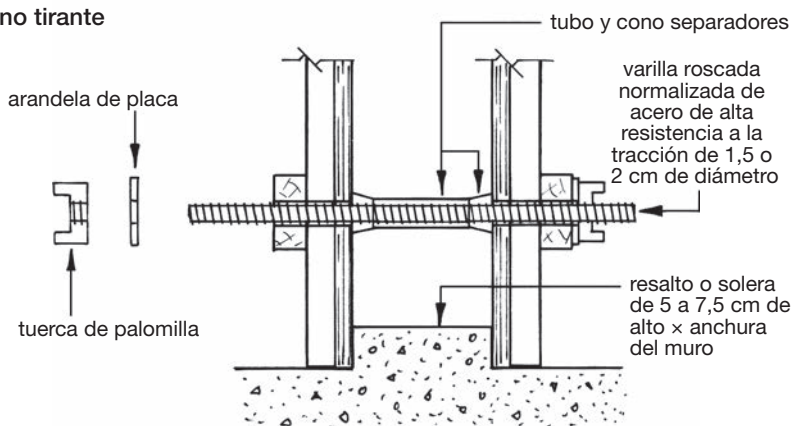
### Perno



### Tirantes soldados a las roscas



### Perno tirante





**Estructuras de hormigón prefabricado:** son adecuadas para edificios de una sola planta o de poca altura; en el primer caso suelen adoptar la forma de pórticos y normalmente se diseñan por separado. Los entramados prefabricados de hormigón constituyen el esqueleto del edificio, posteriormente se revisten las fachadas y se realizan los acabados interiores siguiendo los métodos tradicionales. Generalmente, cada fabricante ofrece sus entramados como parte de su gama estándar de modelos. Es poco corriente, pues, que estén hechos a medida por el elevado coste de los moldes.

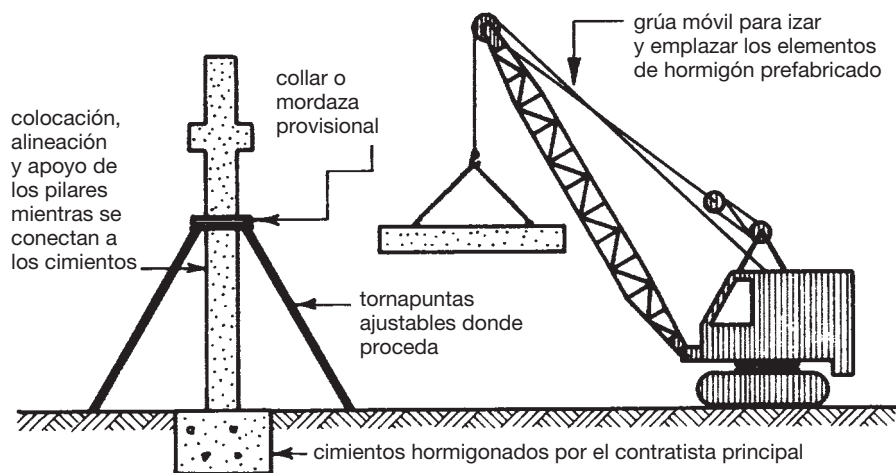
### Ventajas:

1. Los entramados se fabrican en taller bajo un estricto control, por lo que el resultado es un producto uniforme que reúne calidad y precisión.
2. El moldeo repetitivo reduce considerablemente el coste de las piezas individuales.
3. Por producirse en taller, se libera un espacio en obra que puede destinarse a otras actividades.
4. Los pórticos pueden montarse en tiempo frío y, generalmente, solo se requiere mano de obra con un grado de especialización medio.

### Inconvenientes:

1. Aunque en el mercado existe una variada gama de modelos producida por distintos fabricantes, estos sistemas carecen de la flexibilidad que confieren al proyecto las estructuras moldeadas a medida in situ.
2. La organización de la obra puede quedar afectada por los programas y exigencias de descarga impuestos por el fabricante.
3. La exigencia de una maquinaria de elevación de unas características y tamaño que normalmente sobrepasan los requeridos por los métodos de construcción tradicionales.

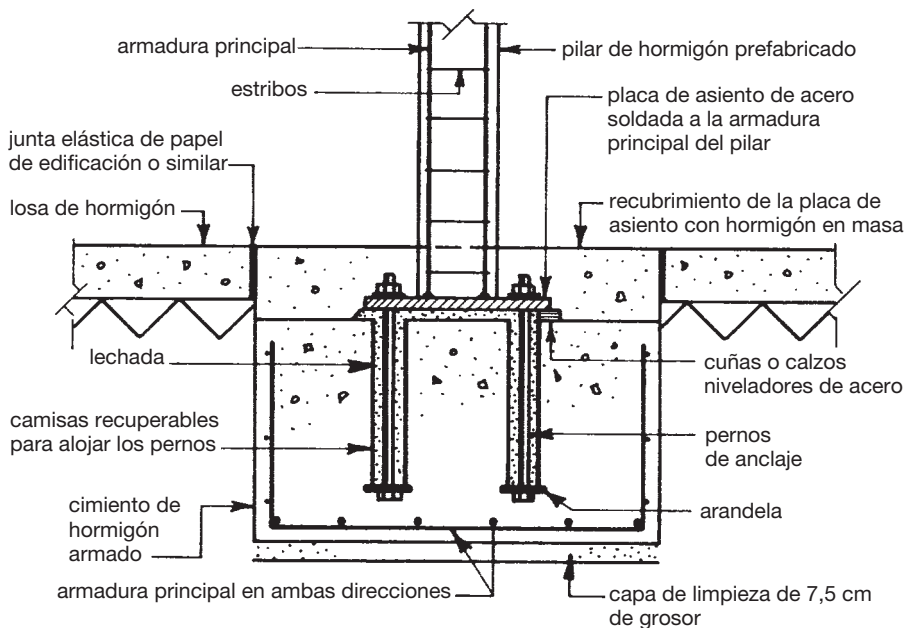
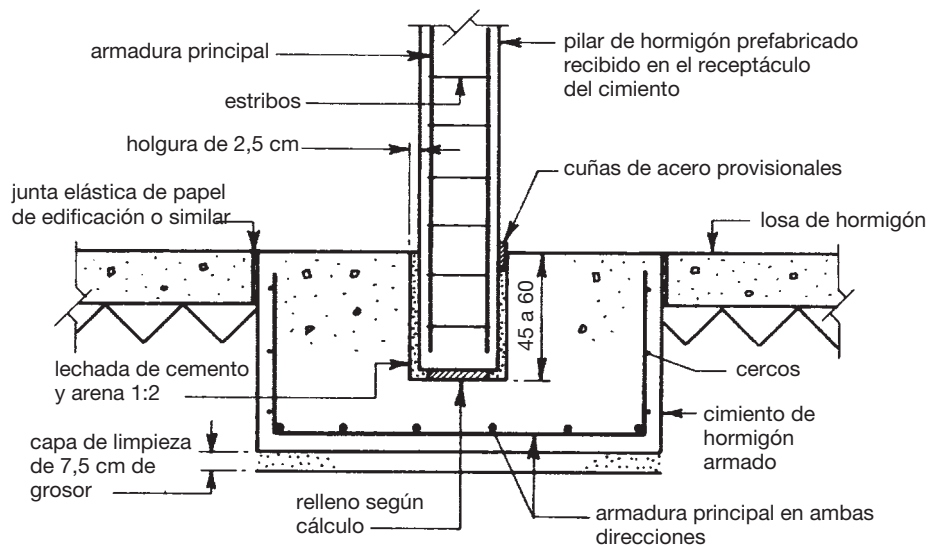
### Actividades de obra tipo





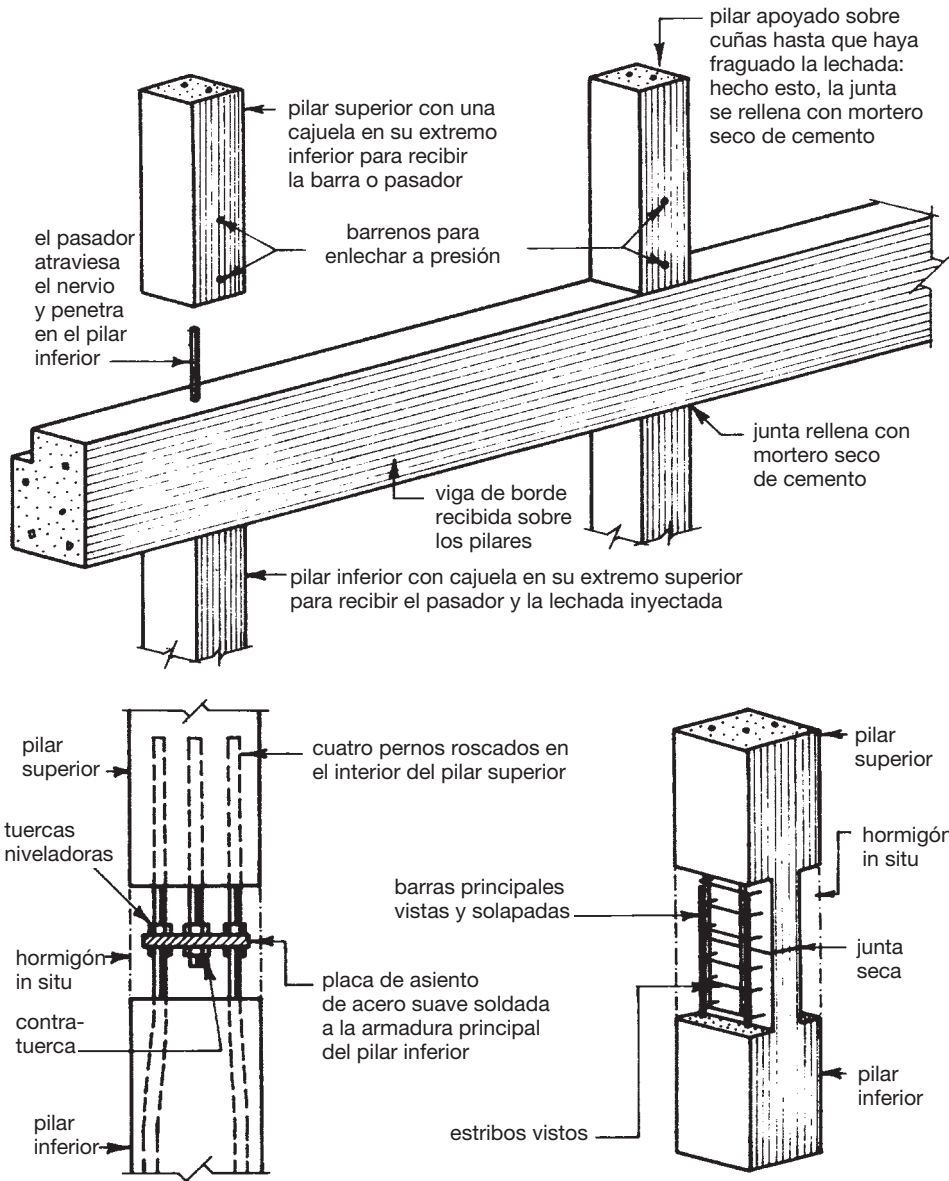
**Enlace con los cimientos:** el sistema de enlace más utilizado consiste en emplazar el pilar dentro de un receptáculo que previamente se habrá dejado sin hormigonar en la zapata de hormigón armado. Este método es idóneo para cargas ligeras o medias. Si los pilares van a estar sometidos a cargas más importantes, posiblemente convendrá utilizar una placa de asiento de acero fijada al cimiento de hormigón armado por medio de pernos de anclaje.

### Detalles tipo



**Uniones entre pilares:** generalmente, los pilares prefabricados se moldean en un solo tramo y pueden alcanzar hasta cuatro plantas de altura. Pueden ser armados con barras o pretensados según las cargas que deben soportar. Si se necesitan uniones del tipo pilar-pilar, normalmente se realizan a nivel de los forjados, encima de las uniones entre nervios y pilares, y la gama de estos enlaces puede abarcar desde una sencilla unión de pasador, hasta enlaces más complejos en los que intervenga el hormigón fabricado in situ.

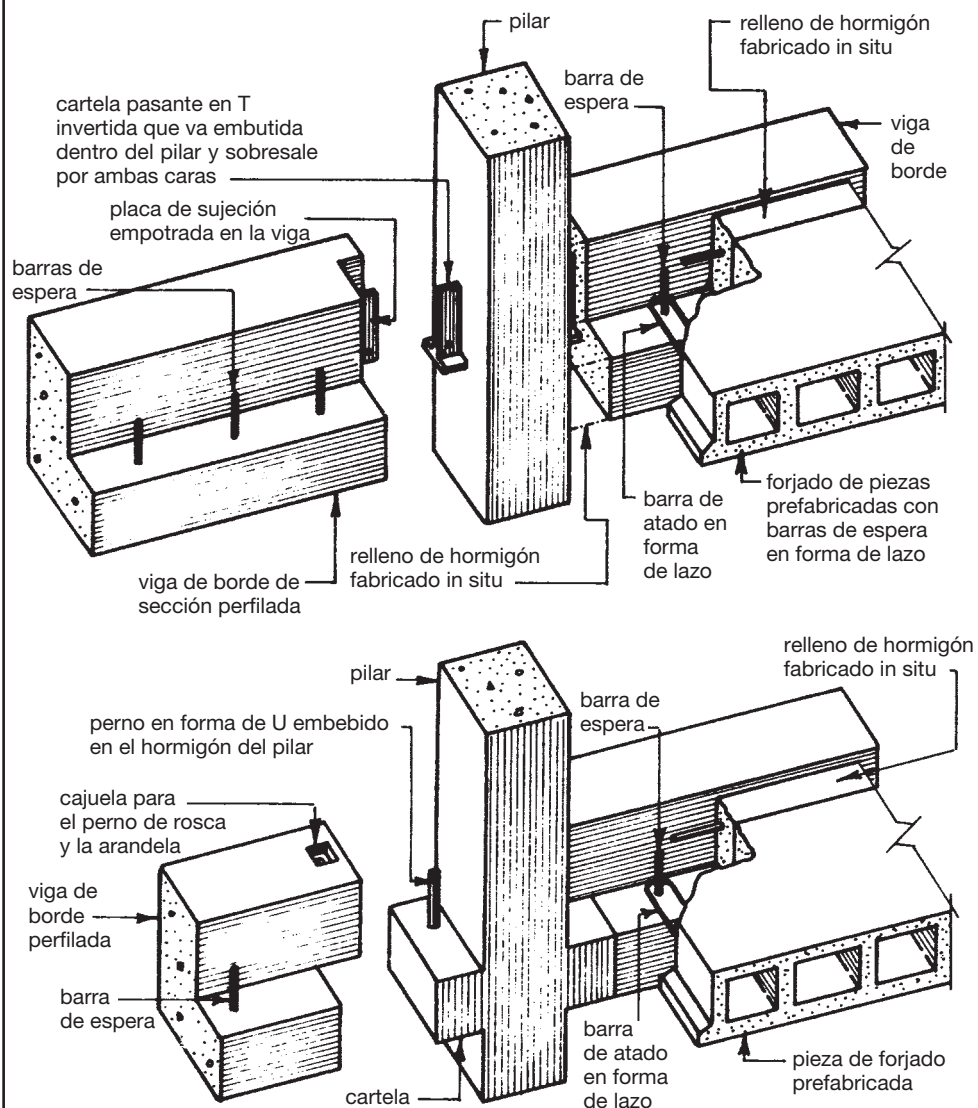
### Detalles tipo



**Uniones de vigas y pilares:** al igual que ocurría en las uniones entre pilares (véase pág. 491), el objetivo principal que se persigue es mantener la continuidad estructural en el nudo. Generalmente, esto se consigue mediante uno de los siguientes métodos:

1. Cartelas portantes moldeadas solidariamente a las caras de los pilares, con un perno o pasador de espera que sirva para emplazar y fijar la viga en su posición.
2. Fijaciones de acero, que ordinariamente adoptan la forma de ménsulas o cartabones y sobresalen de las caras de los pilares, proporcionando una unión empernada a las pletinas de acero fijadas al efecto en los extremos de las vigas.

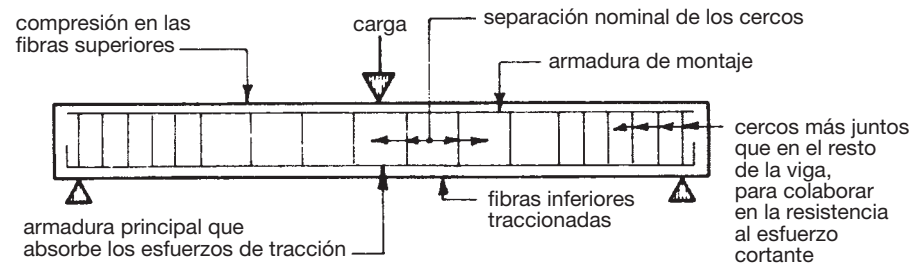
### Detalles tipo



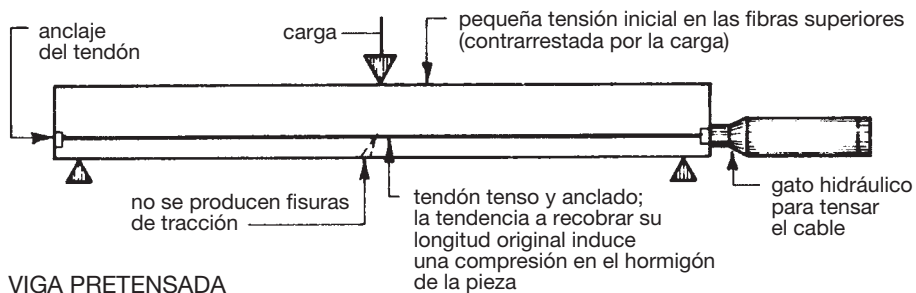
**Principios:** como es sabido, una de las propiedades del hormigón es tener una elevada resistencia a la compresión y escasa resistencia a la tracción. La idea básica del hormigón armado es incluir una cierta cantidad de barras de acero, determinada por cálculo, para absorber los esfuerzos de tracción. En el hormigón pretensado se transfiere una compresión inicial al elemento estructural con el fin de aprovechar al máximo su resistencia inherente a compresión cuando entra en carga.

El objetivo real es conseguir un equilibrio entre las fuerzas de tracción y de compresión, de modo que el resultado final sea una pieza de hormigón sometida únicamente a fuerzas de compresión. En la práctica se admite en el elemento una pequeña cantidad de tensión que no llegará nunca a producir el colapso del mismo, a menos que se supere la resistencia a tracción del hormigón.

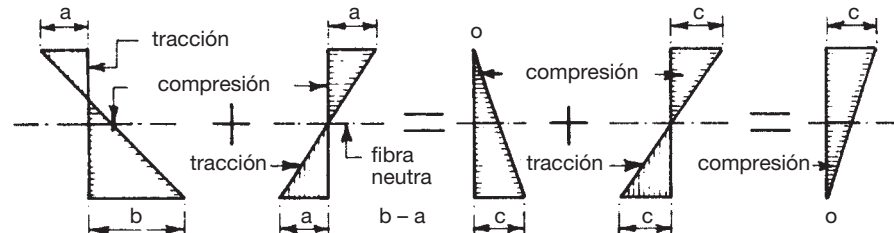
### Comparación entre el hormigón armado y el pretensado



VIGA DE HORMIGÓN ARMADO



VIGA PRETENSADA



$$\text{PRECOMPRESIÓN} + \text{CARGA ESTÁTICA} = \text{ESFUERZO TRANSFERIDO} + \text{CARGA DINÁMICA} = \text{ESFUERZO RESULTANTE}$$

DIAGRAMAS DE ESFUERZOS

## Hormigón pretensado

**Materiales:** el hormigón sufre una retracción durante el curado y también puede sufrir variaciones de dimensión debidas a la compresión. El grado de retracción y el de deformación por compresión pueden ser controlados por el proyectista decidiendo la resistencia y manejabilidad del hormigón, teniendo en cuenta que las mayores reducciones en cuanto a retracción y deformación por presión se obtienen con resistencias elevadas y manejabilidades bajas.

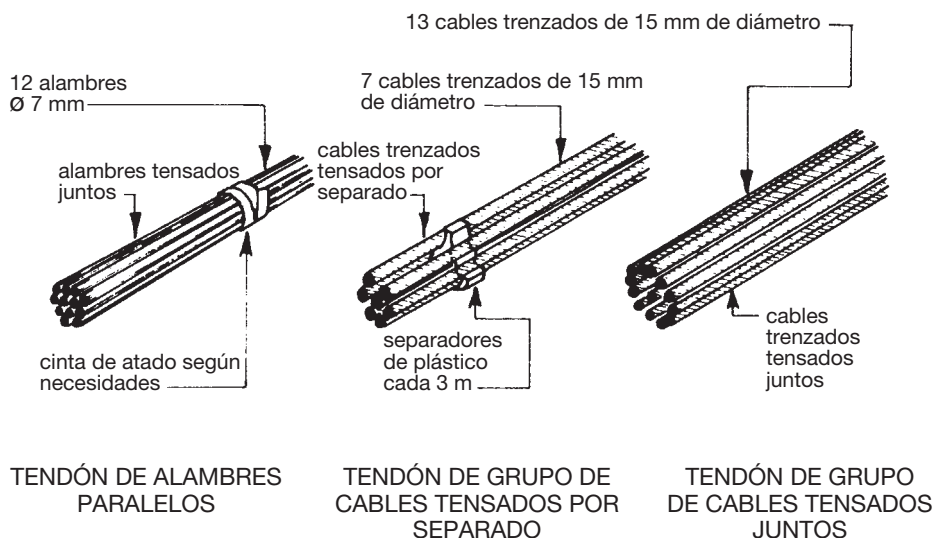
El acero deberá ser de resistencia y límite elástico altos para que su deformación bajo las fuerzas del tensado, próximas al límite elástico, sea lo suficientemente grande como para que los acortamientos del hormigón, las variaciones de dimensión y el propio relajamiento del acero no hagan bajar la compresión preestablecida sino en una mínima parte.

Si se utiliza acero dulce para el pretensado, la suma de la retracción, la deformación por compresión y las pérdidas por relajación harán bajar la compresión inducida; por tanto, para formar los cables para pretensar deben usarse aceros especiales estirados en frío, preferiblemente en forma de alambres, por tener mayor resistencia que las barras.

**Tendón:** conjunto de cables o alambres reunidos en un conducto; pueden ser de alambres de pequeño diámetro (2 a 7 mm) lisos, ondulados o indentados, individuales o agrupados formando cables. Otra forma de tendón puede ser un cable trenzado formado por un alambre central recto en torno al cual se anudan helicoidalmente otros alambres; los hay de 7 alambres (6 sobre 1) y de 19 (9 sobre 9 sobre 1) y, al igual que los alambres, pueden utilizarse individualmente o en grupos. Las principales ventajas del trenzado son:

1. Puede aplicar una gran fuerza pretensora sobre un área reducida.
2. Se suministra en forma de largos cables flexibles aptos para ser almacenados enrollados en tambores, ahorrándose espacio de almacenamiento en obra y en fábrica.

### Formatos de tendones



**Pretensado:** este método se utiliza principalmente en la producción en fábrica de componentes como dinteles, unidades de forjado y vigas pequeñas. Muchos de esos elementos se fabrican en largas cadenas de montaje donde se utilizan moldes de acero de hasta 120 m de longitud y placas separadoras para formar las diversas longitudes requeridas.

El tensado de los cables se realiza dentro del molde, antes de verter el hormigón. Para acelerar el proceso es frecuente efectuar un curado con vapor, consiguiéndose así unas resistencias características del orden de 28 N/mm<sup>2</sup> a las 24 horas y de 40 N/mm<sup>2</sup> a los 28 días.

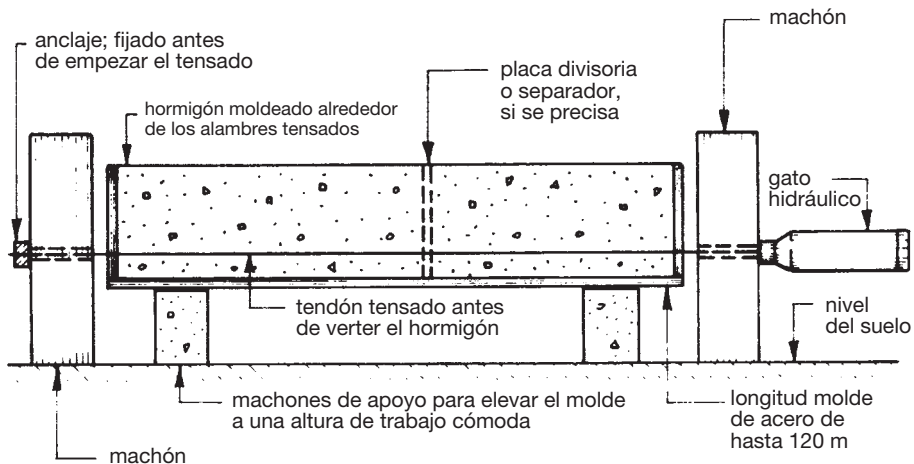
El tensado de los alambres se lleva a cabo con gatos hidráulicos, desde uno o ambos extremos del molde, hasta conseguir una sobretensión inicial del 10 % que contrarreste la pérdida de tensión consecutiva a la relajación.

Tras el curado, se sueltan o cortan los alambres; la adherencia entre los cables tensados y el hormigón se encarga de impedir que aquellos recobren su longitud original, manteniendo así la precompresión inicial.

En los extremos de las piezas, la adherencia entre los cables tensados y el hormigón no se desarrolla completamente debido a un rozamiento bajo. El resultado es una pequeña contracción y una tumefacción en los extremos del cable formando de hecho un anclaje en forma de cono. La longitud sobre la que se produce esta contracción recibe el nombre de longitud de transferencia, y está comprendida entre 80 y 120 veces el diámetro del cable.

Para conseguir una mayor superficie global de contacto, es práctica habitual usar un número mayor de alambres de menor diámetro, antes que un número pequeño de cables de mayor diámetro, en el bien entendido de que la sección global sea la misma.

#### Organización tipo de la operación del pretensado



## Hormigón postensado

**Postensado:** este método se emplea habitualmente cuando el tensado tiene lugar en obra, después de moldear un componente in situ o cuando hay que juntar una serie de unidades de hormigón prefabricado para formar el elemento requerido.

También puede emplearse cuando haya que utilizar tendones curvos para absorber los momentos negativos. En el postensado, el hormigón se moldea en torno a vainas o camisas en las que se alojan los cables.

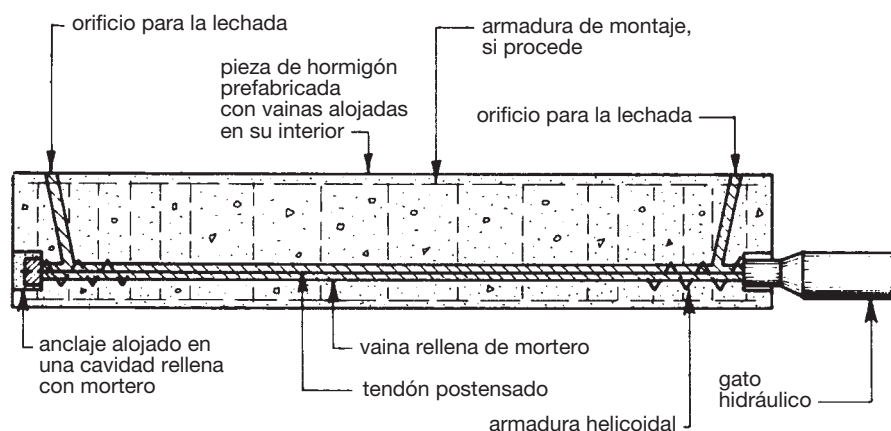
El tensado se realiza una vez el hormigón está curado, mediante gatos hidráulicos que actúan desde uno o ambos extremos de la pieza.

Los anclajes (véase página siguiente), que formarán parte de la pieza terminada, evitan que el tendón tensado vuelva a adquirir su longitud original, manteniendo así la precompresión o pretensión.

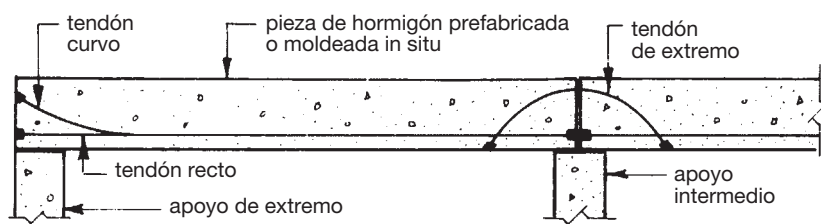
Una vez efectuado el tensado, se inyectará lechada de cemento en el espacio anular comprendido entre las camisas y los tendones, para evitar la corrosión de éstos por la humedad que pueda haber quedado en el interior de las mismas y para colaborar a la distribución de la tensión.

Dado lo elevado de las tensiones localizadas en las posiciones de los anclajes, es frecuente introducir en el diseño una armadura helicoidal de refuerzo.

### Organización del postensado

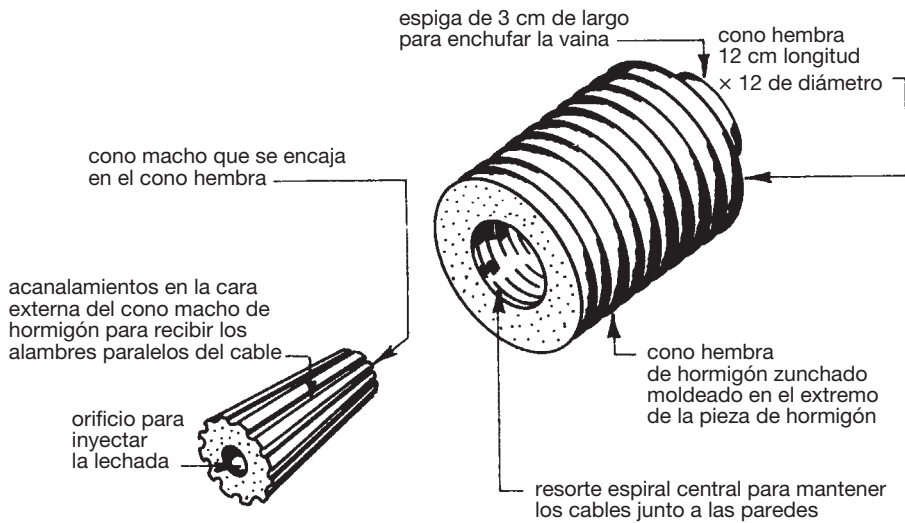


### Tendones curvos para absorber momentos negativos

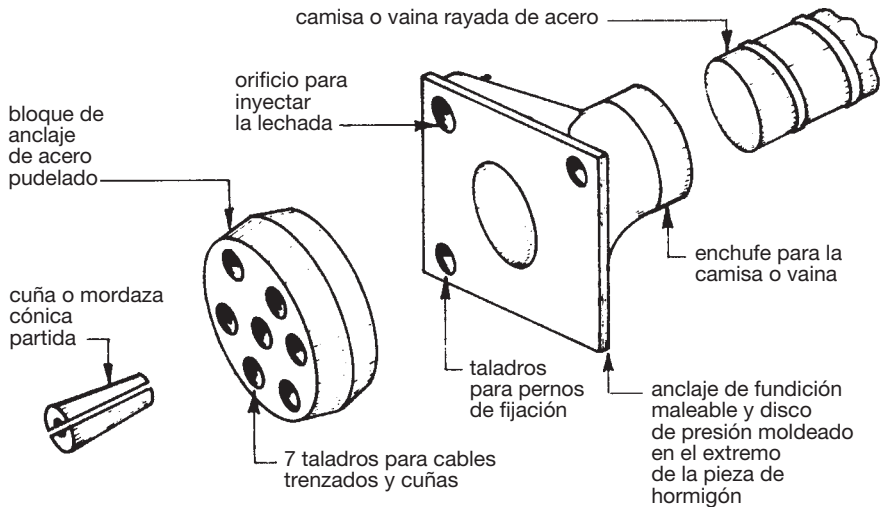


**Anclajes:** los formatos de los anclajes empleados en las piezas de hormigón postensado o pretensado dependen principalmente de si los tendones se tensan individualmente o en grupo, pero en la mayor parte de los casos se usa un sistema de cilindros zunchados por un juego de interpenetración de embudos y conos, que actúa contra una guarnición o disco de presión que asegura la protección de los anclajes.

### Detalles de un anclaje tipo



### ANCLAJE FREYSSINET



### ANCLAJE PARA TENDÓN DE CABLES TENSADOS POR SEPARADO



**Comparación con el hormigón armado:** vamos a enumerar, en líneas generales, las principales ventajas e inconvenientes del hormigón pretensado comparado con el hormigón armado, aunque en el análisis final, cada estructura y/o componente deberá ser valorado según sus propios méritos.

Ventajas principales del pretensado:

1. Aprovecha al máximo la resistencia a compresión inherente al hormigón.
2. Aprovecha al máximo las altas características de las aleaciones especiales de acero empleadas para formar los tendones.
3. Elimina las fisuras de tracción reduciendo así el peligro de corrosión de los componentes de acero.
4. Reduce los esfuerzos cortantes.
5. Reduce las secciones de las piezas en igualdad de condiciones de luz y carga, con la consiguiente reducción de peso.
6. Permite unir unidades de hormigón prefabricado para formar un elemento compuesto.

Desventajas principales del pretensado:

1. Requiere unos elevados niveles de control sobre los materiales, diseño y cualidad de la mano de obra.
2. Las aleaciones especiales de acero del pretensado son más caras que los aceros tradicionales utilizados en el hormigón armado.
3. Coste adicional del equipo necesario para llevar a cabo las operaciones del pretensado.
4. Coste adicional de los requisitos de seguridad durante la operación de tensado de los tendones.

Como norma comparativa de carácter general entre las dos opciones estructurales, suele admitirse que:

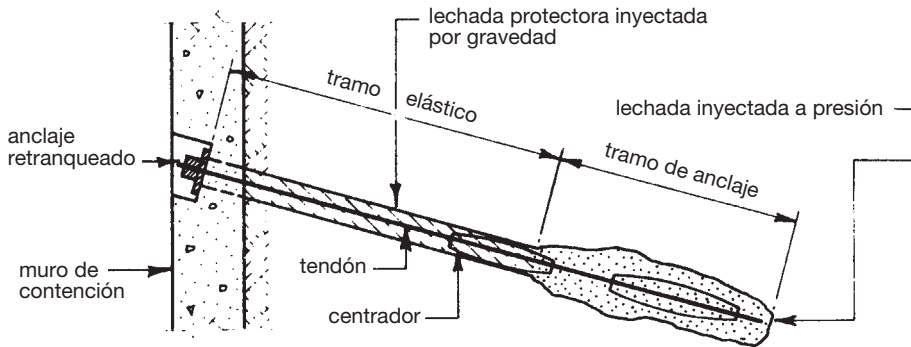
1. Hasta 6 m de luz, el hormigón armado tradicional es más económico que el pretensado.
2. Para luces comprendidas entre 6 y 9 m, las dos opciones son comparables.
3. Para luces superiores a 9 m, el hormigón pretensado es más económico que el hormigón armado.

Cabe resaltar que, por lo general, los pilares y muros no requieren pretensado, aunque en pilares y muros de contención muy altos, con grandes momentos flectores, las técnicas de pretensado pueden resultar económicamente interesantes.

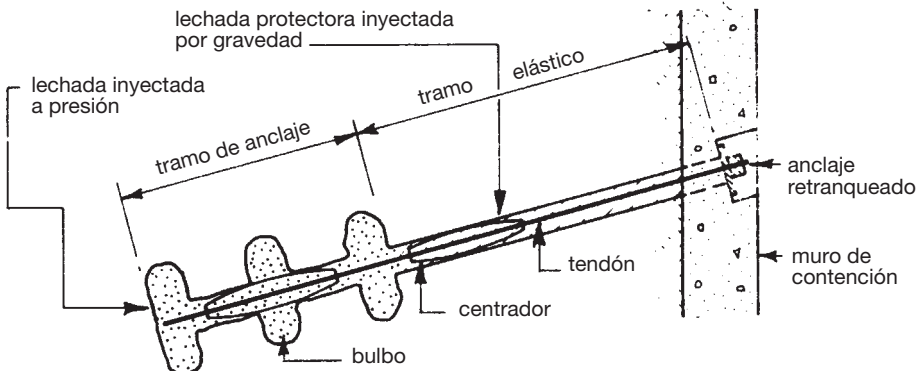
**Anclajes en el terreno:** constituyen una aplicación particular de las técnicas del post-tensado y pretensado, pudiendo utilizarse para formar anclajes en el terreno en las ataguías, muros de contención y muros pantalla. También pueden emplearse como tirantes verticales de anclaje al terreno de la losa del sótano u otras similares para evitar la flotación, durante y después de la obra. Los anclajes en el terreno pueden formarse con barras macizas (anclajes en roca) o con cables (anclajes en suelos granulares y cohesivos).

Para su ejecución, deberá practicarse una perforación en el terreno, revestida o no, hasta la profundidad proyectada y con el ángulo de inclinación deseado, que servirá de alojamiento del anclaje. En suelos arcillosos, el agujero de sonda deberá rematarse con un bulbo más allá de la longitud de anclaje, para garantizar la adecuada adherencia. Se inyectará una lechada de cemento a presión en la cola del anclaje para configurar una ligadura eficaz con el suelo circundante, mientras que el resto del tendón se dejará desnudo, para poder tensarlo por la parte de la cabeza e inducir así la tensión inicial. Una vez terminada la operación de tensado, el vacío que queda en torno al tramo de tendón desnudo, o tramo elástico, se rellena con lechada inyectada por gravedad.

#### Detalles de anclajes tipo



ANCLAJE EN EL TERRENO PARA SUELOS GRANULARES



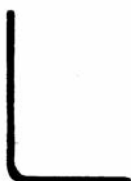
ANCLAJE EN EL TERRENO PARA SUELOS COHESIVOS

**Perfiles de acero laminados en frío:** constituyen una alternativa ligera a los, relativamente pesados, perfiles laminados en caliente que se han venido utilizando tradicionalmente como perfilería secundaria, por ejemplo, correas, viguetas y largueros para revestimientos de chapa. Por lo general, los perfiles laminados en frío tienen un grosor de pocos milímetros, lo que supone un ahorro en material, costes de manipulación y peso propio. También se fabrican en una amplia variedad de perfiles, algunos de las cuales se muestran en las figuras de abajo.

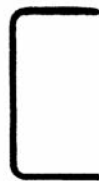
#### Perfiles tipo



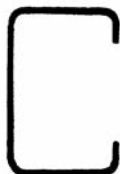
Angular de  
lados iguales



Angular de  
lados desiguales



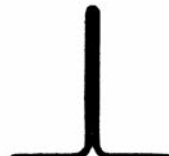
Perfil en U sencillo



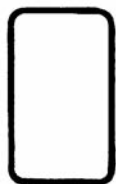
Perfil en U con  
reborde hacia adentro



Perfil en U con  
reborde hacia afuera



Perfil en T



Perfil cuadrado  
o rectangular



Perfil en Z



Perfiles sigma

Las dimensiones varían considerablemente y se fabrican muchos perfiles no normalizados para casos especiales.

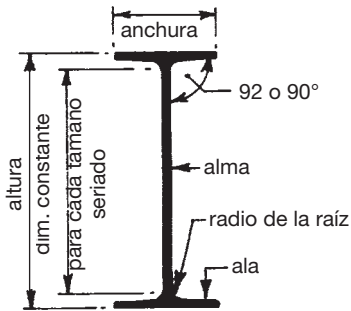
#### Normativa aplicable en España:

“Código técnico de la edificación” (CTE). “Documento básico: Seguridad estructural – Acero” (DB: SE-A).

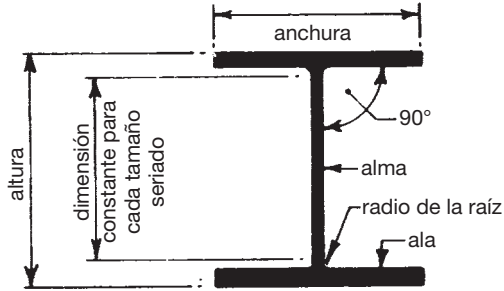
“Instrucción de acero estructural” EAE:2011.

Norma UNE EN 10162:2005: “Perfiles de acero conformados en frío. Condiciones técnicas de suministro. Tolerancias dimensionales y de la sección transversal”.

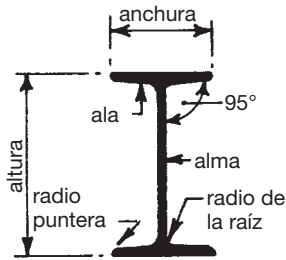
**Perfiles de acero normalizados**



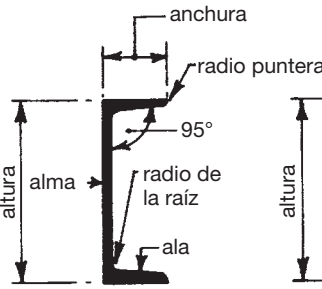
**VIGAS UNIVERSALES**  
de 203 × 133 × 25 kg/m  
a 914 × 419 × 388 kg/m



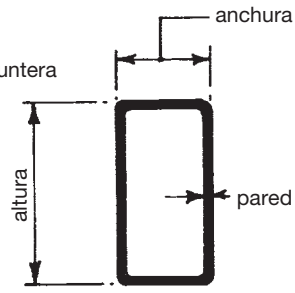
**PILARES UNIVERSALES**  
de 152 × 152 × 23 kg/m  
a 356 × 406 × 634 kg/m



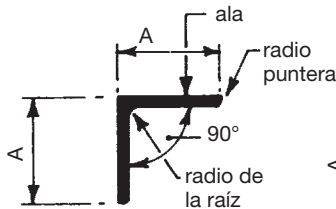
**VIGUETAS LAMINADAS**  
de 75 × 51 × 6,67 kg/m a  
203 × 102 × 25,33 kg/m



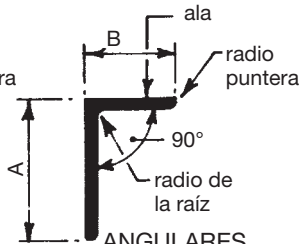
**PERFILES U**  
de 76 × 38 × 6,7 kg/m a  
432 × 102 × 66,54 kg/m



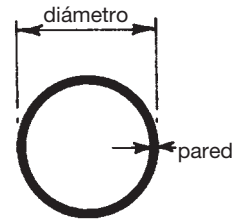
**TUBOS RECTANGULARES**  
de 50 × 25 × 2,92 kg/m a  
457 × 355 × 156 kg/m



**ANGULARES  
DE LADOS IGUALES**  
de 25 × 25 × 1,2 kg/m a  
200 × 200 × 71,1 kg/m



**ANGULARES  
DE LADOS DESIGUALES**  
de 40 × 25 × 1,91 kg/m a  
200 × 150 × 47,1 kg/m



**TUBOS REDONDOS**  
de Ø 27 × 1,89 kg/m a  
Ø 457 × 138 kg/m

**Normativa aplicable en España:**

“Código técnico de la edificación” (CTE). “Documento básico: Seguridad estructural – Acero” (DB: SE-A).

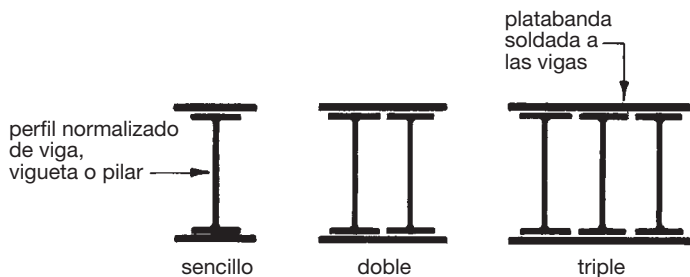
“Instrucción de acero estructural” EAE:2011.

Norma UNE EN 10025:1994: “Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro”.

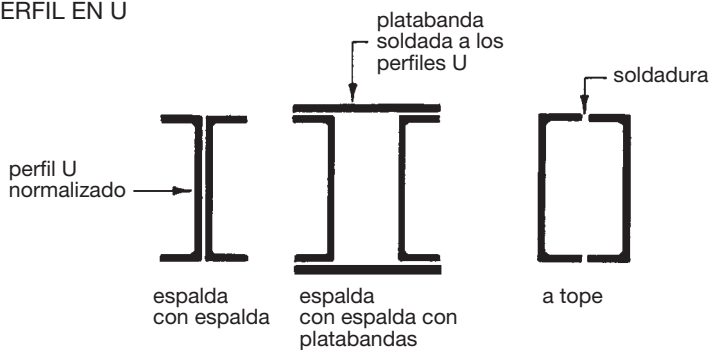
Norma UNE 36521:1996: “Productos de acero. Sección en I con alas inclinadas (antiguo IPN). Medidas, masas y datos de sección”.

**Secciones compuestas:** son las que se forman soldando dos o más perfiles normalizados. Estas composiciones se diseñan específicamente para situaciones extremas, como grandes cargas o grandes luces, cuando los perfiles normalizados resultarían insuficientes por sí solos. A continuación, se muestran algunas de las composiciones más utilizadas:

### VIGA o PILAR



### PERFIL EN U

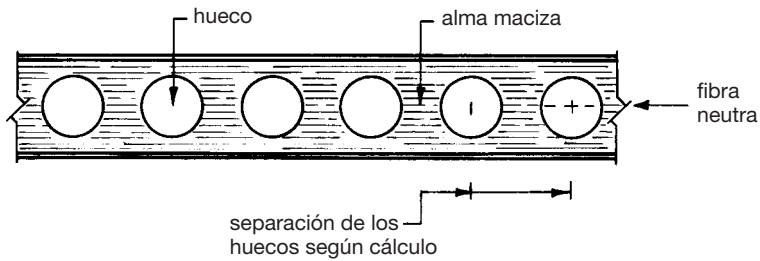


### VIGA CABALLETE

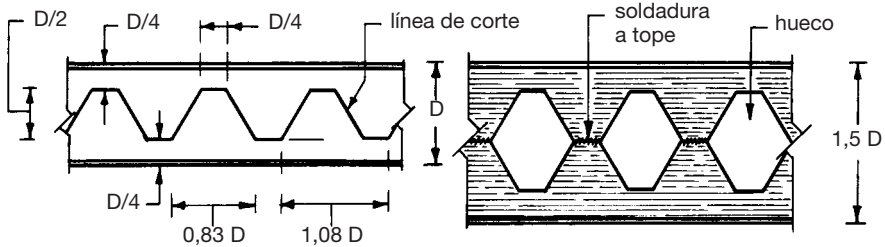


**Vigas de alma aligerada:** son particularmente adecuadas para grandes luces con cargas ligeras o moderadas. El incremento relativo del canto ayuda a resistir mejor la flexión, y los huecos en el alma reducen el peso muerto de la estructura.

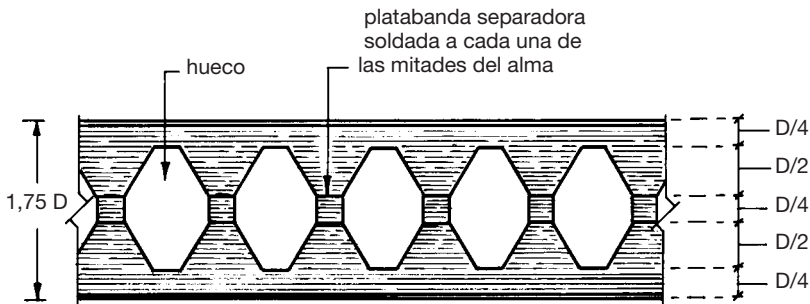
**Vigas perforadas:** son vigas normalizadas a las que se han practicado varias perforaciones circulares en lo largo de la fibra neutra.



**Vigas alveoladas:** son vigas en doble T normalizadas, con el alma cortada longitudinalmente con soplete en forma almenada. Se separan las dos mitades, se hacen coincidir las cabezas de las "almenas" y se sueldan, resultando una viga del mismo peso, más alta (el 50 % más) y de mayor momento resistente.

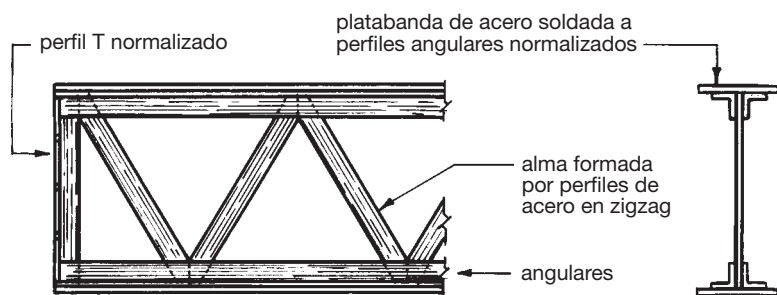


**Vigas alveoladas peraltadas:** son vigas en doble T normalizadas, con el alma cortada como las vigas alveoladas, pero de mayor altura, ya que a los extremos se les han soldado platabandas para aumentar el canto, con un incremento mínimo del peso.

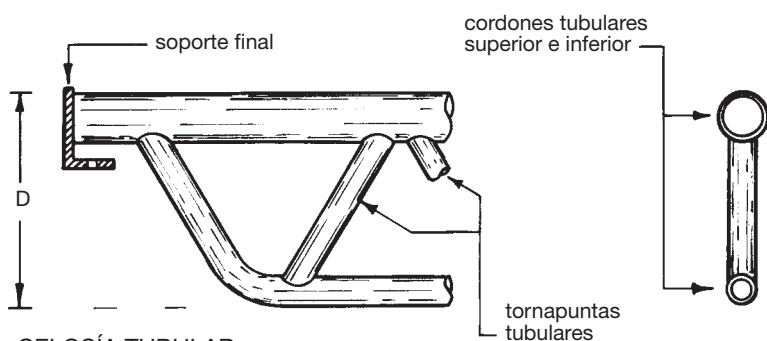


NOTA: en los extremos de las vigas de alma aligerada, los huecos del alma deben rellenarse convenientemente con platabandas soldadas, pues es en esas zonas donde se producen los mayores esfuerzos cortantes de la viga.

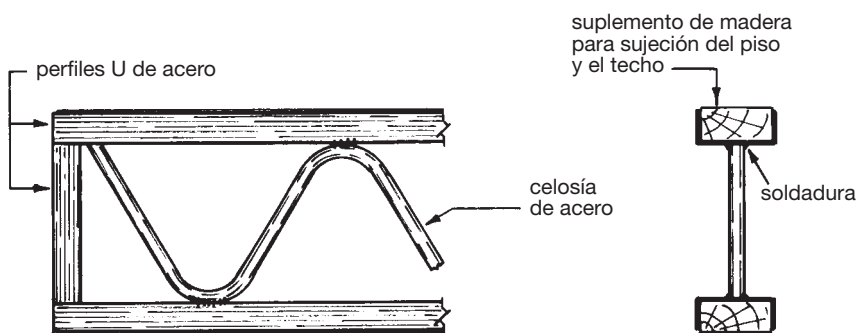
**Vigas de celosía:** constituyen una alternativa a la viga alveolada y está formada por varios perfiles normalizados de acero con el fin de componer una viga de mucho mayor canto que sus componentes y capaz de salvar luces de hasta unos 15 m. La gama de posibles componentes es muy amplia, como puede deducirse de los ejemplos que se muestran a continuación:



JÁCENA COMPUESTA



CELOSÍA TUBULAR

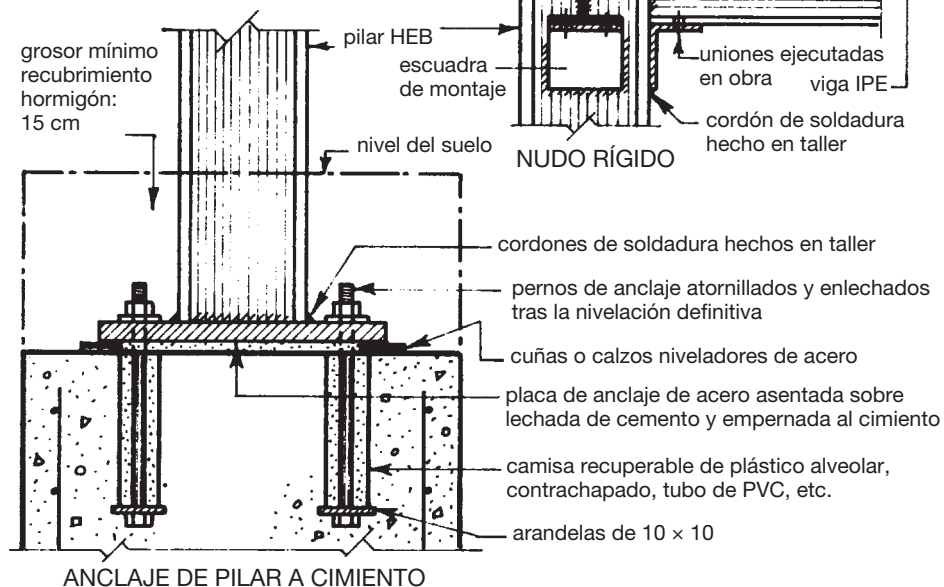
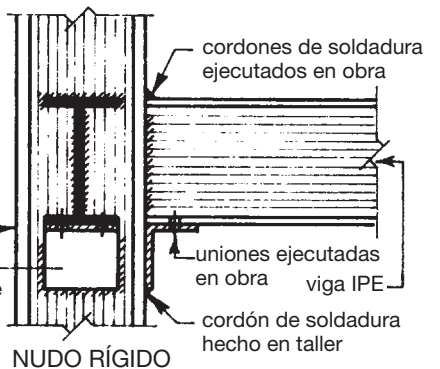
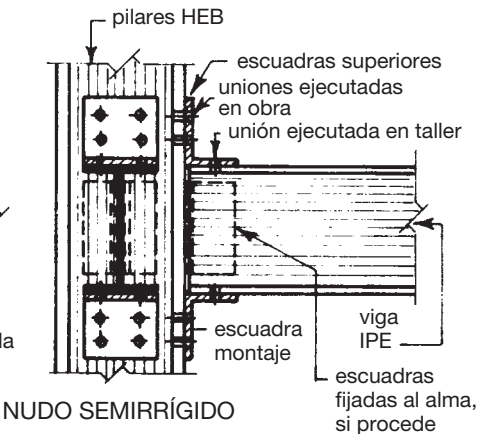
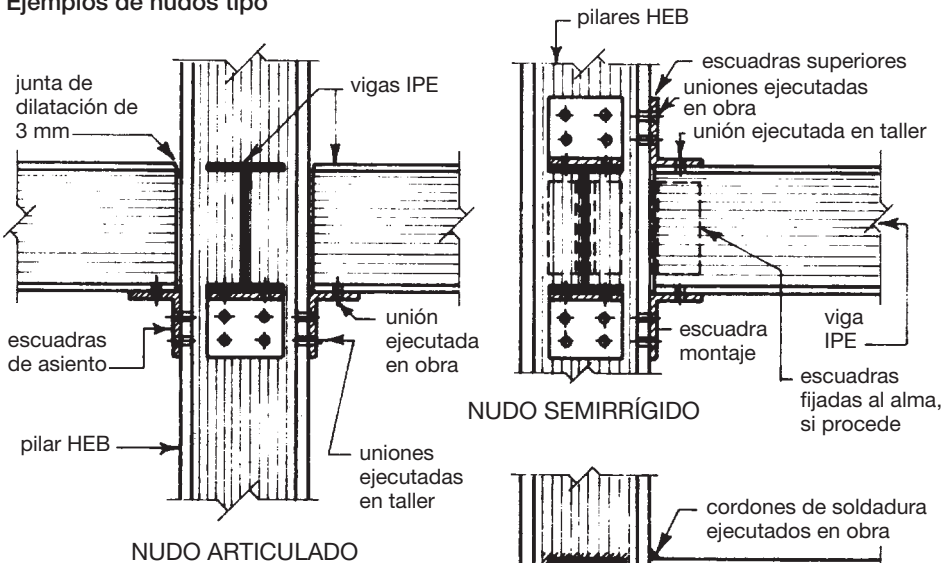


CELOSÍA DE ALMA TUBULAR CONTINUA

NOTA: la luz potencial para las vigas de celosía es de aproximadamente  $24 \times D$ .

**Nudos en estructuras de acero:** pueden ser realizados en taller o en obra, según los casos. La mayor parte de las uniones realizadas en obra es atornillada, mientras que en taller predominan las uniones soldadas. El proyecto y cálculo de las barras de acero y los nudos es tarea del calculista, quien se encarga de dimensionar las barras, escoger el tipo y número de tornillos o roblones, la medida y longitud de la garganta de las soldaduras, etc., según la resistencia asignada al nudo.

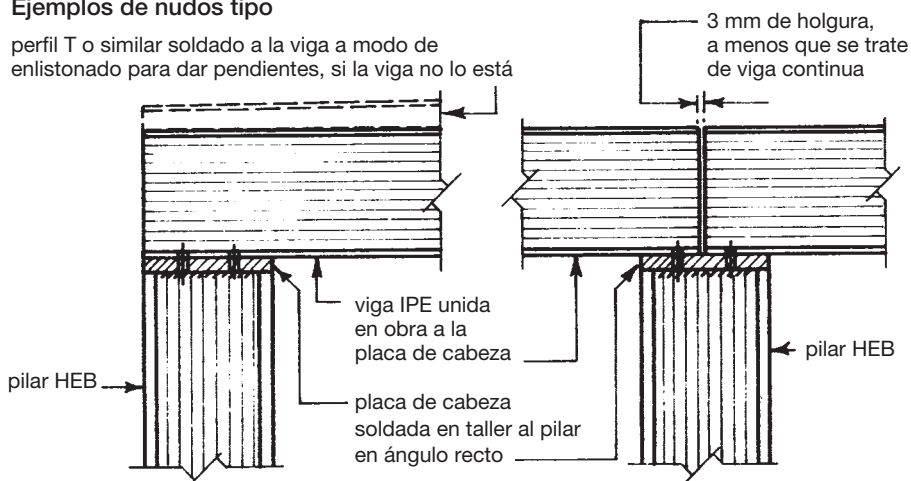
**Ejemplos de nudos tipo**



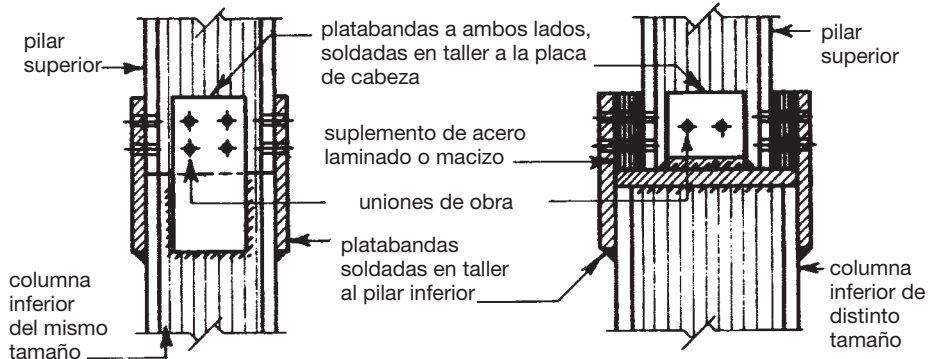


### Ejemplos de nudos tipo

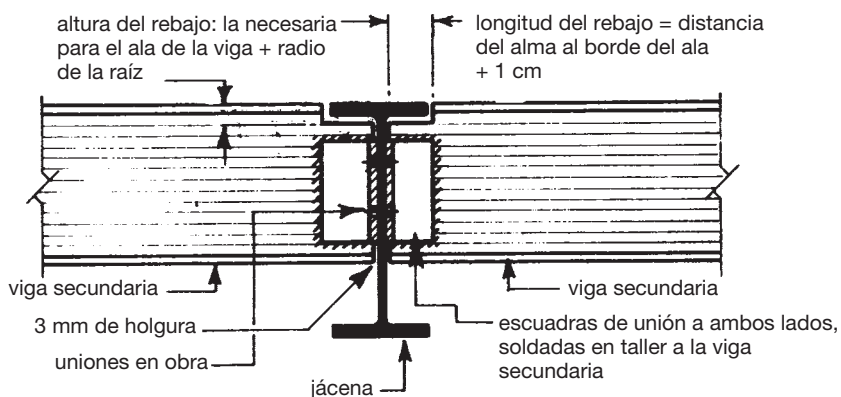
perfil T o similar soldado a la viga a modo de enlistonado para dar pendientes, si la viga no lo está



### NUDOS DE VIGA DE CORONAMIENTO Y PILAR



### UNIONES ENTRE PILARES



### NUDO ENTRE VIGAS

**Tipos:**

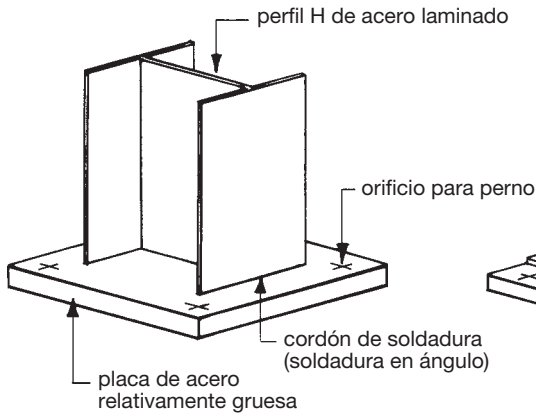
Placa de base.

Base acartelada.

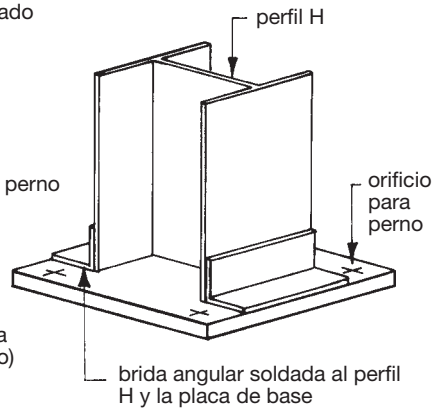
Emparrillado de acero (véase pág. 209).

El tipo seleccionado dependerá de la carga que soporta el pilar y del área de distribución de la placa. El área de la sección transversal de un perfil H concentra la carga sobre una parte relativamente pequeña de la placa de base. Por tanto, para resistir el momento flector y el esfuerzo cortante, debe calcularse la base para soportar las cargas del pilar y transmitir las a la zapata de cimentación inferior.

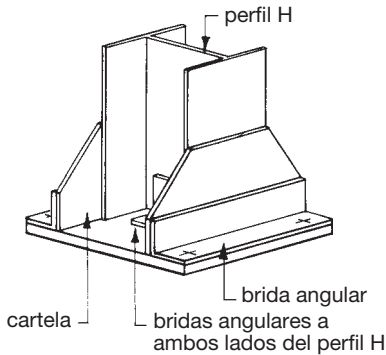
PLACA DE BASE



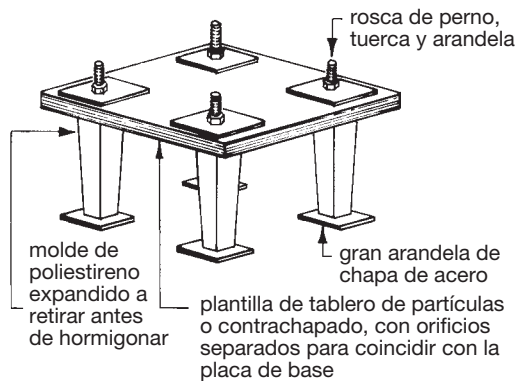
PLACA DE BASE CON BRIDAS ANGULARES



BASE ACARTELADA



CAJA EMPERNADA



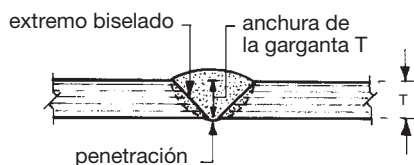
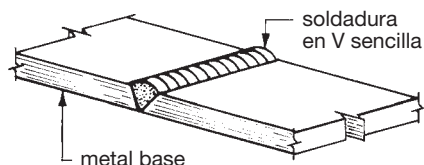
**Caja empernada:** plantilla que se usa para ubicar con precisión pernos de anclaje de un pilar en el hormigón fresco. Los moldes de poliestireno expandido o tubos de plástico proporcionan espacio en torno a los pernos cuando el hormigón ha fraguado. A partir de ese momento, los pernos pueden desplazarse ligeramente para ayudar a la alineación con la base del pilar.

La soldadura se emplea para prefabricar en taller el montaje de componentes secundarios de una estructura de acero, antes de su entrega en obra, donde suele recurrirse preferentemente a las uniones atornilladas.

Para soldar perfiles de acero ligeros puede emplearse un equipo de soldadura oxia-cetilénica, pero, por lo general, el uso de esos equipos se limita a cortar perfiles del tipo de los que se muestran en la pág. 503. Suele ser preferible el proceso del arco voltaico, ya que es más efectivo y eficiente. En esta técnica se utiliza un electrodo de acero fungible para fusionar las partes en contacto mediante una corriente eléctrica de gran amperaje. El potencial de la corriente y el tamaño del electrodo pueden cambiarse con facilidad para adaptarse al grosor del metal.

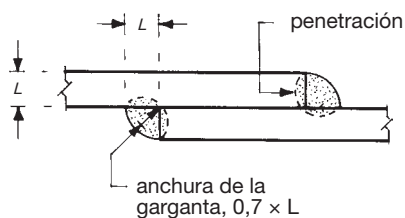
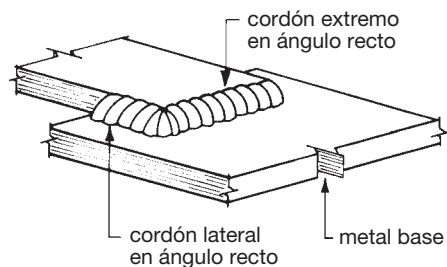
El solapamiento de perfiles facilita la ejecución de soldaduras con cordón en ángulo, pero si el solape resulta obstructor o si se precisa continuidad superficial y transmisión directa de cargas, deberá optarse por una soldadura a tope. Para asegurar una adecuada penetración con una soldadura a tope, los extremos de las piezas a soldar deben ser rectificadas con muela para crear un borde biselado. Para perfiles muy grandes, es preciso biselar ambos lados del metal, creando una junta a tope con doble soldadura.

### SOLDADURA A TOPE



NOTA: para grosores superiores del metal base se biselan ambos lados, como preparación para una soldadura en X.

### SOLDADURA EN ÁNGULO



En la actualidad, las uniones empernadas constituyen el método más socorrido para montar en obra los componentes de un edificio de entramado, aunque en el pasado predominara el roblonado, sistema de unión que todavía encontramos hoy al trabajar en edificios existentes. Los remaches apretados en frío y los remaches tubulares pueden utilizarse para montaje en taller de estructuras ligeras de acero tales como paredes de entramado, pero el proceso tradicional de remachado en caliente del acero estructural, ya sea en taller o en obra, ha sido superado mayoritariamente por otras prácticas, tanto por razones de seguridad como de conveniencia.

### **Tipos de perno:**

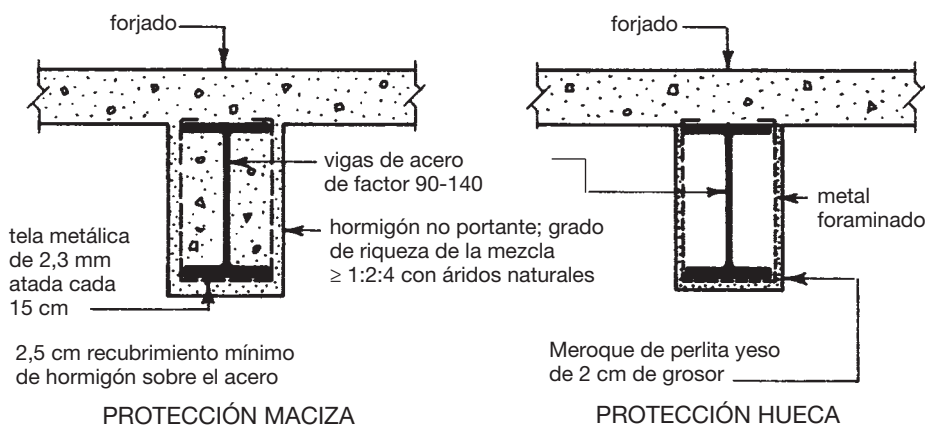
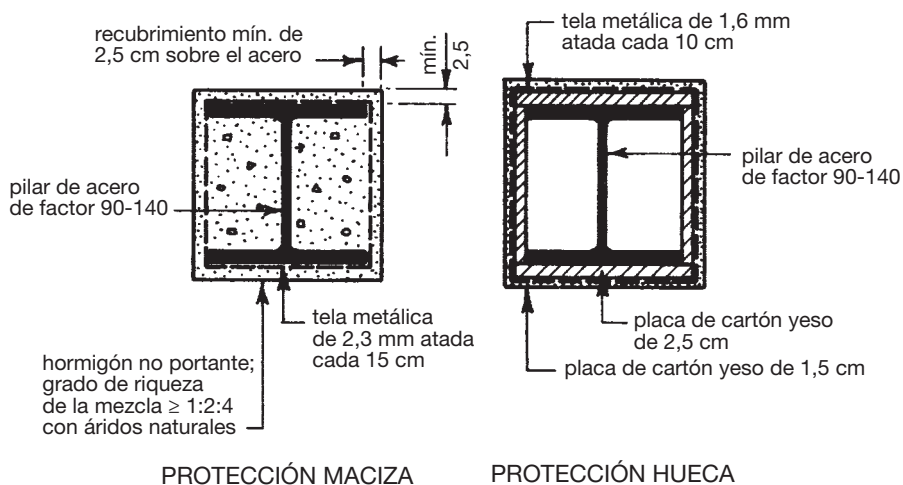
**1 Pernos negros o pernos en bruto de cabeza hexagonal:** es el tipo de perno más barato y menos preciso pues solo lleva trabajada la rosca y el resto va en bruto. El juego entre el vástago y el orificio es de unos 2 mm, tolerancia que facilita el montaje de las barras de la estructura. No obstante, esta imprecisión limita la aplicación de este tipo de perno al apoyo directo de los componentes sobre cartelas o escuadras de asiento o a las uniones secundarias, especialmente si los esfuerzos a transmitir no son demasiado grandes.

**2 Pernos pulidos:** también llamados pernos ajustados. Estos pernos tienen el vástago cilíndrico trabajado, de manera que “llenan” el agujero sin un juego apreciable (unos 0,5 mm). Son adecuados en aquellos casos en que se exige una gran precisión, por la necesidad de transmitir grandes fuerzas, o cuando se desea que el movimiento de las uniones sea mínimo.

**3 Pernos de alta resistencia pretensados:** en ocasiones reciben el nombre de pernos de torsión. Una junta de este tipo hace trabajar al perno a tracción y a la junta en sí por rozamiento, a causa de la gran presión de contacto que engendra la apretadura del tornillo. Se producen uniones aptas para resistir toda clase de solicitaciones, incluso momentos, y por tanto pueden utilizarse para la formación de nudos rígidos. Estos tornillos se fabrican con acero aleado de gran resistencia a la tracción. El número de tornillos requerido para hacer un nudo es menor que el que se requeriría con otra clase de perno.

**Resistencia al fuego de las estructuras de acero:** aunque el acero sea un material incombustible, con unas propiedades de propagación superficial de la llama prácticamente despreciables, lo cierto es que no se comporta bien frente al fuego. En los momentos iniciales del incendio, el acero gana en resistencia, la cual se reducirá nuevamente a la normal cuando se alcancen temperaturas entre 250 y 400 °C, y continuará decreciendo hasta que la temperatura del acero llegue a los 500 °C, momento en que habrá perdido la mayor parte de su resistencia. Dado que cuando se produce un incendio el aumento de temperatura es muy rápido, la mayoría de estructuras de acero precisa de alguna protección que le confiera un cierto grado de resistencia inicial desde el punto de vista del tiempo. Para determinar la estabilidad al fuego de los elementos estructurales de acero protegidos, se considera adecuado el método de desarrollo en la norma UNE-ENV 13381-4:2005: "Ensayos para determinar la contribución a la resistencia al fuego de los elementos estructurales. Parte 4: Protección aplicada a elementos de acero". Para cálculos de factores de sección, véase la página siguiente.

### Ejemplos tipo para una resistencia al fuego de 120 min



Para el cálculo de las secciones, véase página siguiente.

**Factores de sección:** son unos criterios de protección contra incendios extraídos de unas tablas de la publicación británica *Design Guide for the Fire Protection of Buildings*. Esos factores pueden utilizarse para determinar el grosor mínimo de los elementos estructurales, o el recubrimiento de material de protección necesario. En la “Nueva instrucción española de acero estructural”, y en concreto en el capítulo XII: “Proyecto de estructuras de acero frente al incendio”, pueden hallarse estas tablas para el cálculo de factores de sección correspondientes a perfiles con y sin revestimiento protector. Los factores de sección se clasifican en:  $< 90$ ,  $90-140$  y  $> 140$ , y pueden calcularse con la siguiente fórmula:

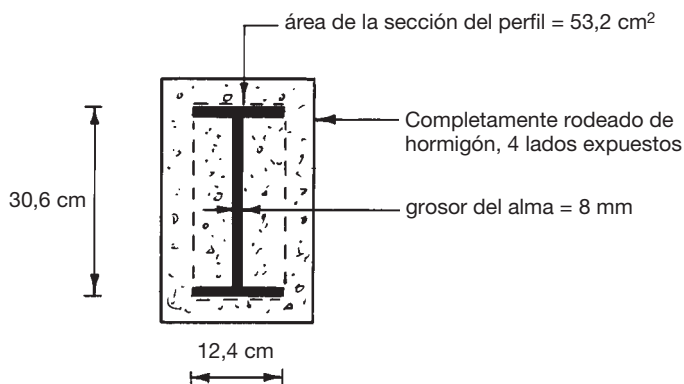
Factor de sección =  $H_p/A$  ( $m^{-1}$ ), donde

$H_p$  = perímetro de la sección expuesta al fuego (m)

$A$  = área de la sección transversal de acero del perfil ( $m^2$ ) [puede encontrarse en cualquier tabla de valores estáticos de perfiles normalizados]

Ejemplos:

perfil universal doble T de  $30,5 \times 12,7$  cm y 42 kg/ml de peso\*

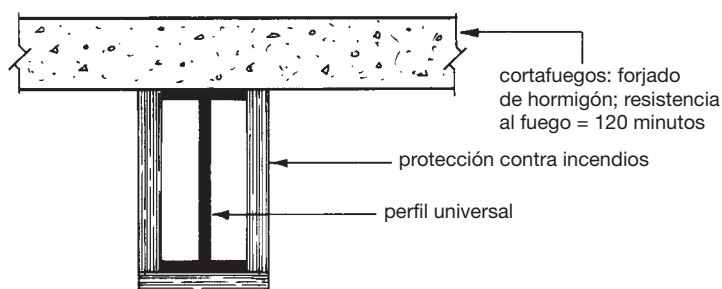


$$H_p = (2 \times 124,3) + (2 \times 306,6) + 2(124,3 - 8) = 1,0944 \text{ m}$$

$$A = 53,2 \text{ cm}^2 \text{ o } 0,00532 \text{ m}^2$$

$$\text{Coeficiente de sección: } H_p/A = 1,0944/0,00532 = 205$$

Como la viga de arriba, pero sólo tres lados expuestos



$$H_p = 124,3 \text{ mm} + (2 \times 306,6) + 2(124,3 - 8) = 0,9701 \text{ m}$$

$$A = 53,2 \text{ cm}^2 \text{ o } 0,00532 \text{ m}^2$$

$$\text{Coeficiente de sección: } H_p/A = 0,9701/0,00532 = 192$$

\* Estos valores difieren ligeramente de los perfiles normalizados usados en España. El perfil normalizado español que más se aproxima al del ejemplo es el IPE 300, con unas dimensiones de canto y ala de 30 y 15 cm, respectivamente, un momento resistente respecto al eje  $x$  de 557 cm³, y un peso de 42,2 kg/ml.

### Cálculo de una viga simple (flexión):

Fórmula:  $W = \frac{M}{\sigma}$

donde:  $W$  = momento o módulo resistente

(depende de las características geométricas de la pieza)

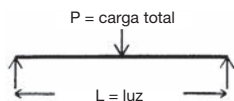
$M$  = momento flector que actúa sobre la sección considerada

$\sigma$  = tensión máxima admisible del material

(normalmente 165 N/mm<sup>2</sup> para los perfiles de acero laminado)

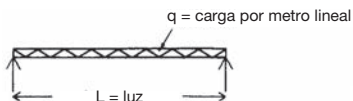
En las vigas simples, el momento flector se calcula de la siguiente manera:

#### (a) Cargas puntuales



$$M = \frac{PL}{4}$$

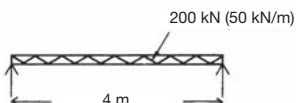
#### (b) Cargas uniformemente repartidas



$$M = \frac{qL^2}{8} \text{ o bien } \frac{PL}{8}$$

$$\text{donde } P = q \times L$$

### Ejemplo



$$M = \frac{qL^2}{8} = 50 \times \frac{4^2}{8} = 100 \text{ kNm}$$

$$M = \frac{M}{\sigma} = 100 \times \frac{10^6}{165} = 606 \text{ cm}^3$$

Consultando en una tabla de cálculo de perfiles laminados (véase nota al pie de la página anterior), puede verse que un perfil universal de 305 × 127 × 48 kg/ml, con un momento resistente de 612,4 cm<sup>3</sup> respecto al eje X, cumpliría satisfactoriamente con el momento resistente calculado de 606 cm<sup>3</sup>.

NOTA: la carga total en kN se calcula sumando el peso de los materiales y multiplicando por la gravedad; es decir,  $\text{kg} \times 9,81 = \text{Newton}$ .

A esa carga hay que añadir todas las sobrecargas\*:

Sobrecarga de uso (personas y mobiliario): 1,5 kN/m<sup>2</sup>

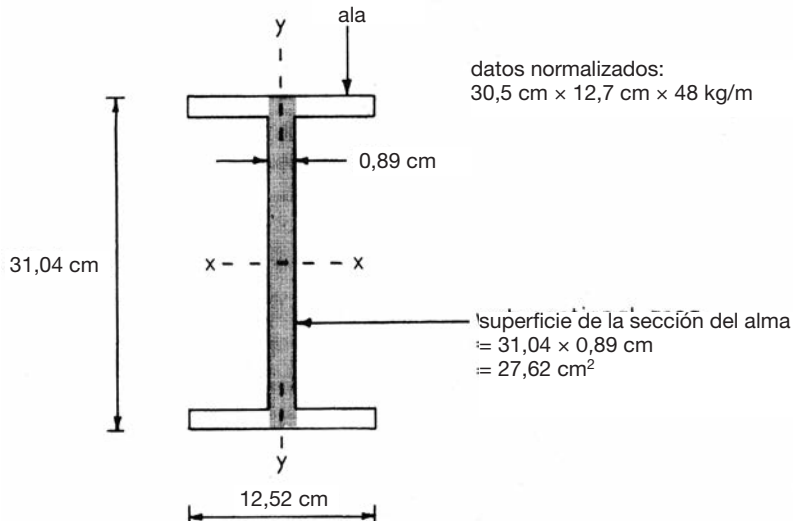
Sobrecarga de nieve (en cubiertas de pendiente ≤ 30°): 1,5 kN/m<sup>2</sup>

Sobrecarga de nieve (en cubiertas de pendiente > 30°): 0,75 kN/m<sup>2</sup>

\* En España, estas acciones (pesos propios, empujes, sobrecargas, etc.) que deben ser adoptadas en el cálculo de la estructura de cualquier edificio, vienen reguladas en el “Código técnico de la edificación” (CTE). “Documento básico: Seguridad estructural. Acciones en la edificación”.

### Cálculo de una viga simple (esfuerzo cortante)

La sección del perfil del ejemplo anterior es:



El esfuerzo cortante máximo se produce normalmente en los puntos de apoyo, es decir, cerca de los extremos de la viga.

A continuación se calcula el esfuerzo cortante medio de la sección del alma.

Utilizando el ejemplo anterior, con una carga uniformemente repartida a lo largo de la viga de 200 kN, el esfuerzo cortante en cada uno de sus apoyos será de 100 kN.

$$\begin{aligned}
 \text{Por lo tanto, la tensión cortante media} &= \frac{\text{esfuerzo cortante}}{\text{sección del alma}} = \\
 &= \frac{100 \times 10^3}{2.762,56} \\
 &= 36,2 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

De acuerdo con la norma británica BS449\*, en el caso de un acero cuya resistencia a la tracción sea de 430 N/mm<sup>2</sup>, el esfuerzo cortante admisible en el alma será de 110 N/mm<sup>2</sup>. Por lo tanto, el perfil universal del ejemplo, de medidas 30,5 cm × 12,7 cm × 48 kg/m, cuya tensión cortante media es de 36,2 N/mm<sup>2</sup>, es capaz de resistir desahogadamente las fuerzas aplicadas.

\* Sobre la designación en España se utiliza la nomenclatura correspondiente a las normas UNE-EN 10025 y UNE-EN 10210-1, adoptada también por el "Código técnico de la edificación" (CTE). "Documento básico: Seguridad estructural. Acero" (DB SE-A).

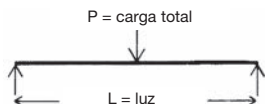


### Cálculo de una viga simple (flecha)

La flecha originada por la carga no debe exceder el 1/360 de la luz.\*

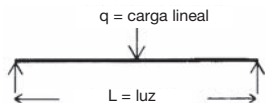
La fórmula para determinar el valor de la flecha varía según se trate de:

#### (a) Carga puntual



$$\text{flecha} = \frac{PL^3}{48EI}$$

#### (b) Carga uniformemente repartida



$$\text{flecha} = \frac{5PL^3}{384EI}$$

$P$  = carga en kN

$L$  = luz en cm

$E$  = módulo de elasticidad o de Young (para el acero,  $E = 21.000 \text{ kN/cm}^2$ )

$I$  = momento de inercia de la sección respecto al eje X

Acudiendo de nuevo al ejemplo de carga uniforme de 200kN sobre una viga de 4 m de luz:

$$\text{flecha} = \frac{5PL^3}{384EI} = \frac{5 \times 200 \times 43 \times 100^3}{384 \times 21.000 \times 9.504} = 0,835 \text{ cm}$$

La flecha máxima admisible es 1/360 de 4m = 1,11 cm.

Por lo tanto, la flecha de 0,835 cm ( $< 1,11 \text{ cm}$ ) es aceptable.

\* En España, el "Código técnico de la edificación" (CTE) define en el DB-SE, Seguridad Estructural, las flechas máximas admisibles según el tipo de construcción.

### Cálculo de un pilar simple

Los pilares o puntales de acero tienden a la flexión lateral, o pandeo, bajo la acción de cargas importantes. Este efecto puede atribuirse a:

- (a) la longitud
- (b) el área de su sección transversal
- (c) el modo de sujeción de sus extremos
- (d) la forma de su sección transversal

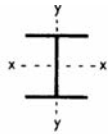
Las condiciones (b) y (d) pueden englobarse en una propiedad geométrica de la sección que se llama radio de giro ( $r$ ). El radio de giro mínimo de una sección se calcula con la siguiente fórmula:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

donde  $I$  = momento de inercia de la sección ( $\text{cm}^4$ )

$A$  = área de la sección ( $\text{cm}^2$ )

NOTA: obsérvese que los valores de  $r$ ,  $I$ ,  $A$  aparecen en cualquier tabla de valores estáticos de perfiles normalizados.



El radio de giro respecto al eje Y es el que se usa para el cálculo, ya que este es normalmente el eje más débil.

La longitud de un pilar afecta a su grado de esbeltez y a su potencial para el pandeo. Esta longitud se calcula como una longitud virtual relativa a la forma como están sujetos los extremos. En la página siguiente se facilitan ejemplos de posición y dirección en que actúa la coacción de los extremos del pilar.

Ejemplo: sea un pilar con un perfil H de 20,3 cm × 20,3 cm × 46 kg/m, de 10 m de longitud y con ambos extremos articulados (el soporte articulado en ambos extremos solo puede desplazarse en la dirección del esfuerzo). Determinar la carga axial máxima que es capaz de soportar.

Longitud de pandeo ( $L$ ) =  $0,7 \times 10 \text{ m} = 7 \text{ m}$

El radio de giro ( $r$ ) = 51,1 mm (obtenido de cualquier tabla de valores estáticos de perfiles normalizados)

$$\text{Grado de esbeltez} = \frac{L}{r} = \frac{7 \times 10^3}{51,1} = 137$$

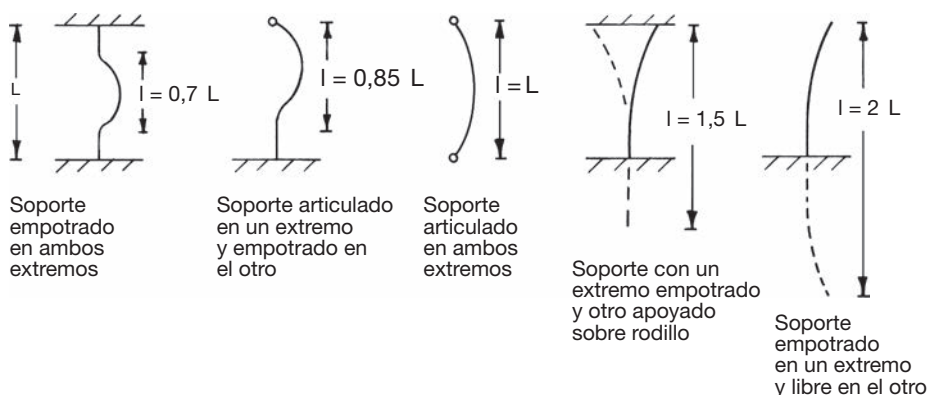
Mediante tablas se obtiene que la tensión admisible del acero según tipo = 48 N/mm<sup>2</sup>  
Sección transversal del soporte = 5.880 mm<sup>2</sup>

$$\text{Carga axial total} = \frac{48 \times 5.880}{10^3} = 283 \text{ kN } (\sim 28 \text{ t}).$$

La tendencia de un soporte al pandeo depende de su esbeltez, entendiendo por tal la relación entre la longitud de pandeo y el radio de giro de la sección bruta de la pieza.

**Longitudes de pandeo de soportes a compresión:**

| Condiciones de extremo del soporte                      | Longitud de pandeo relativa a la longitud real del soporte |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Ambos extremos empotrados                               | 0,7                                                        |
| Articulado un extremo y empotrado el otro               | 0,85                                                       |
| Ambos extremos articulados                              | 1                                                          |
| Empotrado un extremo y apoyado sobre rodillo en el otro | 1,5                                                        |
| Empotrado un extremo y libre el otro                    | 2                                                          |



El soporte empotrado en ambos extremos, mediante vigas u otros medios de retención, solo puede desplazarse en la dirección de su eje. El soporte articulado en ambos extremos, mediante pernos de pasador o bisagras, solo puede desplazarse en la dirección del esfuerzo.

Las longitudes de pandeo que se muestran en las figuras solo son aplicables a las estructuras más sencillas, como, por ejemplo, a edificios de una sola planta. Cuando se presentan variantes, como arriostramientos de los pilares, para el cálculo de las longitudes de pandeo habrá que aplicar ciertos factores correctores.

**Pórticos:** estructuras bidimensionales rígidas cuya característica común básica es la unión rígida entre los pilares y la viga o cabecero.

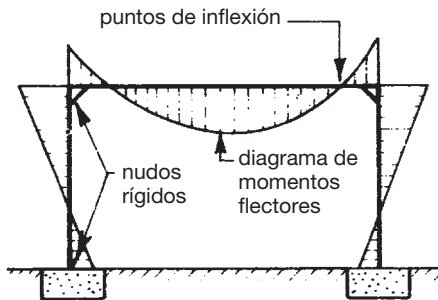
El objetivo principal de estas estructuras es reducir el momento flector de la viga permitiendo que el marco actúe como una unidad estructural.

La transmisión de los momentos de la viga a los pilares tiende a producir un movimiento de rotación en los cimientos que puede evitarse mediante la introducción de una articulación en las uniones de cimientos y pilares.

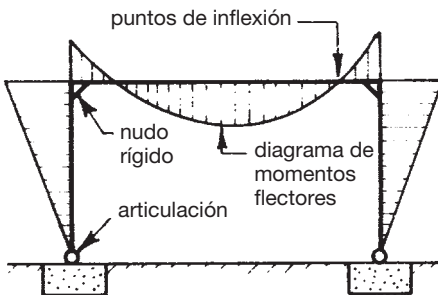
La articulación permite el libre movimiento de rotación en torno al pivote de sujeción, al tiempo que transmite la carga y el esfuerzo cortante de un elemento a otro.

En la práctica, no siempre se requiere una articulación pura, pero sí una que permita el suficiente giro como para asegurar que la rigidez en el nudo sea lo bastante baja como para inhibir la tendencia al movimiento de rotación.

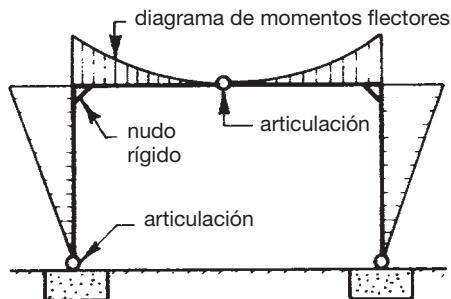
#### Formatos de pórticos tipo de una sola planta



**PÓRTICO RÍGIDO BIEMPOTRADO:** todos los nudos son rígidos, lo que se traduce en unos momentos inferiores a los generados en otros formatos. Se utilizan cuando las luces son pequeñas o medias y los momentos en los cimientos no son excesivos.

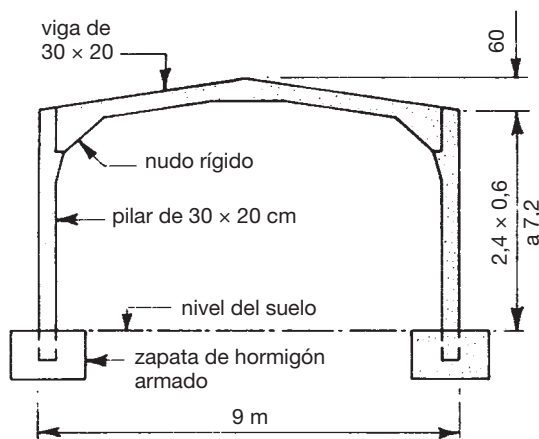


**PÓRTICO BIARTICULADO:** las uniones entre los pies derechos y los cimientos se materializan mediante articulaciones, para eliminar la tendencia del cimiento al giro. Se emplean cuando coincidan momentos elevados en las bases con terrenos flojos.

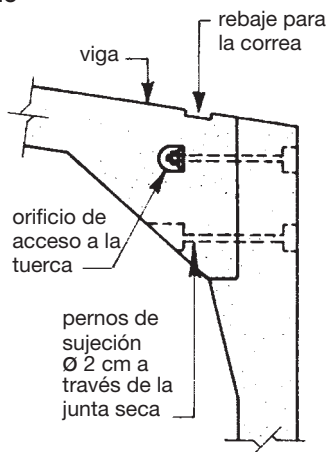


**PÓRTICOS TRIARTICULADOS:** el uso de articulaciones en las bases y en el centro del cabecero reduce el momento flector en la viga pero aumenta la flecha. Se usa como alternativa al pórtico de dos articulaciones.

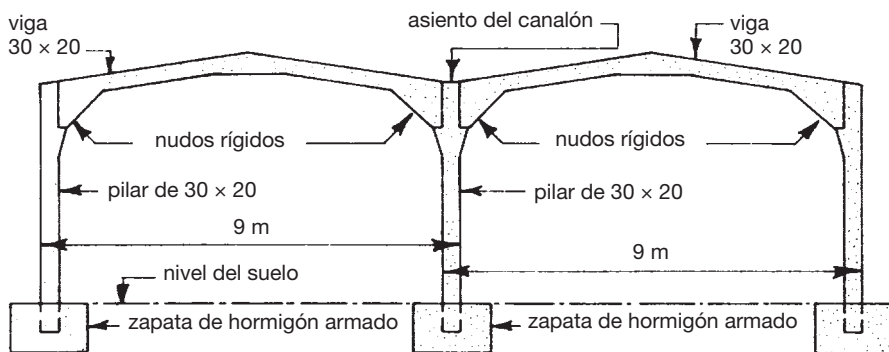
Detalles tipo de un pórtico de hormigón prefabricado



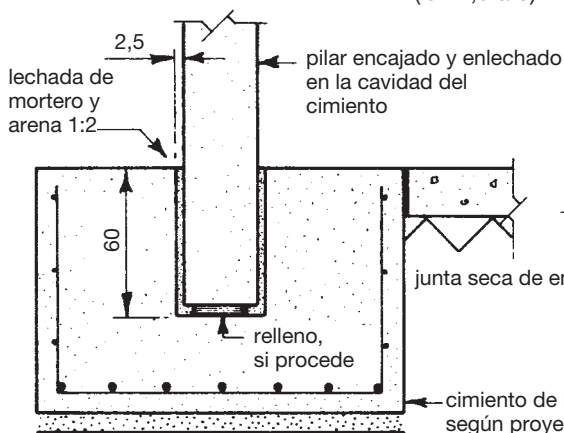
PÓRTICO DE UN ÚNICO VANO  
(luz 4,5 a 6)



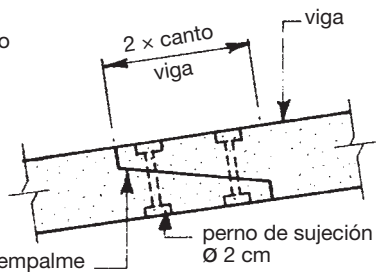
NUDO VIGA-PILAR



PÓRTICO DE VARIOS VANOS  
(luz 4,5 a 6)

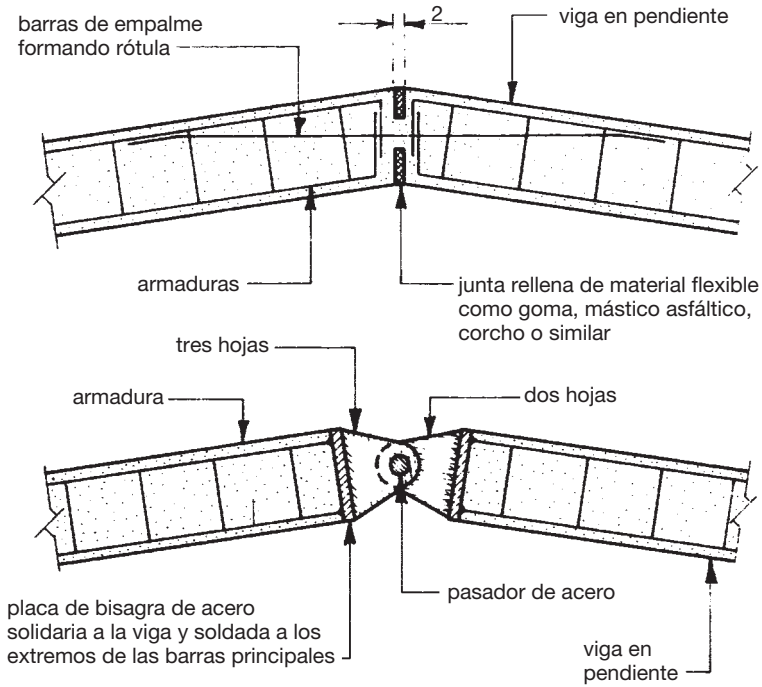


DETALLE DE CIMIENTO TIPO

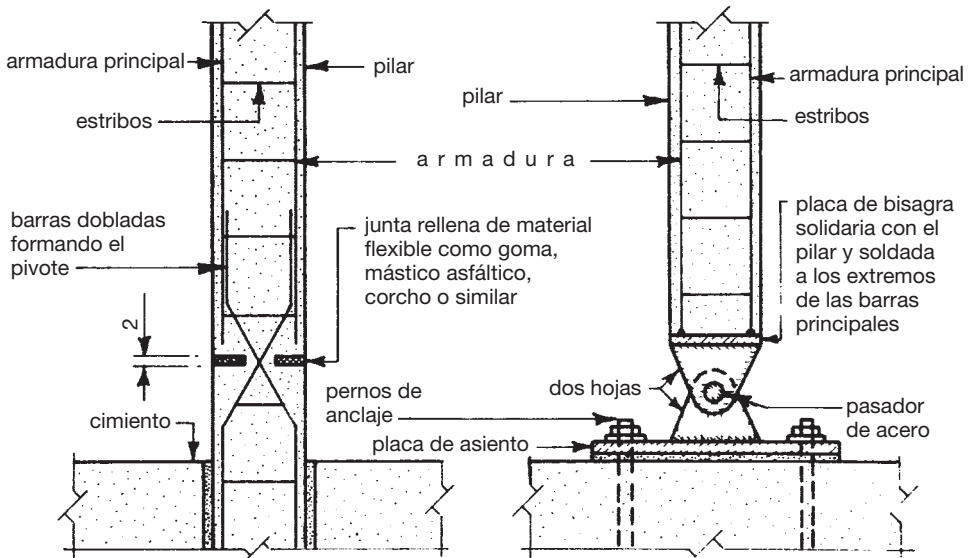


JUNTA DE EMPALME  
(ubicada en el punto de inflexión)

### Detalles de articulaciones tipo de pórticos de hormigón prefabricado

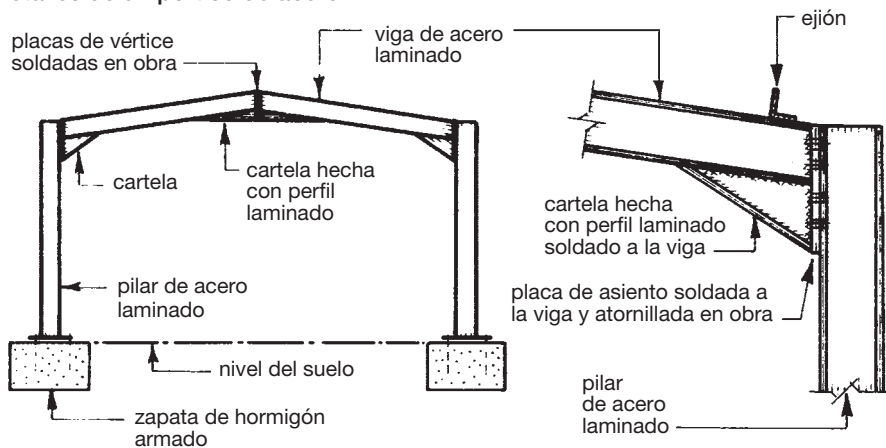


### DETALLE DE VÉRTICE ARTICULADO TIPO



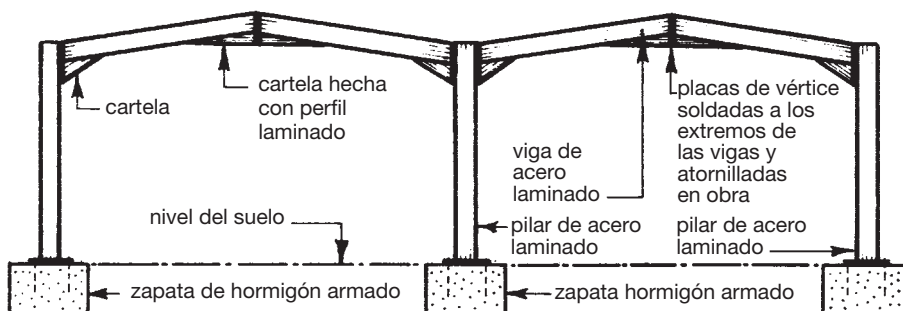
### DETALLES DE UNIÓN ARTICULADA AL CIMIENTO

### Detalles de un pórtico de acero

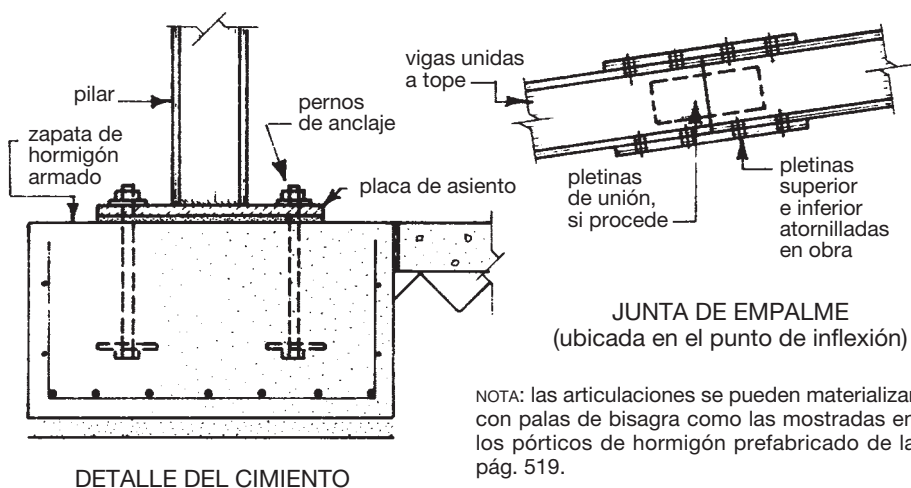


PÓRTICO TIPO DE UN ÚNICO VANO

NUDO VIGA-PILAR



PÓRTICO TIPO DE VARIOS VANOS



NOTA: las articulaciones se pueden materializar con palas de bisagra como las mostradas en los pórticos de hormigón prefabricado de la pág. 519.

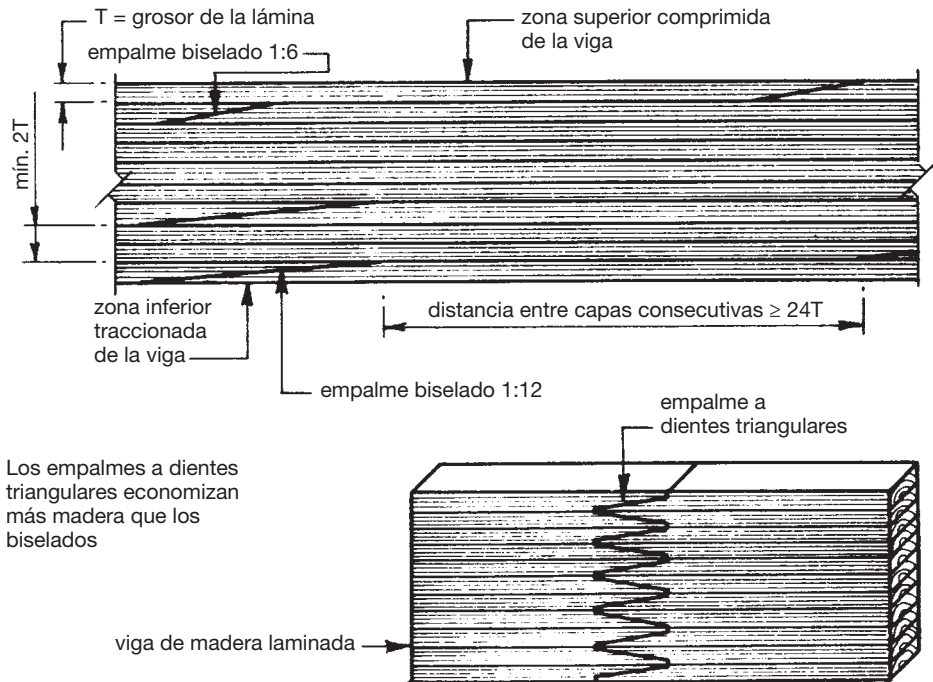
**Madera laminada:** se utiliza para construir vigas, nervios, arcos, pórticos y otros elementos estructurales; consiste en unir varias chapas de madera superpuestas y pegadas mediante un encolado especial, de manera que la dirección de las fibras de cada una de ellas sea paralela al eje longitudinal del elemento estructural.

**Láminas:** son las diversas chapas y pueden juntarse entre sí a lo ancho y a lo largo.

### Empalmes

**En sentido transversal:** las juntas entre capas consecutivas deben solaparse en una medida que sea la mayor de las siguientes: el doble del grosor de la capa o un cuarto de su anchura.

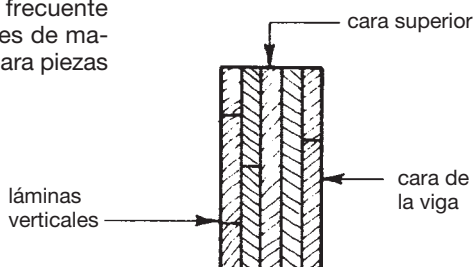
**En sentido longitudinal:** pueden usarse empalmes de cola de pescado o empalmes biselados. En general, los empalmes biselados deben tener una pendiente muy suave de 1:12, aunque esta pendiente puede ser más acusada ( $\approx 1:6$ ) en la zona de la viga que trabaja a compresión:



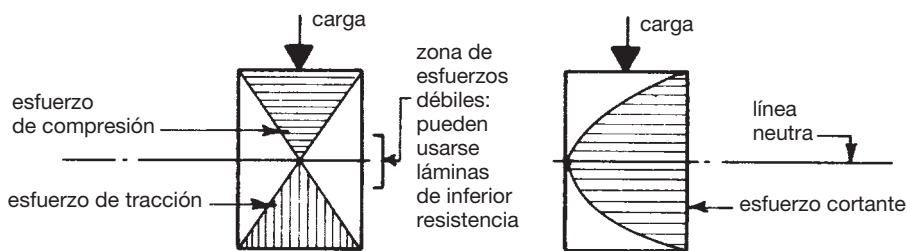
**Contenido de humedad:** la madera debe tener un contenido de humedad igual al que alcanzará el elemento estructural en servicio. Esta característica se conoce con el nombre de humedad de equilibrio; para la mayor parte de los edificios, esta humedad varía entre el 11 y el 15 %. Normalmente el contenido de humedad en el momento de encolar la madera no debe exceder del  $15 \pm 3$  %.



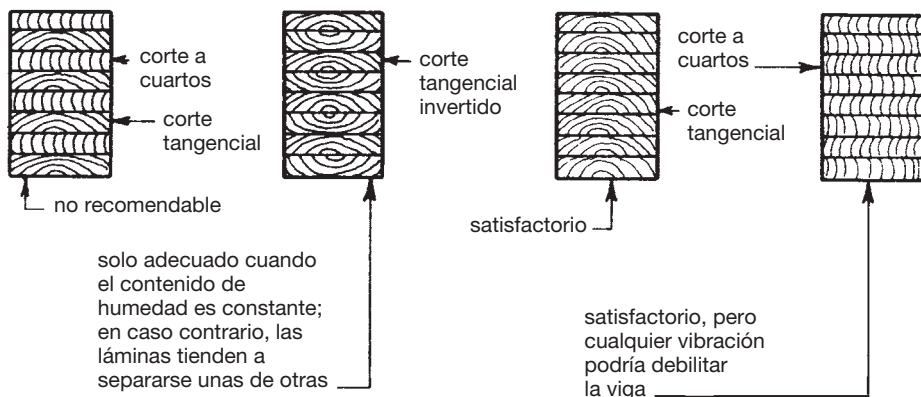
**Laminados verticales:** no es muy frecuente su uso para elementos estructurales de madera laminada, y no es adecuado para piezas curvas



**Laminados horizontales:** es el método más corriente de laminado para todo tipo de elemento estructural. Los diagramas de esfuerzos que se reproducen abajo nos muestran que las láminas cercanas a la cara superior de la viga están sometidas a esfuerzos de compresión, mientras que las cercanas a la cara inferior lo están a esfuerzos de tracción y las cercanas a la línea neutra a esfuerzos cortantes.



La madera aserrada en dirección tangencial a los anillos anuales se contrae el doble que la madera aserrada en cuartos; por esta razón, no deben mezclarse nunca ambos sistemas de corte en el mismo elemento estructural, puesto que las diferentes contracciones producirían unas tensiones intolerables en las capas de encolado.



**Planificación:** antes de encolar, debe organizarse el laminado de manera que la profundidad de las marcas de la cepilladora sea menor o igual a 0,025 mm. Para cumplir este requisito basta fijar el paso de la cuchilla a 3 mm.

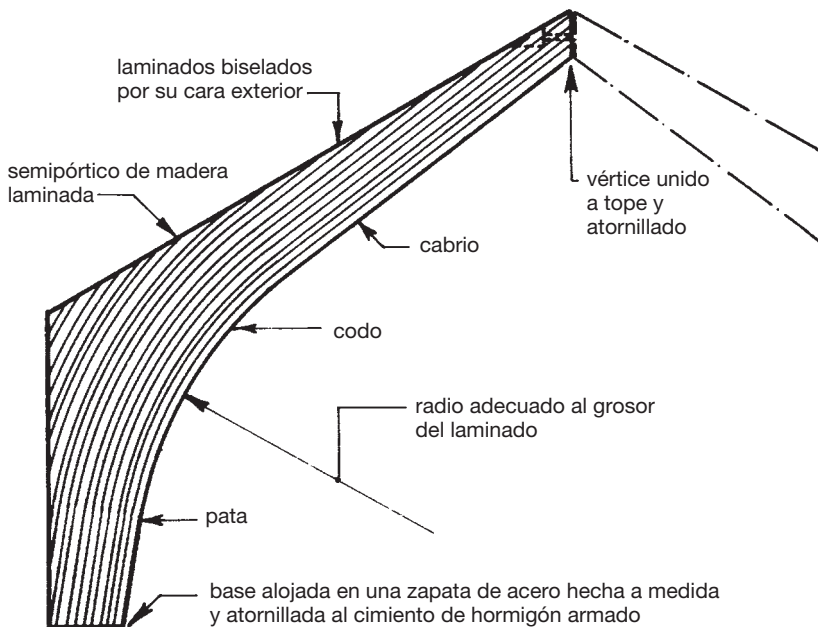
**Encolado:** se realizará en un plazo de 48 h desde el momento del cepillado, para reducir el riesgo de que las superficies cepilladas se contaminen o endurezcan (véanse los adhesivos idóneos en pág. 524). Justo antes del encolado, se comprobarán las láminas para el "acopado". El grado de acopado depende del grosor y del ancho de las láminas y suele oscilar entre 1,5 y 0,75 mm.

**Grosor de las láminas:** el grosor de las láminas no superará los 5 cm, ya que el desecado hasta esa medida se puede llevar a cabo de manera económica y, además, para pequeños grosores es más difícil que alguna lámina individual tenga una resistencia excesiva a contrafibra.

**Elementos rectos:** dado que el grosor del laminado está definido por el canto del elemento, debe haber el suficiente número de capas como para permitir el adecuado escalonamiento de las juntas de extremo (juntas biseladas o de dientes triangulares; véase pág. 521).

**Elementos curvos:** el grosor del laminado vendrá determinado por el radio de curvatura requerido por el elemento estructural y por la clase y calidad de la madera empleada. Generalmente, el grosor máximo del laminado suele ser del orden de  $1/150$  del radio de la curva más cerrada, aunque con algunas maderas blandas puede usarse una proporción de  $1/100$ .

#### Elemento curvo de madera laminada



**Adhesivos:** aunque los laminados de madera hayan sido cuidadosamente trabajados, se haya controlado al máximo el acopado y se hayan empleado métodos de prensado eficaces, no siempre es posible obtener juntas perfectamente ajustadas. Una de las propiedades importantes del adhesivo será, por lo tanto, su capacidad de “rellenar” huecos. En todo caso, el hueco máximo admisible es de 1,25 mm.

Existen cuatro colas adecuadas para trabajos de madera laminada que gozan de la propiedad de rellenar huecos, a saber:

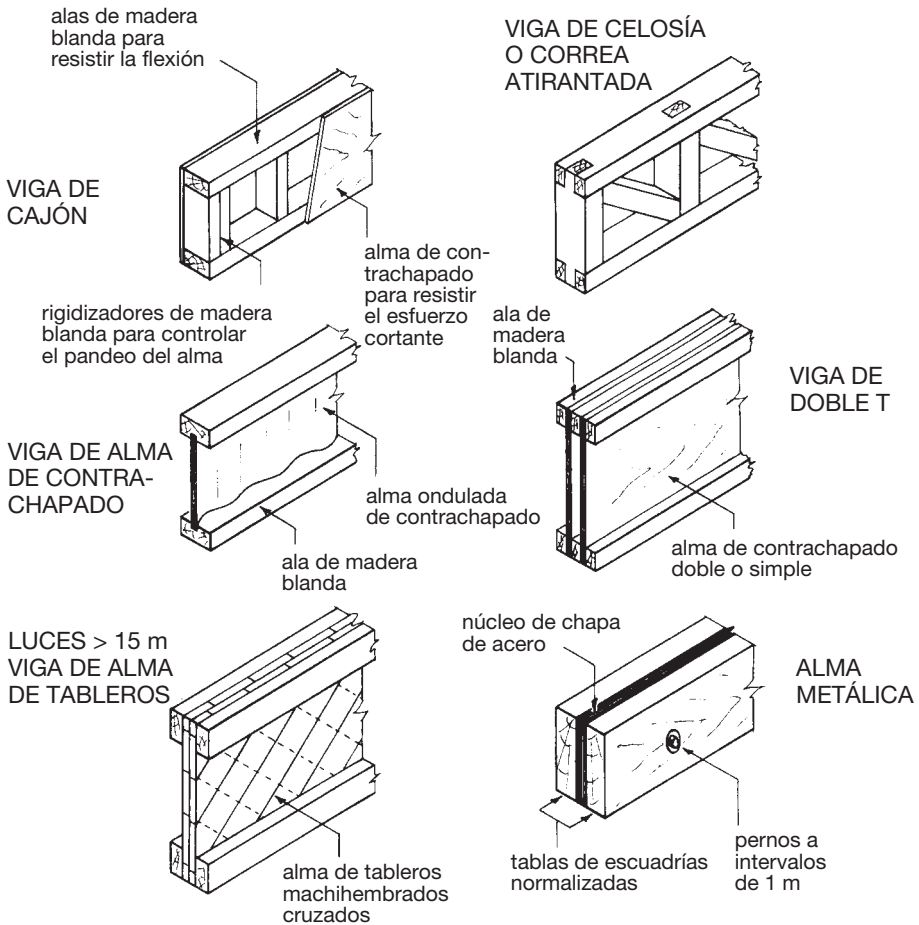
1. **Caseína:** es un subproducto que se obtiene de la leche agria. Se trata de un adhesivo en polvo que se mezcla con agua. Tiene tendencia a manchar la madera y solo es idóneo para estructuras situadas en un ambiente seco.
2. **Espuma de urea-formaldehído:** es una resina adhesiva de endurecimiento en frío, con cualidades de resistencia a la humedad y aptitud para rellenar huecos. Pese a su resistencia a la humedad, este adhesivo no es adecuado para exposición prolongada en medios húmedos, y tiene tendencia a perder resistencia cuando la temperatura ambiente supera los 40 °C, como sucede ante la exposición directa a los rayos solares. El uso de este adhesivo se confina normalmente a elementos que trabajen en medio seco y no estén expuestos al sol. Fragua a temperaturas inferiores a 10 °C.
3. **Resorcina-formaldehído:** es un adhesivo de endurecimiento en frío con cualidades de resistencia a la intemperie y a la ebullición, y aptitud para rellenar huecos. Adecuado para elementos situados a la intemperie, pero es relativamente caro. Este adhesivo fragua a temperaturas inferiores a 15 °C y no pierde resistencia a temperaturas elevadas.
4. **Espuma de fenol-formaldehído:** es una cola similar a la resorcina-formaldehído, pero su endurecimiento tiene lugar en caliente, requiriendo una temperatura superior a 86 °C para fraguar. Existe un compuesto llamado fenol-formaldehído de resorcina que tiene propiedades similares a la resorcina-formaldehído aunque es más económico; sin embargo, para fraguar necesita una temperatura de, al menos, 23 °C.

**Tratamiento de protección:** si se precisa, puede emplearse una impregnación a presión, siempre y cuando tal producto no sea incompatible con el adhesivo empleado. Véase también pág. 435.

**Vigas compuestas:** las dimensiones corrientes para piezas de madera blanda estructural tienen unas limitaciones de canto de hasta unos 22,5 cm y una luz máxima de unos 6 m. Superada esta longitud, hasta las cargas más modestas pueden provocar flechas superiores a las máximas admisibles de  $0,003 \times \text{luz}$ .

Las vigas de caja o cajón cerrado, de celosía y de madera contrachapada son una buena opción para luces medias. Se fabrican con un canto y una resistencia suficientes para resistir la flexión y las luces medianas. Por su elevada resistencia respecto a su peso y a su construcción simple, resultan muy ventajosas en múltiples situaciones asociadas habitualmente al acero o al hormigón armado, como en pórticos, cerchas, vigas y correas, en gimnasios, talleres, garajes, iglesias, almacenes, etc. También son apropiadas como correas en reformas de desvanes.

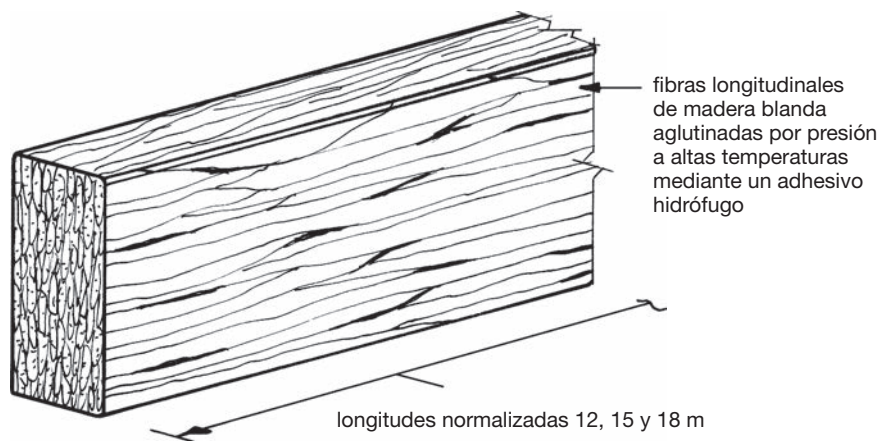
LUCES < 15 m



## Vigas de fibras paralelas

Este producto se fabrica con fibras de madera blanda largas y estrechas aglutinadas por presión y a altas temperaturas con un adhesivo impermeable (fenol-formaldehído) a lo largo de la longitud de la viga, produciendo un perfil estructural de mayor resistencia que la madera estructural de sección equivalente. Se emplea en vigas, dinteles, entramados estructurales, brochales, piezas de contorno de huecos en entramados de pisos con luces de hasta 20 m. También puede utilizarse verticalmente en pies derechos.

Tamaños normalizados: gama desde  $20 \times 4,5$  cm hasta  $40,6 \times 17,8$  cm.

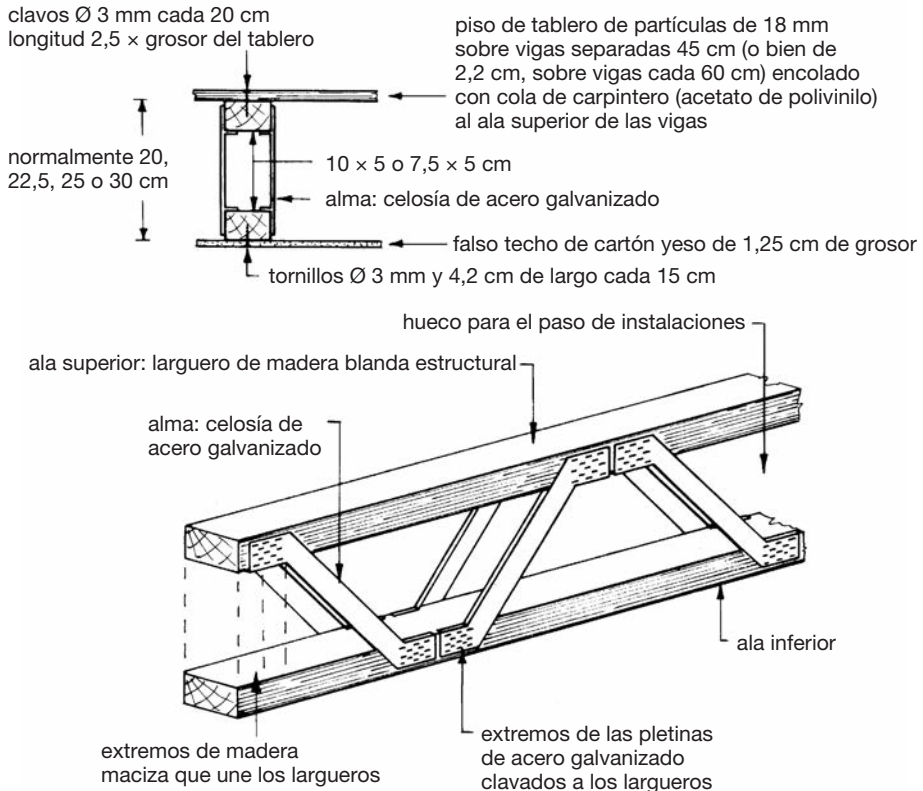


Tensiones tipo ( $\text{N/mm}^2$ ) (compárese con el cuadro de propiedades de las maderas blandas, pág. 115):

|                                       |                     |
|---------------------------------------|---------------------|
| Flexión paralela a la fibra           | 16,8                |
| Tracción paralela a la fibra          | 14,8                |
| Compresión paralela a la fibra        | 15,1                |
| Compresión normal a la fibra          | 3,6                 |
| Esfuerzo cortante paralelo a la fibra | 2,2                 |
| Coefficiente de elasticidad (medio)   | 12.750              |
| Densidad media                        | 740 $\text{kg/m}^3$ |

**Variantes:** para luces superiores a 20 m o para grandes cargas, puede crearse una viga con alma metálica como la mostrada en la página anterior simplemente atornillando una chapa de acero (de 1 o 1,2 cm) entre dos vigas de fibras paralelas.

**Viguetas compuestas:** tipo de armadura de celosía cuyas alas están formadas por dos largueros paralelos de madera blanda estructural, separados y unidos lateralmente por almas hechas de pletinas conectoras de acero galvanizado en V formando una celosía triangular a cada lado de las alas de madera. La fabricación tiene lugar en taller, con un control de calidad garantizado. Las vigas pueden fabricarse en longitudes normalizadas o a medida, según la situación. Dependiendo de la carga, pueden alcanzarse luces de unos 8 m, con una separación de vigas de hasta 60 cm.



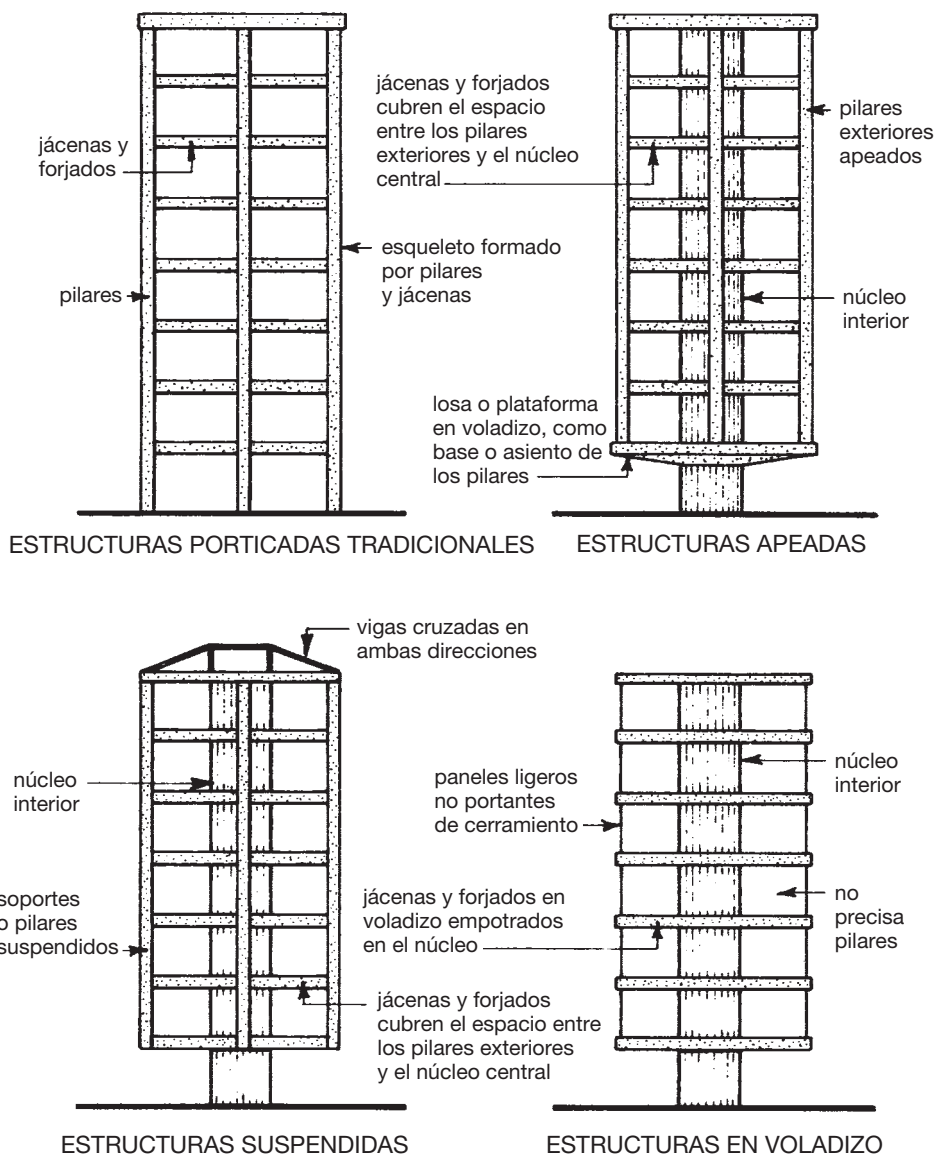
Apoyo del extremo de la viga sobre la hoja interior del muro de fachada, sellado con silicona para mantener la hermeticidad de la cámara. Alternativamente, apoyar en un colgadero que proporcione algún tipo de sujeción lateral, o bien utilizar una viga de acero como apoyo intermedio.

**Ventajas sobre las vigas de madera maciza:**

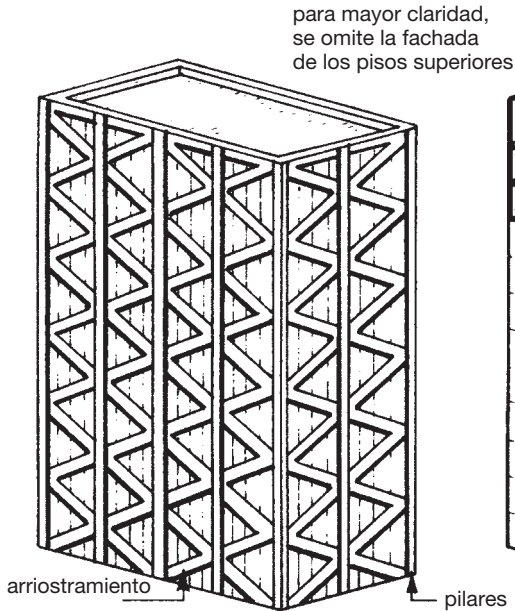
Gran luz con relación al canto.  
 Gran resistencia con relación al peso propio.  
 Otras aplicaciones, como vigas de cubierta, correas, etc.  
 Proporcionan un espacio desahogado para pasar instalaciones, sin necesidad de rozas o muescas.  
 Dilataciones y contracciones mínimas.  
 Las alas anchas proporcionan una amplia superficie de apoyo para el tablero de piso y el falso techo.

**Estructuras de varias plantas:** generalmente destinadas a oficinas, hoteles o usos residenciales. Los medios de comunicación vertical (escaleras y ascensores) pueden llegar a ocupar hasta el 20 % de la superficie en planta y pueden estar alojados en el interior de un núcleo situado en la zona central de la planta que puede aprovecharse como elemento que se opone a la deformación lateral producida por las presiones eólicas (véase pág. 529).

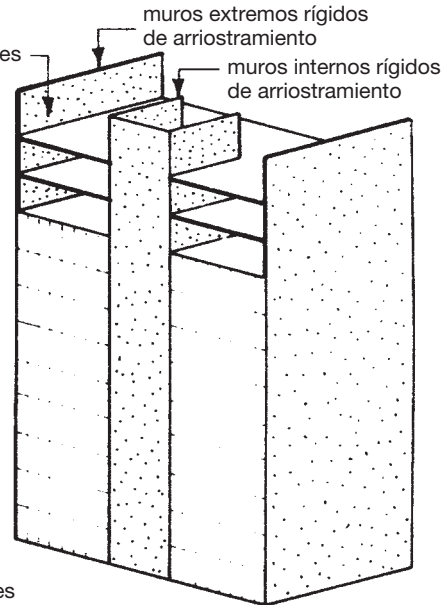
### Tipos básicos de estructuras de varias plantas



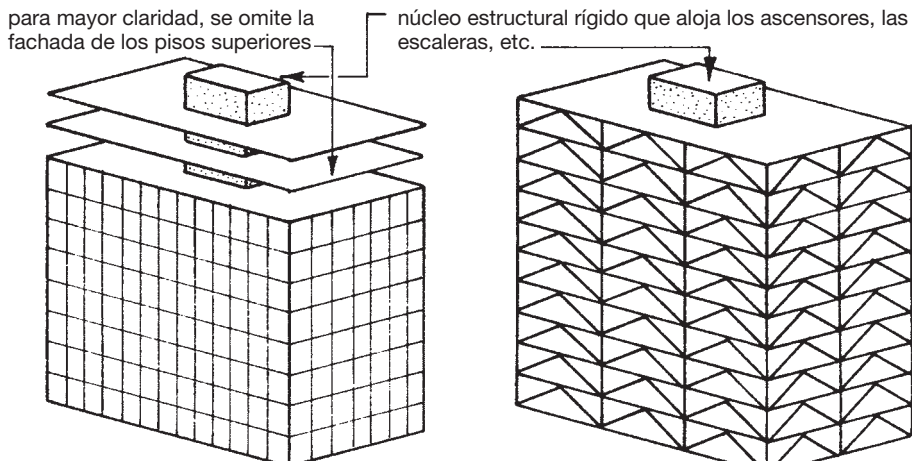
**Tipología de las estructuras de varias plantas:** los tipos que se muestran abajo están proyectados de modo que forman una traba contra los empujes laterales del viento.



**ESTRUCTURAS DE CELOSÍA:**  
las riostras se utilizan para dar estabilidad, de manera que los pilares pueden proyectarse como elementos sometidos a compresión pura.



**ESTRUCTURAS CON MUROS RIGIDIZADORES:**  
los empujes del viento son transmitidos desde los cerramientos a las paredes transversales rígidas por medio de los forjados.



**ESTRUCTURAS CON NÚCLEO CENTRAL RÍGIDO:**  
los empujes del viento se transmiten desde los cerramientos al núcleo central por medio de los forjados

**ESTRUCTURAS DE CELOSÍA Y NÚCLEO CENTRAL RÍGIDO:**  
el entramado de celosía rígido y arriostrado actúa, por medio de los forjados, con el núcleo central, formando una estructura totalmente rígida



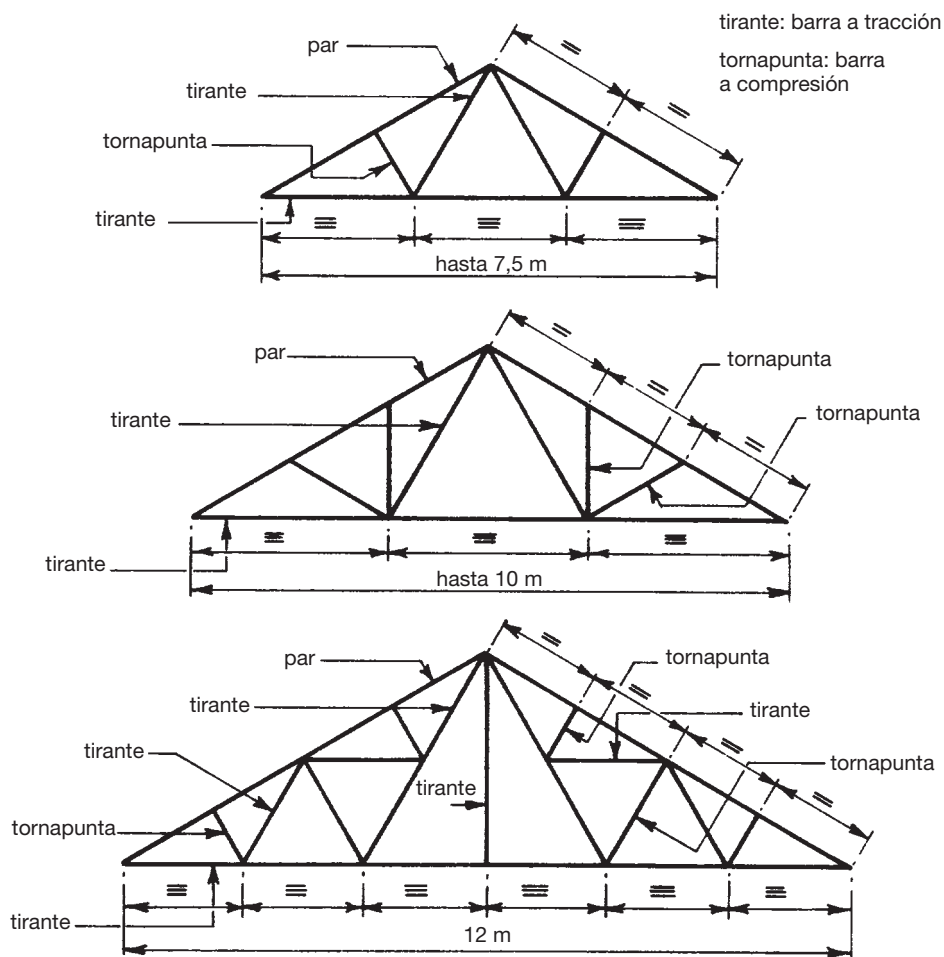
## Cerchas de acero de hasta 12 m de luz

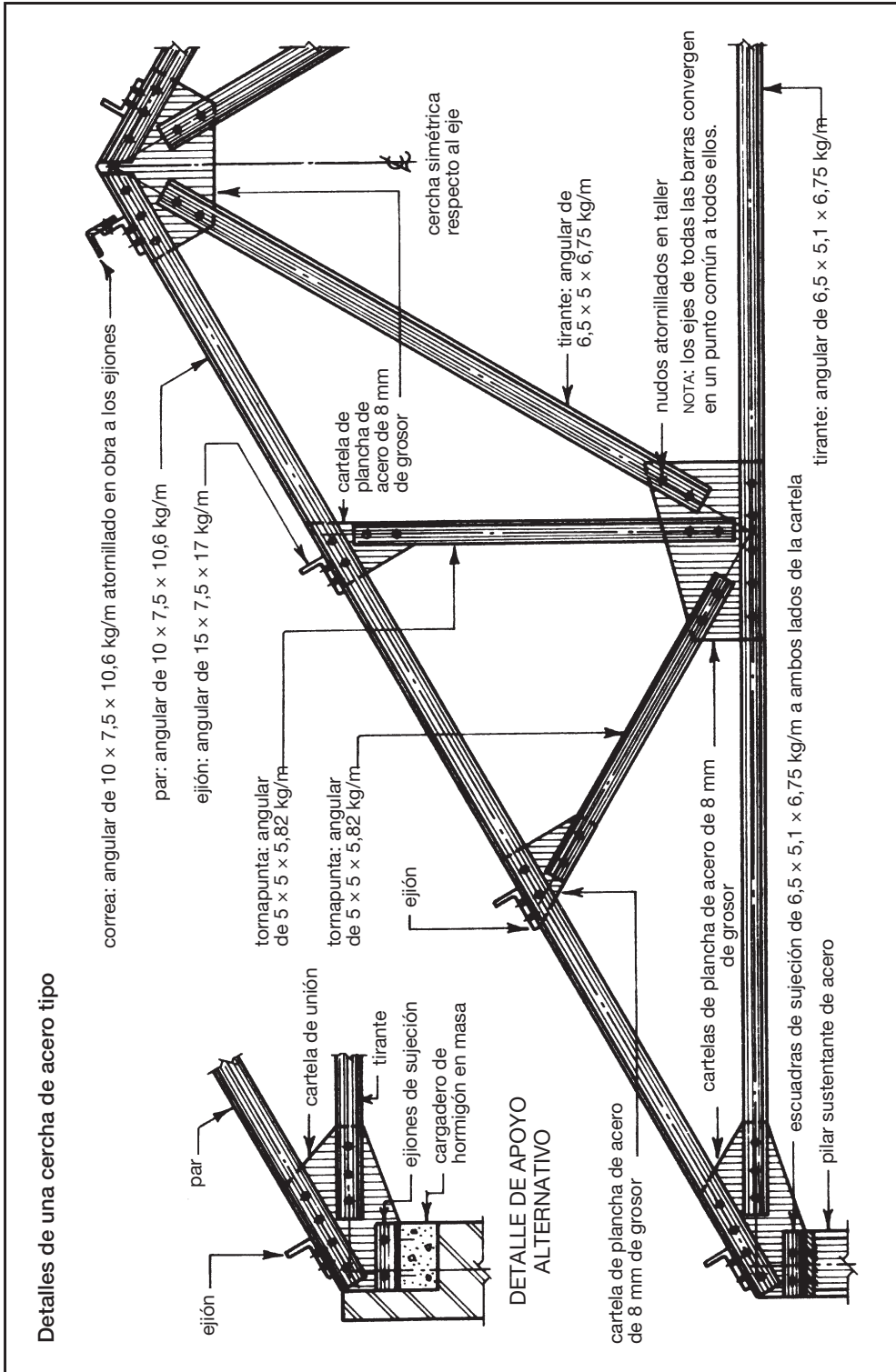
**Cerchas de acero:** armaduras de cubierta planas trianguladas que dan apoyo a las correas a las que se fija el material de cobertura. El acero es más resistente que la madera y no propaga las llamas sobre su superficie, razones por las cuales la sustituye a menudo como estructura de cubierta para luces medias a grandes. Para evitar la excesiva deformación de los pares, se les conecta rígidamente a una barra a tracción o tirante; tornapuntas y tirantes sirven para dar el adecuado arriostramiento a los triángulos básicos.

Las barras de acero suelen ser perfiles angulares, pues estas secciones son económicas y aceptan con la misma solvencia los esfuerzos de tracción y los de compresión. Las barras de una cercha de acero se conectan entre sí por medio de pernos o soldadura a cartelas perfiladas de acero.

Las separaciones entre las cerchas suelen estar comprendidas entre 3 y 4,5 m, pues con estas luces se obtienen las secciones de correas más económicas.

### Formatos tipo de cerchas de acero





## Cubiertas de plancha

**Cubiertas de plancha:** las funciones básicas de las cubiertas de plancha utilizadas en conjunción con armaduras de cubierta a base de cerchas de acero son:

1. Presentar resistencia a la penetración de los elementos.
2. Resistir a las cargas de viento y nieve.
3. Proporcionar el requerido aislamiento térmico.
4. Resistir a la propagación de las llamas por su superficie.
5. Proporcionar la iluminación natural cenital requerida.
6. Aligerar el peso propio con el consiguiente ahorro de material.
7. Ser resistente al paso del tiempo para reducir el mantenimiento al mínimo.

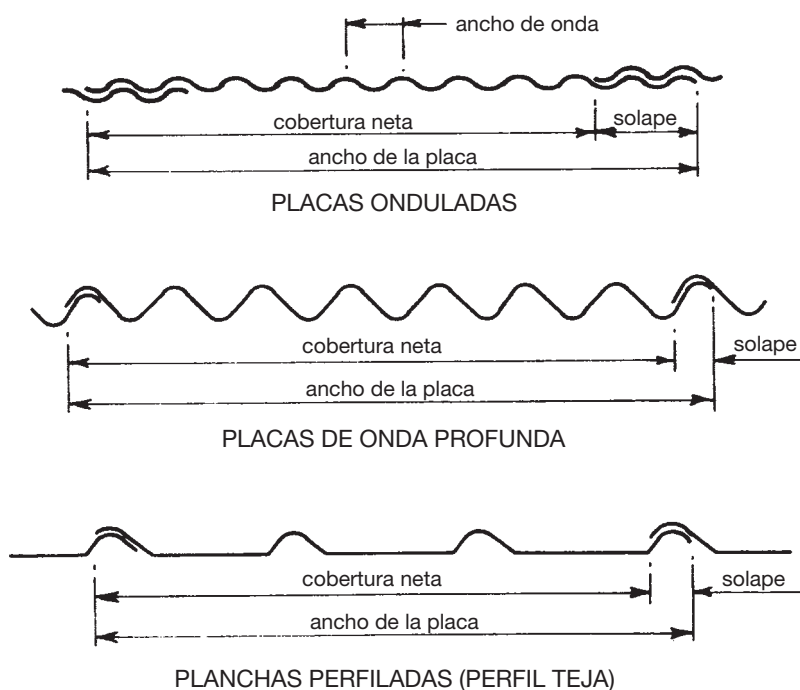
### Materiales adecuados:

Chapa ondulada de acero galvanizado en caliente.

Chapa perfilada de aluminio.

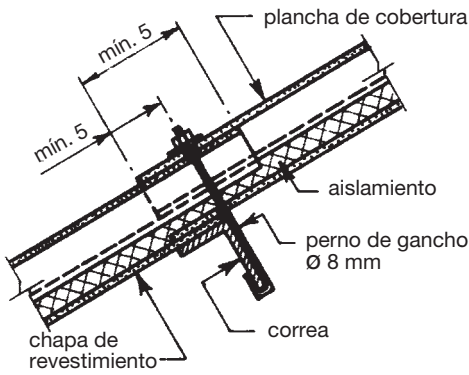
Placas perfiladas exentas de amianto; existen diversos materiales patentados de características muy similares, cuya composición acostumbra a basarse en una mezcla de cemento pórtland, fibras minerales y modificadores de densidad.

### Perfiles tipo

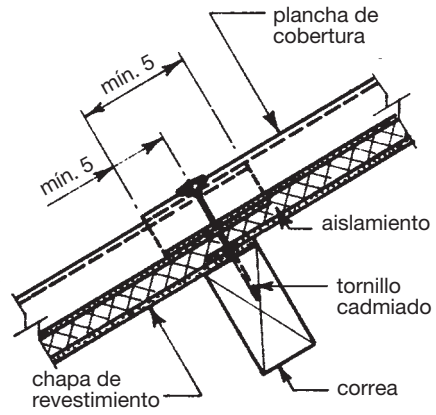


\* Por razones sanitarias, la producción de materiales con amianto está prohibida en España desde el año 2002.

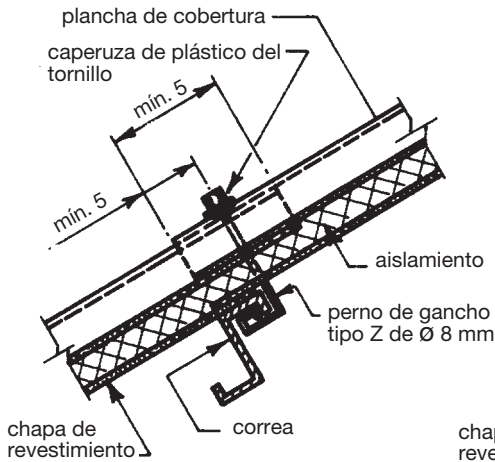
Detalles tipo de sujeción de correas



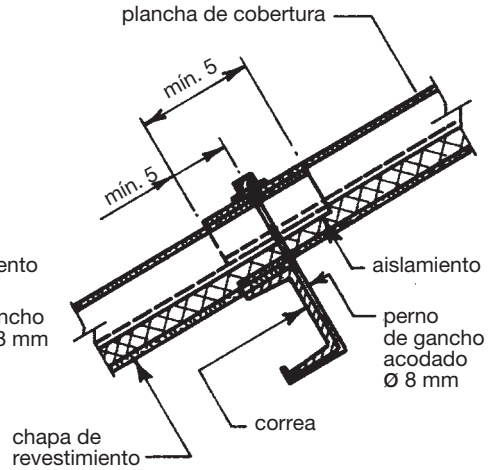
CORREA DE PERFIL ANGULAR



CORREA DE MADERA

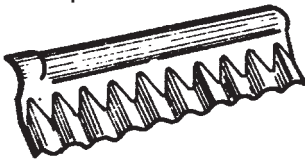


CORREA DE PERFIL Z

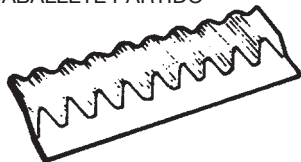


CORREA DE PERFIL U

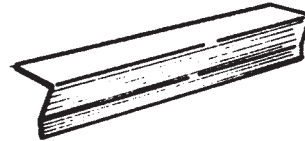
Accesorios tipo



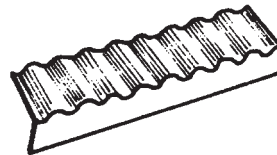
CABALLETE PARTIDO



PIEZA DE SUPLEMENTO DE ALERO

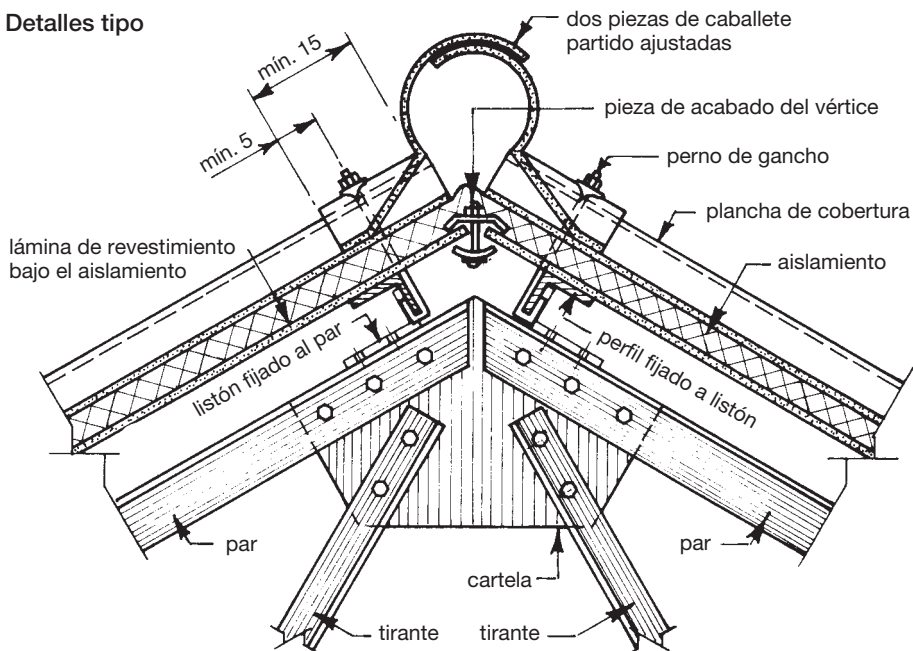


PIEZA DE ESCUADRA DE ALERO

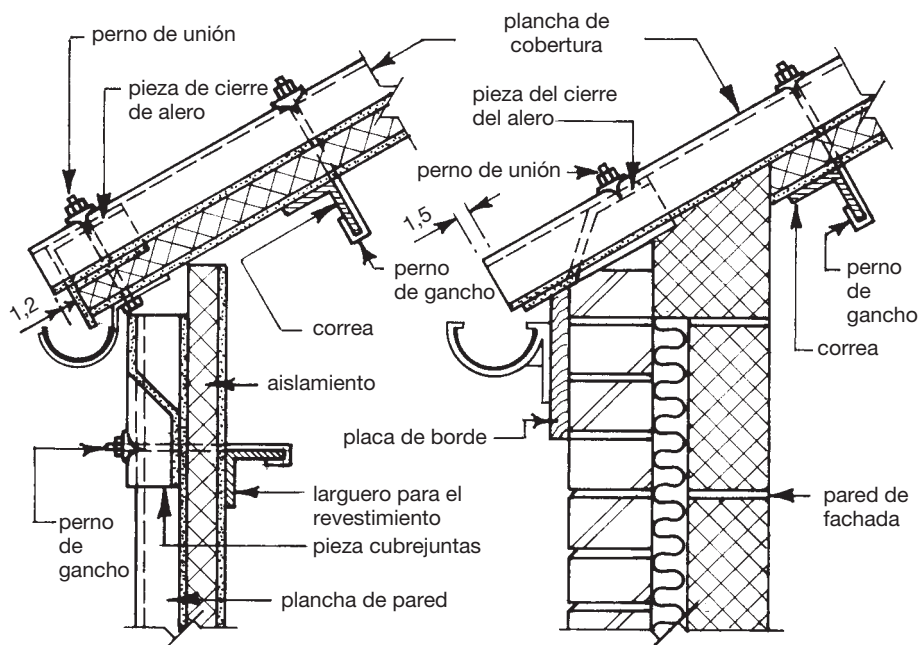


PIEZA DE CIERRE DE ALERO

Detalles tipo



DETALLE DEL CABALLETE

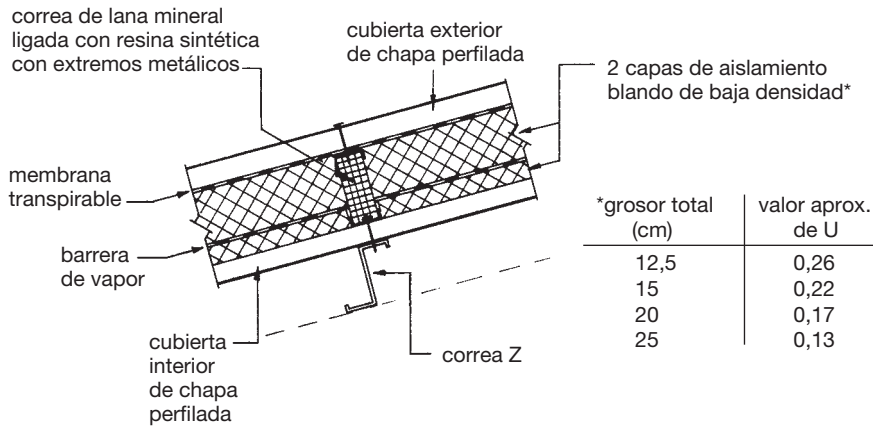


DETALLE DE ALERO SOLUCIONADO  
CON PIEZA DE CIERRE

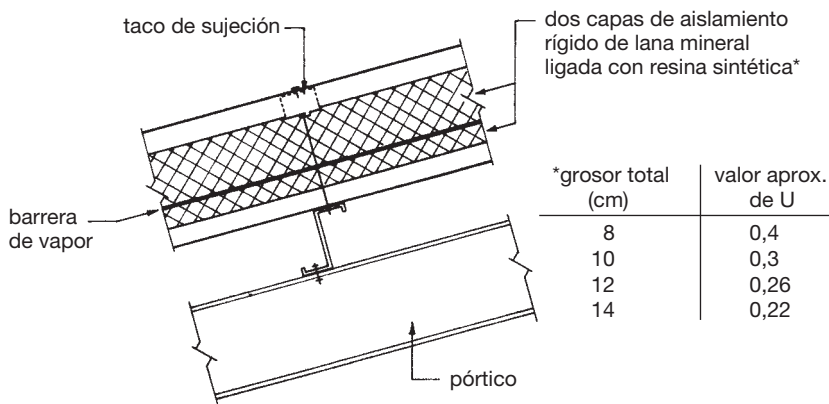
DETALLE DE ALERO SOLUCIONADO  
CON PIEZA DE SELLADO

**Cubiertas de doble plancha. Sistemas eficientes energéticamente:** se aplican tanto a edificios de uso industrial como comercial. Dejando al margen los edificios de nueva planta, que ya se construyen según las normativas de ahorro energético actuales, estos sistemas se utilizan para mejorar las cubiertas de plancha preexistentes con un aislamiento térmico suplementario y un tablero protector superpuestos. La adición de planchas de fibra de lana mineral ligada con resina sintética, con un grosor total de hasta 25 cm, puede proporcionar un coeficiente de transmisión térmico K del orden de  $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ , una cifra realmente baja.

### Detalles tipo



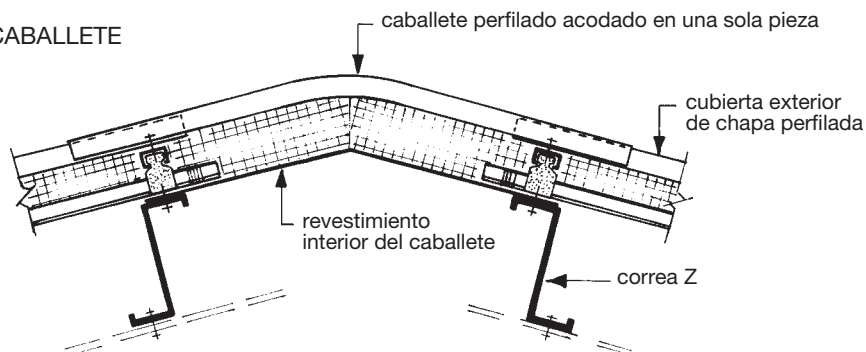
### Alternativa



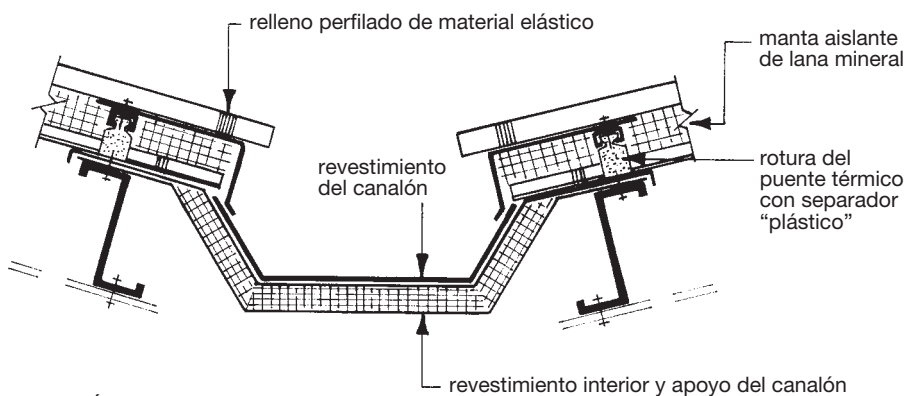
## Cubiertas de plancha

Detalles adicionales utilizando chapa perfilada galvanizada de acero o de aluminio, de color en caso necesario:

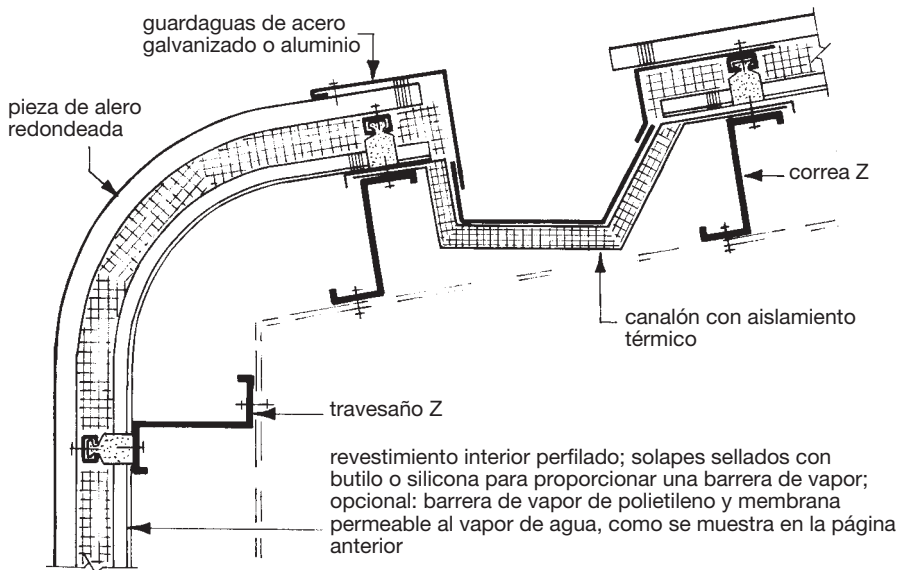
### CABALLETE



### CANALÓN DE LIMAHOYA



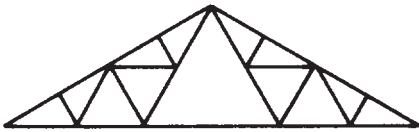
### CANALÓN DE ALERO



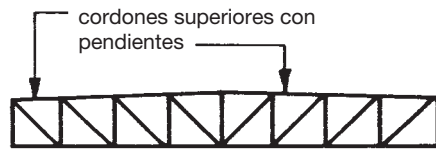
**Cubiertas de grandes luces:** aquellas que exceden los 12 m de luz. Pueden ser fabricadas en acero, aleación de aluminio, madera, hormigón armado y hormigón pretensado. Estas cubiertas se emplean en edificios tales como fábricas, grandes espacios públicos, pabellones deportivos y gimnasios, que requieren una gran superficie exenta de pilares.

Las funciones primordiales de la cubierta son proporcionar protección contra los agentes atmosféricos, aislamiento térmico, aislamiento acústico y dificultar la propagación del fuego por la superficie de la misma; aunque estas funciones sean comunes a todos los tipos de cubierta, las que ahora nos ocupan deben, además, tener la suficiente resistencia para albergar los servicios del edificio, equipos de elevación, etc., y proporcionar iluminación natural al interior del mismo mediante claraboyas o lucernarios.

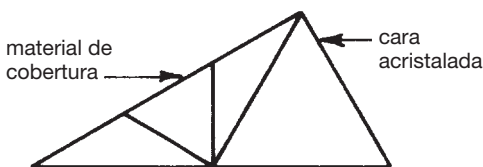
#### Formas de cubierta básicas



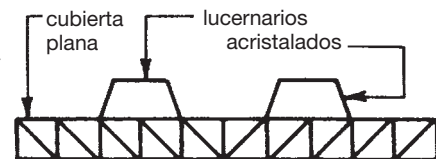
**Cerchas a dos aguas:** separadas entre sí una medida conveniente para las correas que deben sustentar la cubierta. Características: buena evacuación de las aguas pluviales; distribución razonable de luz natural desde claraboyas cenitales; gran volumen de cubierta debido al formato triangulado; para grandes luces, el volumen ocupado por la cubierta puede reducirse encadenando una serie de cerchas de menor luz.



**Cubierta plana con cerchas de celosía:** separadas entre sí una medida conveniente para las correas que deben sustentar la cubierta. Características: pendiente moderada para dar una aceptable evacuación del agua; distribución razonable de luz natural desde claraboyas cenitales; pueden diseñarse para luces muy grandes, pero entonces el canto de la cercha y, consiguientemente, el volumen ocupado por la cubierta aumentan con la luz.



**Cerchas en diente de sierra:** separadas entre sí una medida conveniente para las correas que deben sustentar la cubierta. Características: buena evacuación de las aguas pluviales; si se orientan correctamente al norte, se elimina el deslumbramiento producido por la luz solar; pueden cubrirse grandes luces encadenando una serie de cerchas de menor luz.

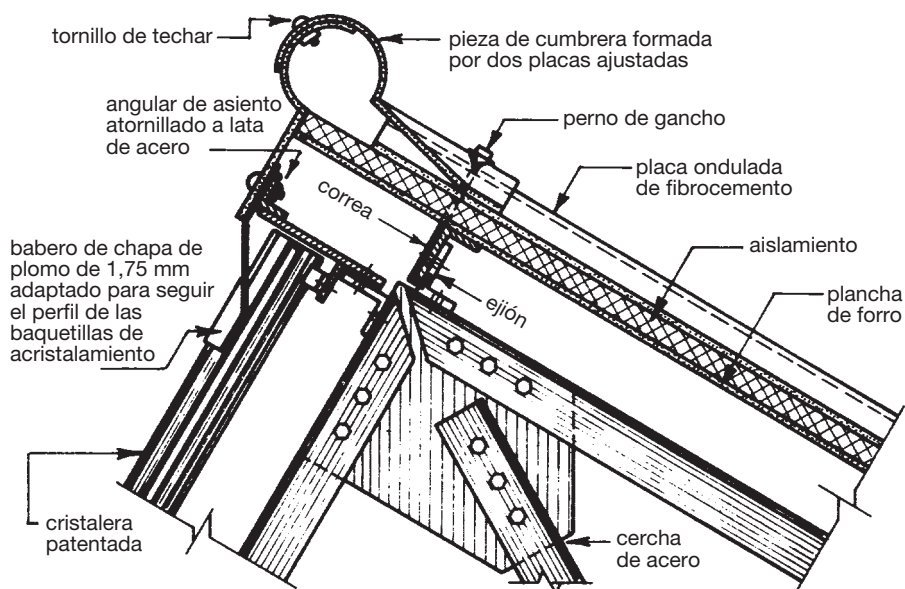


**Cubierta plana con cerchas de celosía y lucernarios salientes:** cerchas o vigas de celosía separadas entre sí una medida conveniente para el diseño de la cubierta plana. Características: buena y uniforme distribución de la luz procedente de los lucernarios, sin depender de cuál sea la orientación del edificio.

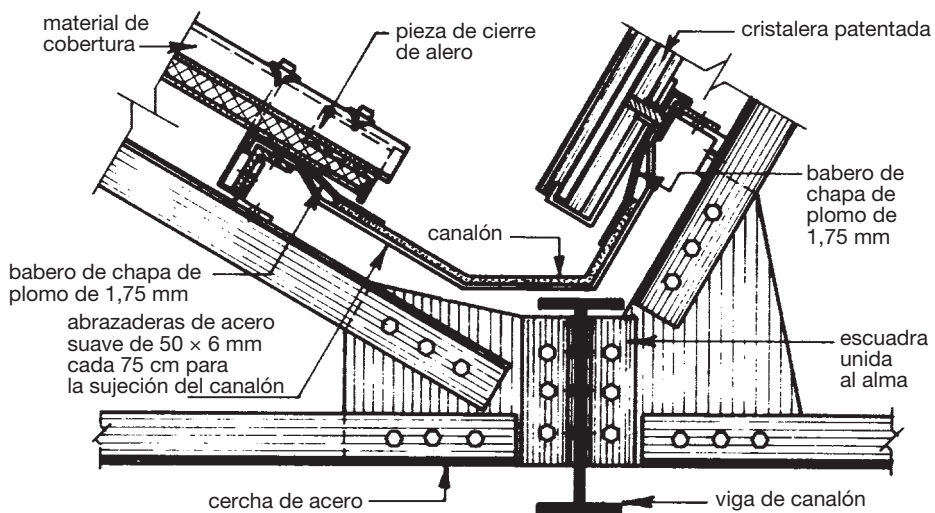


**Cerchas a dos aguas:** su diseño puede adoptar un perfil simétrico (como el estudiado en las págs. 530 y 531) o asimétrico (armaduras en dientes de sierra: véase más abajo). Generalmente se construyen con perfiles de acero normalizados con nudos soldados o atornillados en taller; alternatively pueden construirse con barras de madera unidas entre sí con pernos y conectadores para madera o bien con pórticos de hormigón pretensado.

**Detalles tipo de una cubierta en diente de sierra de muchos vanos**



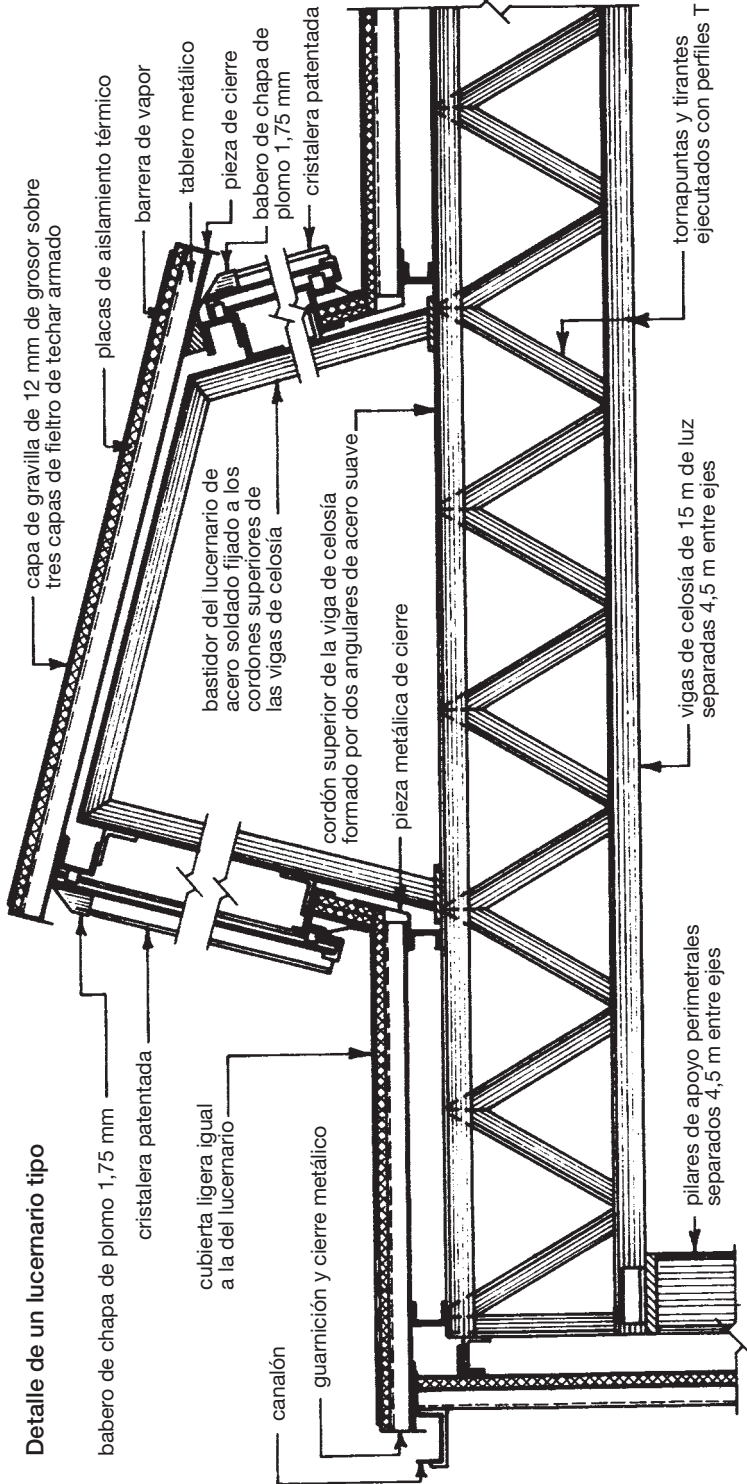
DETALLE DE CABALLETE PARA CUBIERTA EN DIENTE DE SIERRA



DETALLE DE CANALÓN DE CUBIERTA EN DIENTE DE SIERRA

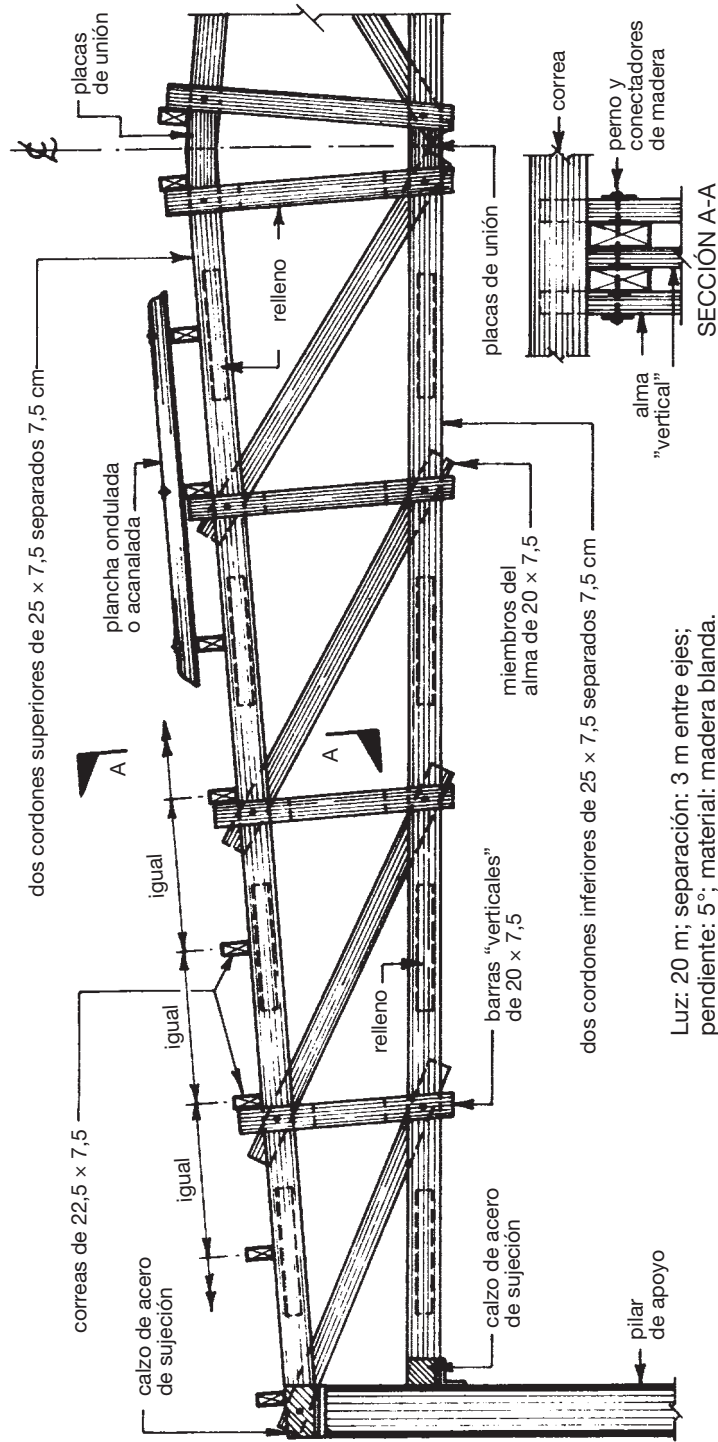
Cubierta plana con cerchas de celosía y lucernarios salientes: básicamente puede considerarse una cubierta plana accesible para mantenimiento, con unas zonas más elevadas para formar los lucernarios, que proporcionan una distribución uniforme de la luz natural exenta de los problemas de deslumbramiento por los rayos solares, cualquiera que sea la orientación del edificio. Estas cubiertas se pueden construir con vigas ligeras de celosía de gran luz que soportan la estructura de los lucernarios, con vigas acodadas soldadas que sigan el perfil de la cubierta o con pórticos de hormigón prefabricado.

#### Detalle de un lucernario tipo



**Vigas de celosía con cordones paralelos:** son adecuadas para cubiertas con luces comprendidas entre 15 y 45 m; básicamente son vigas de celosía de poco canto que reciben las cargas transmitidas por las correas que soportan el material de cobertura. Una de las principales ventajas de esta forma estructural es la reducción del volumen de la cubierta. Los materiales habitualmente empleados en la construcción de las vigas son la madera y el acero.

**Detalles de una viga de celosía con cordones paralelos**



**Armadura de arco y cuerda (armadura arqueada):** tipo de armadura de celosía que se caracteriza por tener el cordón superior curvo y el inferior recto. El arco y las cuerdas pueden formarse con parejas de perfiles de madera laminada, separadas por perfiles de madera maciza constituyendo los tornapuntas y tirantes.

**Separación:** de 4 a 6 m, dependiendo de las escuadrías de la madera y la luz.

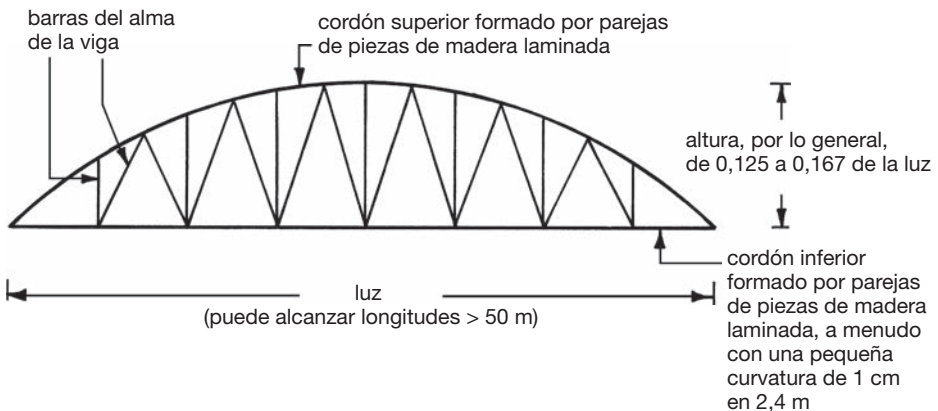
**Correas:** coincidiendo con los nudos de la celosía y a una separación aproximada de 1 m.

**Cubierta:** de material adecuadamente impermeabilizado o de chapa metálica perfilada. Aislamiento térmico según el uso de la nave.

**Radio del cordón curvo:** por lo general, de medida comprendida entre los tres cuartos de la luz y la luz total.

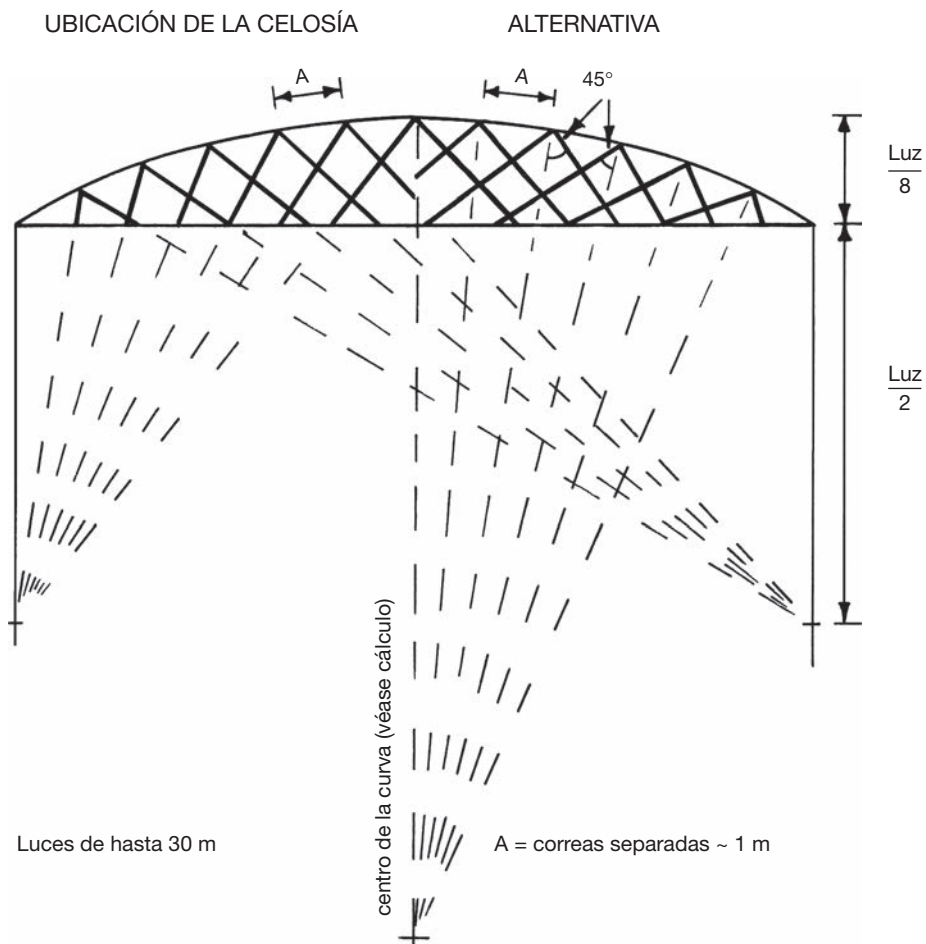
**Usos:** zonas de fabricación y montaje, talleres, hangares de aeronaves, pabellones de exposición, pabellones deportivos y otros usos que requieran grandes luces ininterrumpidas, cubiertas con celosías de madera a la vista. También pueden emplearse perfiles normalizados de acero en aquellos casos en que el aspecto se considere de menor importancia, por ejemplo, en terminales de ferrocarril.

**Variante:** la armadura Belfast, que antecede a la armadura arqueada que se muestra en el dibujo. Su celosía tiene unas barras de tracción y compresión mucho más cortas y, por lo tanto, plantea mayores complicaciones en las uniones y dificulta el cálculo de la distribución de los esfuerzos. Véase página siguiente.



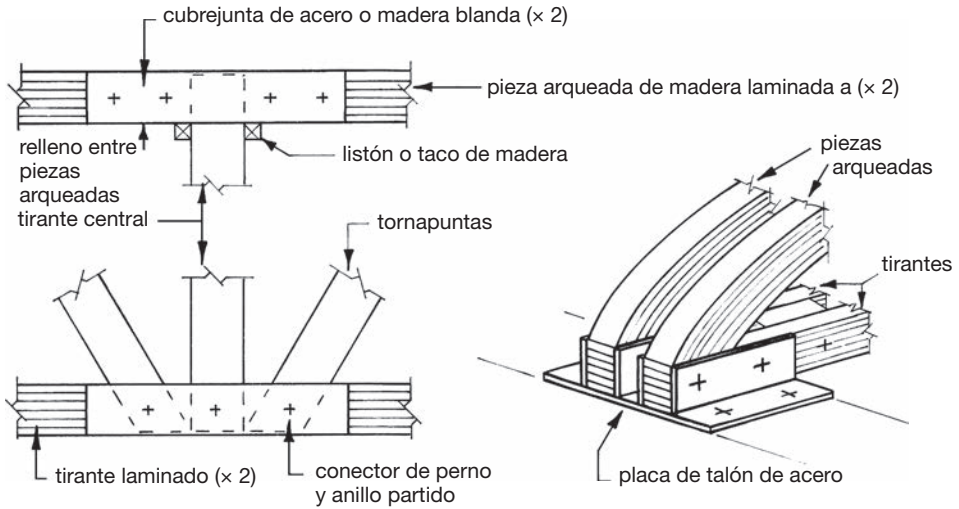
## Cubiertas de grandes luces

**Armadura Belfast:** una de las armaduras arqueadas más antiguas para cubrir grandes luces de manera eficiente y económica. Fue utilizada por primera vez a finales del siglo XIX y principios del XX, para cubrir edificios industriales y agrícolas, en respuesta a la necesidad de disponer de grandes espacios ininterrumpidos por muros y pilares en las zonas de producción, montaje y almacenamiento. La armadura debe su nombre a la ciudad de sus proyectistas, D. Anderson & Son, Ltd, de Belfast, que la diseñaron como apoyo a su patente de fieltro de techar.

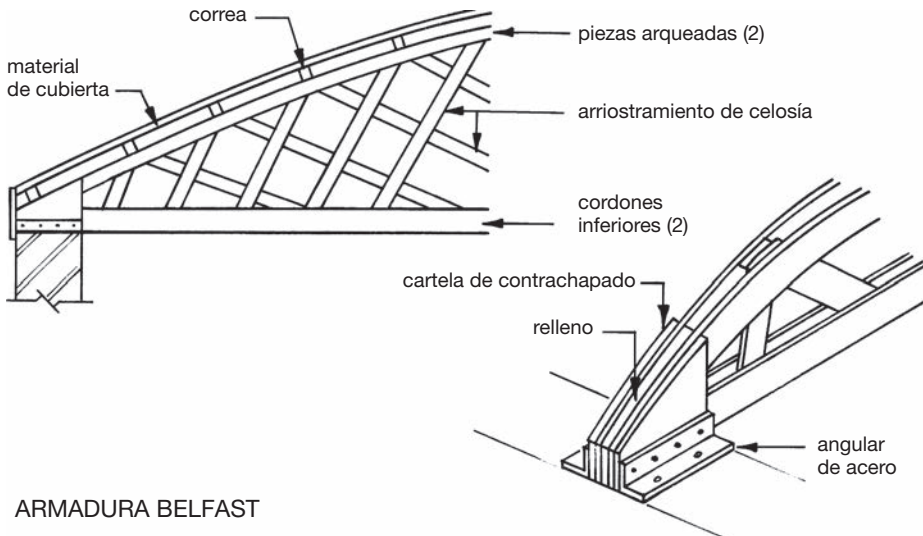


Radio de la curva =  $\frac{[(0,5 \times \text{luz})^2 + (\text{altura})^2]}{(2 \times \text{altura})}$   
 Ejemplo: una armadura de 16 m de luz con una altura de 0,125  $\times$  luz.  
 Por tanto, altura de la armadura =  $0,125 \times 16 = 2$  m.  
 Centro de la curva =  $\frac{[(0,5 \times 16)^2 + (2)^2]}{(2 \times 2)} = 68 \div 4 = 17$  m.

### Detalles de la armadura de celosía arqueada



### ARMADURA DE ARCO Y CUERDA

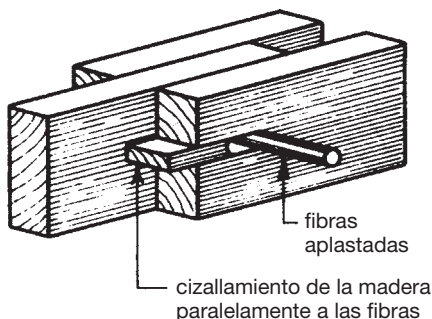


### ARMADURA BELFAST

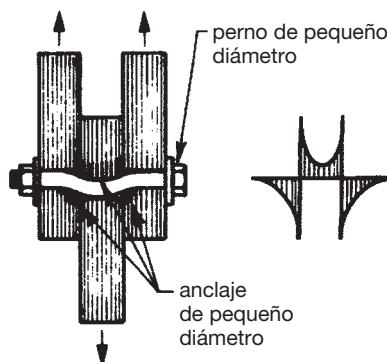
Dimensiones tipo de barras de madera blanda

| Luz (m)                  | 6        | 12        | 18        | 24         |
|--------------------------|----------|-----------|-----------|------------|
| cordón superior x 2 (cm) | 3,8 x 2  | 6,3 x 2,5 | 7,5 x 3,2 | 7,5 x 5    |
| cordón inferior x 2 (cm) | 12,5 x 2 | 20 x 2,5  | 25 x 3,2  | 30 x 5     |
| riostros de celosía (cm) | 7,5 x 2  | 7,5 x 2,5 | 10 x 2,5  | 12,5 x 2,5 |

**Uniones:** puntas, tornillos y pernos tienen sus limitaciones cuando se utilizan para unir miembros estructurales de madera. La baja eficiencia de las uniones realizadas con un perno rígido, por ejemplo, se debe a la escasa resistencia de la madera al cizallamiento en sentido de las fibras y a la distribución no uniforme de los esfuerzos de empuje a lo largo del fuste del perno.

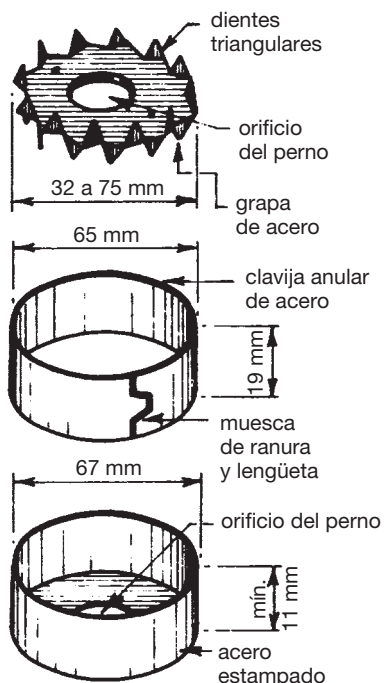


EFFECTO DE CIZALLAMIENTO



DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS

**Conectores de madera:** con su diseño se pretende superar los problemas de las conexiones estructurales de madera señalados anteriormente mediante el aumento de la superficie de trabajo efectiva de los pernos.



**Conector de anillo dentado:** proporciona una junta eficiente sin necesidad de usar herramientas o equipo especial; adecuada para todas las uniones, especialmente para escuadrias pequeñas; los agujeros del perno se barren con un diámetro 2 mm superior al del perno, las maderas que forman la unión se mantienen juntas mientras se procede al barrenado.

**Conector de anillo partido:** muy eficiente, produce una unión de gran resistencia; adecuado para todo tipo de conexiones; estos conectores se insertan en una muesca labrada previamente con una herramienta especial en las piezas que se van a unir, y el conector queda independiente del perno.

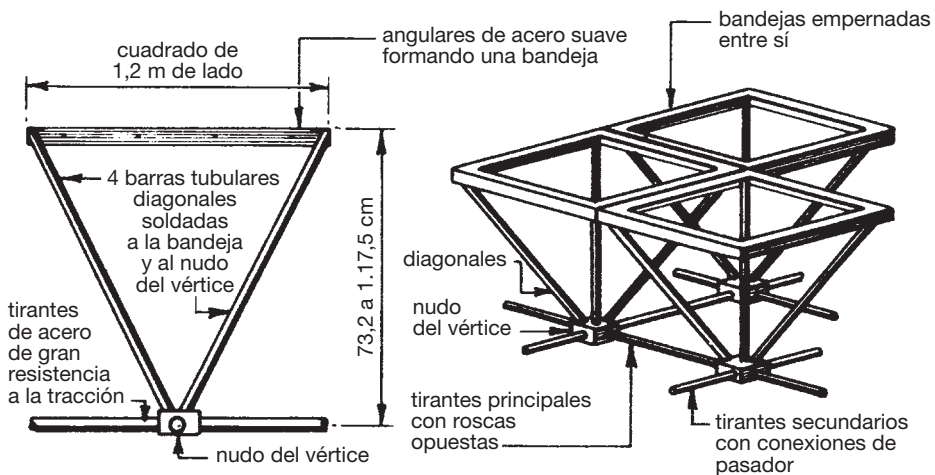
**Conector de anillo cerrado:** es la réplica del conector de anillo partido; se aloja enrasado dentro de la madera, por lo común, solo se usa para obras provisionales.



**Cubierta espacial:** es una estructura de cubierta basada en una simple unidad repetitiva piramidal, permitiendo salvar luces de hasta 22 m para los diseños que se extienden en una sola dirección, y de hasta 33 m para los que lo hacen en las dos direcciones. Las barras de acero se transportan fácilmente a la obra, donde se montan a nivel del suelo; las mallas resultantes se izan hasta su posición de servicio sobre los pilares perimetrales.

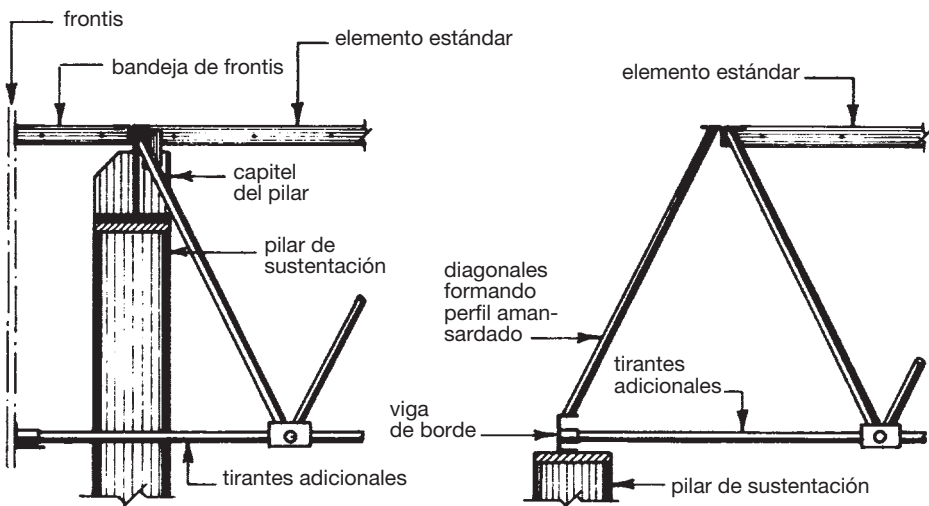
El material de cobertura más recomendable está formado por placas de fieltro aislante obtenido extendiendo lana sobre el papel, aunque en realidad se pueden usar otros materiales de cobertura convencionales, siempre que sean ligeros y convenientes al diseño. Las claraboyas se pueden montar directamente sobre la cubierta espacial.

### Detalles tipo



UNIDAD ESTÁNDAR

ESTRUCTURA MONTADA



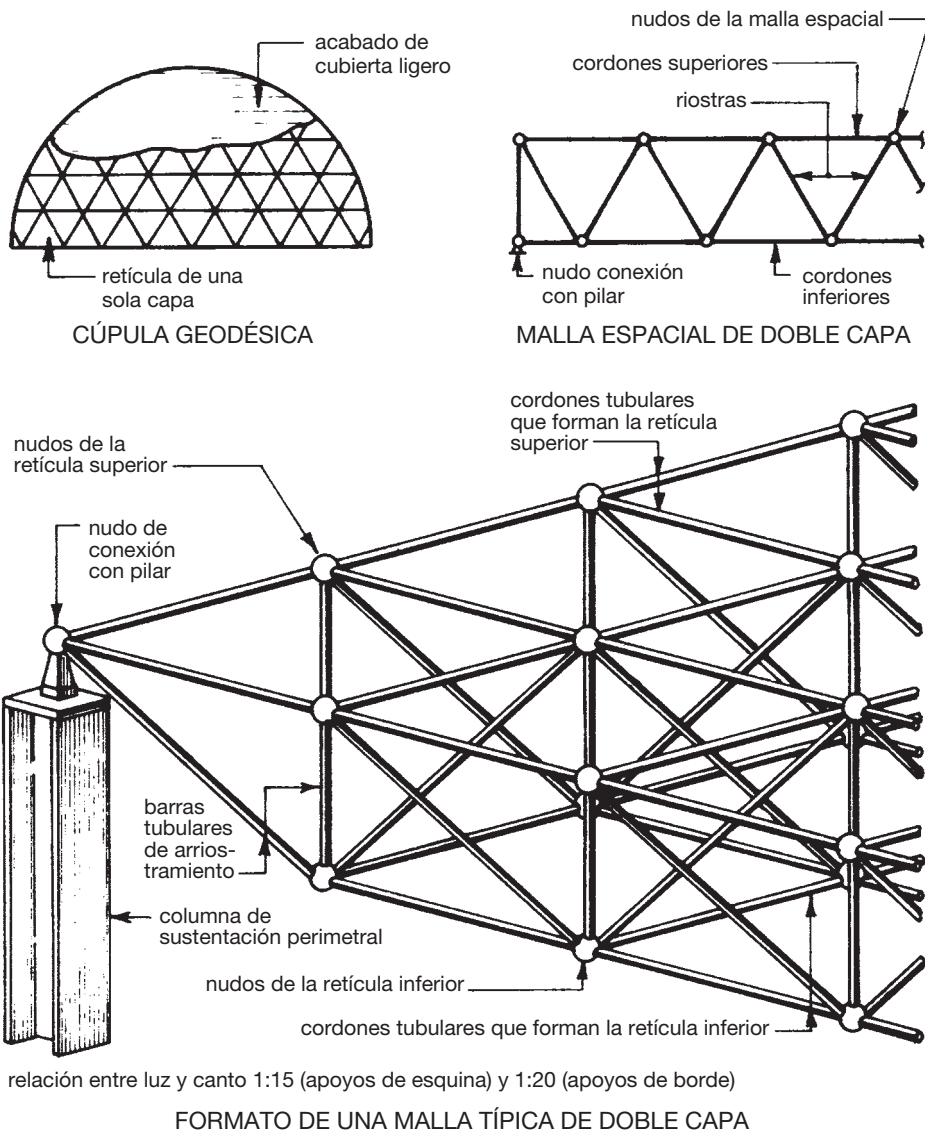
REMATE CON FRONTIS PLANO

REMATE AMANSARDADO



**Mallas espaciales:** son estructuras de cubierta que consisten básicamente en una serie de cordones y riostras que confluyen en los nudos. Existen retículas de una o de dos capas; la primera se suele emplear en la construcción de pequeñas cúpulas o en cubiertas curvas. Las mallas espaciales son conceptualmente similares a cubiertas espaciales, aunque las que aquí nos ocupan tienen mayor flexibilidad de diseño y superiores posibilidades en planta. La mayoría de las mallas espaciales se construye con tubos de acero o de aleación de aluminio, aunque en realidad puede usarse cualquier material estructural adecuado.

### Ejemplos tipo



**Cubiertas laminares:** cáscaras estructurales que cubren una planta de forma y superficie determinadas, con la particularidad de que las fuerzas que se desarrollan en la cáscara o membrana son de compresión, mientras que las que actúan en el borde de sujeción son de tracción.

Los materiales más habitualmente empleados en la construcción de cubiertas laminares son el hormigón armado moldeado en obra y la madera.

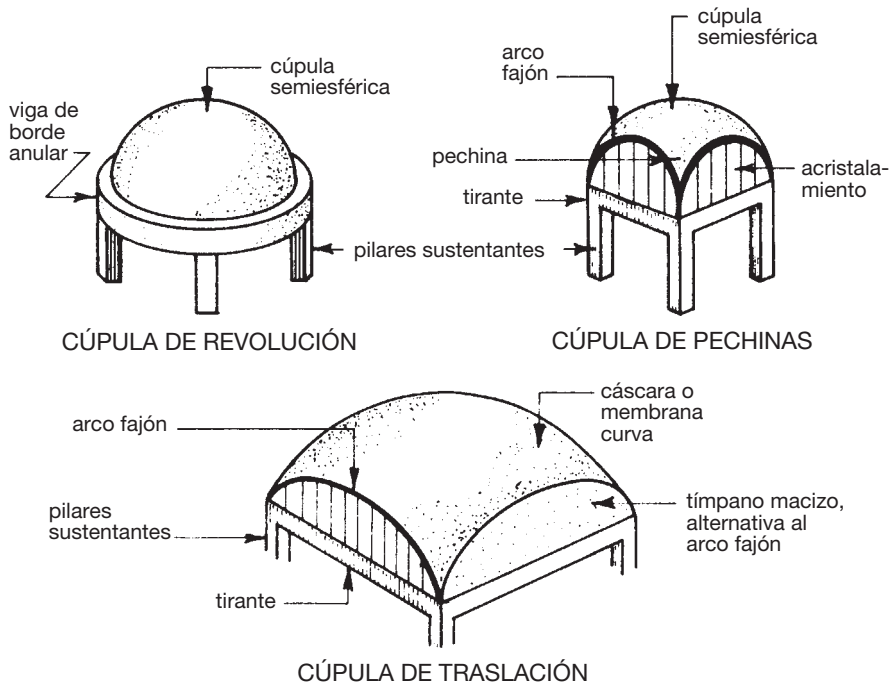
Las cáscaras de hormigón se construyen sobre un encofrado, que frecuentemente ya es en sí mismo una cáscara, lo que equivale a decir que este formato es caro, ya que normalmente no es posible aplicar el principio de reutilización de los encofrados.

Las principales características de las cubiertas laminares son:

1. La cubierta completa es fundamentalmente un elemento estructural.
2. La resistencia básica de cualquier cubierta laminar es inherente a su forma geométrica.
3. En la construcción de cáscaras se emplea una cantidad de material relativamente inferior a la necesaria en otras formas de construcción de cubiertas.

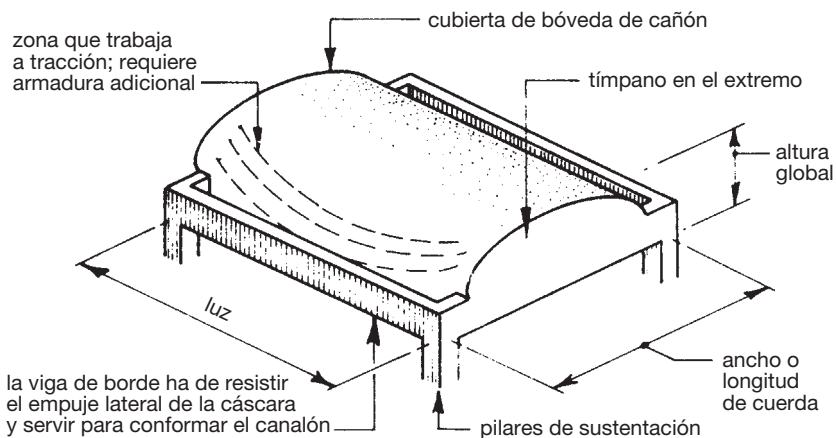
**Cúpulas:** son cubiertas laminares de doble curvatura que pueden formarse rotacionalmente con cualquier figura geométrica plana que gire en torno a un eje central vertical. Las cúpulas de traslación se forman por medio de una línea curva que se desplaza sobre otra línea curva, mientras que las cúpulas de pechinas se forman inscribiendo en el círculo de base un polígono regular y planos verticales que corten la cúpula semiesférica.

### Ejemplos tipo

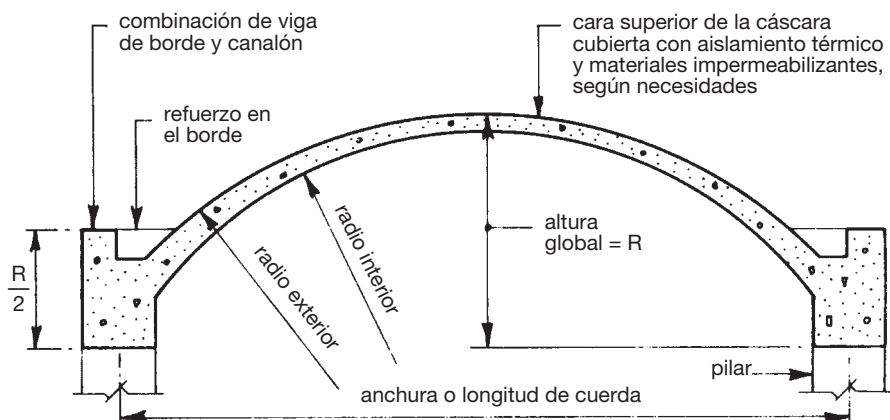


**Bóvedas de cañón:** cáscaras de curvatura simple que consisten esencialmente en un cilindro cortado cuyos bordes precisan ser rigidizados para vencer su tendencia al aplastamiento. La bóveda de cañón actúa como una viga de luz igual a la longitud de la bóveda. Las bóvedas de cañón largas son aquellas cuya luz es mayor que su ancho o longitud de cuerda, e inversamente, las bóvedas de cañón cortas son las que su luz es menor que su ancho o longitud de cuerda. En las bóvedas de cañón de gran luz es preciso disponer juntas de dilatación cada 30 m, con lo que se obtendrá una serie de bóvedas unidas a tope mediante juntas selladas contra la intemperie (véase página siguiente).

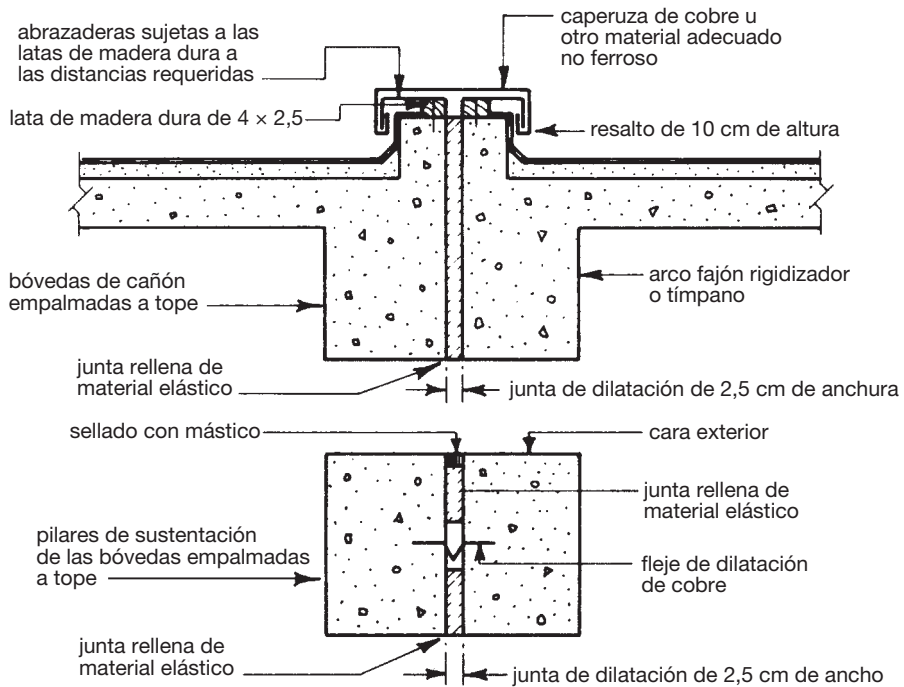
### Principios de las bóvedas de cañón



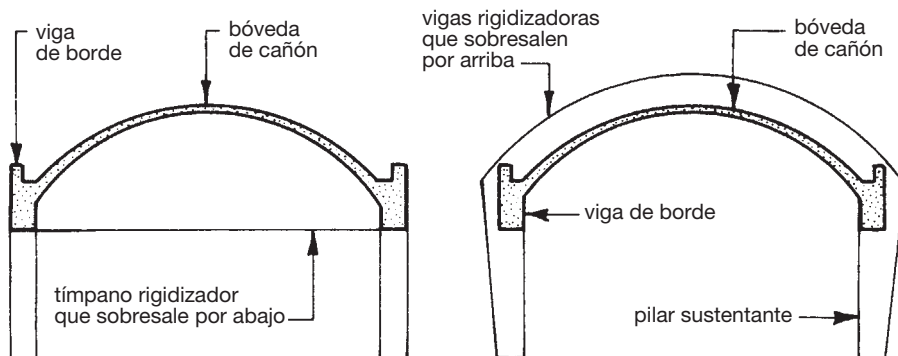
proporciones de construcción económica: ancho: luz 1:2 a 1:5  
altura: luz 1:10 a 1:15



### Detalles tipo de junta de dilatación de bóveda de cañón

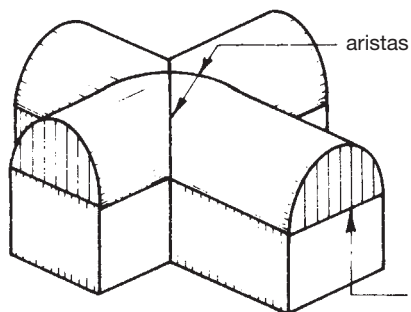


**Vigas rigidizadoras:** las bóvedas de cañón cortas a menudo tienen longitudes de cuerda superiores a 12 m. En tales casos, para evitar el alabeo resulta imprescindible disponer vigas de rigidización separadas por distancias comprendidas entre 3 y 6 m.

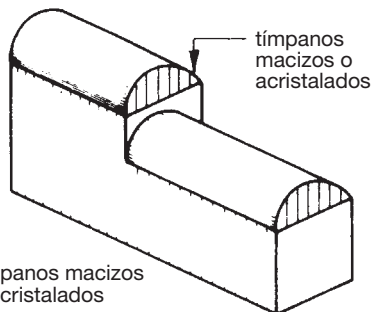


NOTA: cualquier nervio que no esté conectado a las columnas de sustentación producirá esfuerzos adicionales en la cáscara, razón por la cual será preciso introducir refuerzos en la zona del nervio o viga rigidizadora.

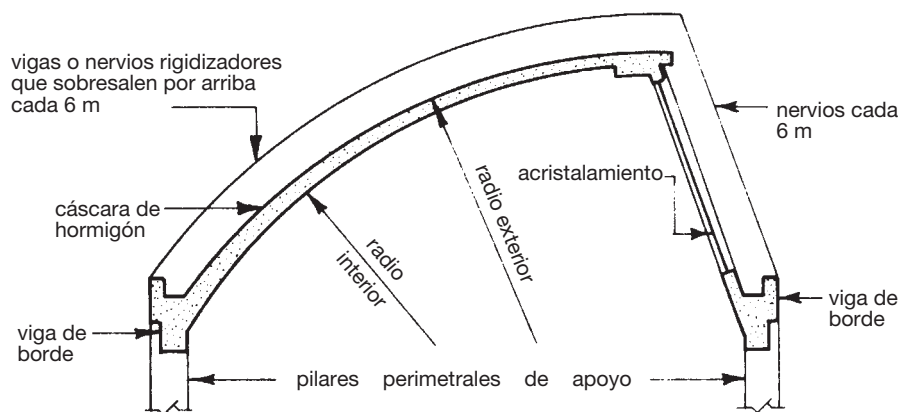
**Otras formas de bóveda de cañón:** la bóveda de cañón básica puede dar lugar a otras formas, sea mediante intersección de dos bóvedas iguales que se corten perpendicularmente (bóveda por arista) o bien disponiendo linealmente bóvedas a distintos niveles, cortando la bóveda por un plano (cubierta en diente de sierra), etc.



BÓVEDA POR ARISTA

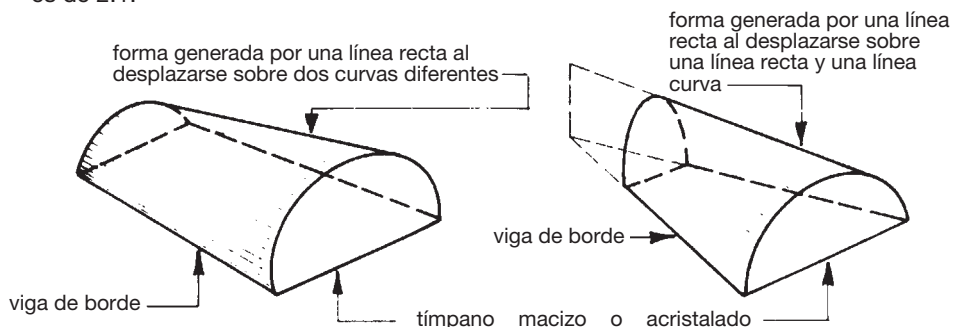


BÓVEDAS DE CAÑÓN ESCALONADAS

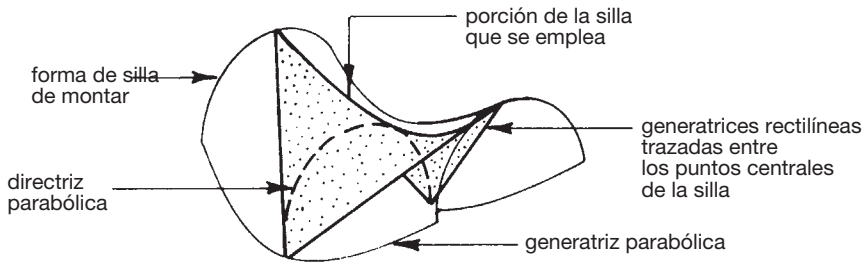


TECHO DE BÓVEDA DE CAÑÓN CON LUZ CENITAL NORTE

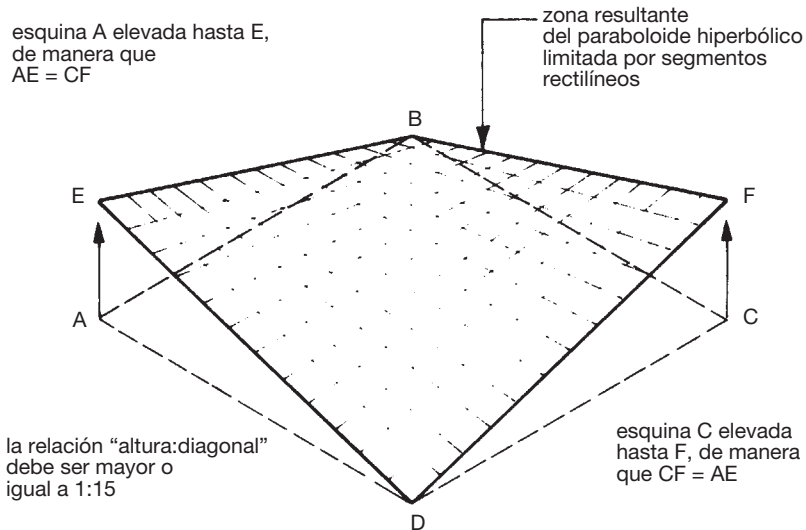
**Conoides:** son cubiertas laminares de doble curvatura que pueden considerarse como una alternativa a las bóvedas de cañón. Con ellas es posible conseguir luces de hasta 12 m con longitudes de cuerda de hasta 24 m. La relación corriente entre luz y radio es de 2:1.



**Paraboloide hiperbólico:** se genera moviendo una parábola vertical (la generatriz) sobre otra parábola vertical (la directriz) situada en ángulo recto respecto a la parábola móvil. Así se configura una forma de silla de montar en la que las secciones horizontales de la cubierta son hipérbolas y las secciones verticales son parábolas, con la particularidad de que por cada punto de su superficie pasan dos generatrices rectilíneas. La forma global resultante no es muy práctica para cubiertas, por lo cual solo se emplea una parte de la silla de montar que se forma uniendo los centros de la forma que se indica a continuación:

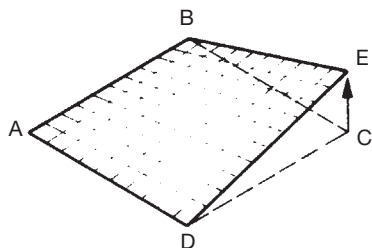


Para obtener una forma más práctica que la de la silla completa, se emplea una porción del paraboloide hiperbólico limitada por líneas rectas. Esto se consigue subiendo o bajando una o más esquinas de un cuadrado, formándose un paralelogramo alabeado de la siguiente manera:

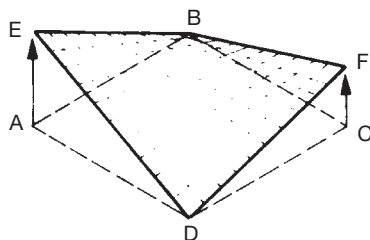


Para más ejemplos, véase página siguiente.

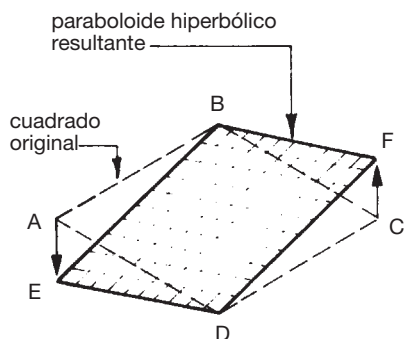
Formatos tipo de cubierta paraboloide hiperbólica limitada por segmentos rectos



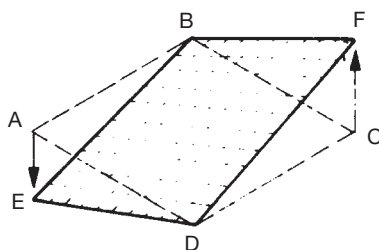
esquina C elevada hasta E



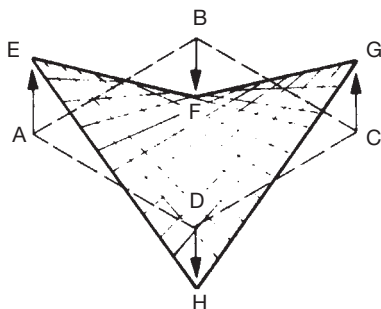
esquina A elevada hasta E  
y esquina C elevada hasta F,  
de manera que  $AE \neq CF$



esquina A elevada hasta E  
y esquina C elevada hasta F,  
de manera que  $AE = CF$



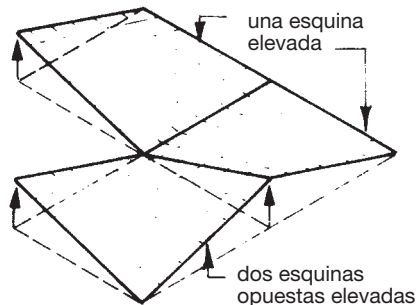
esquina A bajada hasta E  
y esquina C elevada hasta F,  
de manera que  $AE \neq CF$



esquinas A y C elevadas hasta E y G  
esquinas B y D bajadas hasta F y H  
de manera que  $AE = CG$  y  $BF = DH$

NOTA: existen otras muchas combinaciones posibles.

Cubiertas laminares formadas por combinación de paraboloides hiperbólicos



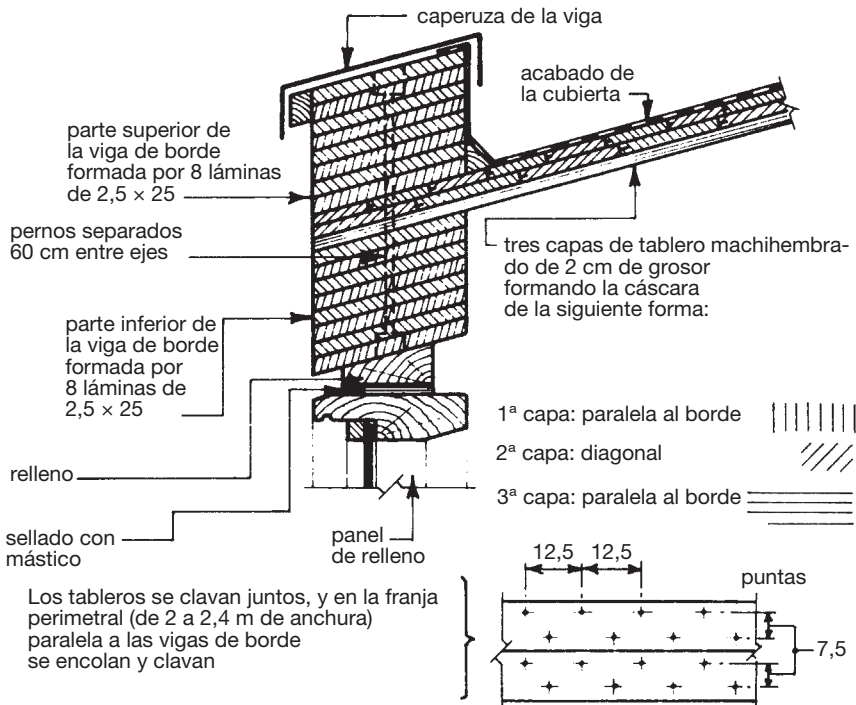
**Cáscaras de hormigón en forma de paraboloides hiperbólicos:** pueden construirse en hormigón armado (de 25 o 30 N/mm<sup>2</sup> de resistencia característica) con un grosor mínimo de cáscara de 5 cm y luces diagonales de hasta 35 m. Estas cáscaras se moldean sobre un encofrado de madera que tenga el formato del paraboloides hiperbólico requerido.

Conviene destacar que, aunque el encofrado pueda realizarse con listones normales de encofrar que sigan las generatrices rectilíneas del paraboloides, se están construyendo dos cubiertas (la cáscara y su encofrado), razón por la cual muchas veces se prefiere construir la cáscara directamente en madera.

**Cáscaras de madera en forma de paraboloides hiperbólicos:** generalmente se construyen usando madera laminada, para las vigas de borde, y varias capas de tablero de madera machihembrada, para la construcción de la membrana. Para cubiertas que tengan unas medidas en planta de hasta 6 x 6 m, solo se requieren dos capas de tablero machihembrado a rompe juntas, cada una de ellas paralelamente a una de las diagonales. Si las medidas en planta son mayores de 6 x 6 m, como en el caso que se muestra abajo, serán precisas tres capas. La lámina final de protección contra la intemperie puede construirse con cualquier material flexible que sea adecuado, como el fieltro de techar, el cobre y el plomo.

Durante la construcción, la cubierta, relativamente liviana, se sujeta a un bastidor o sistema de andamiaje hasta que se haya terminado la ejecución de los anclajes y muros de relleno, para contrarrestar las presiones y succiones del viento debidas a los lados abiertos.

#### Detalles tipo

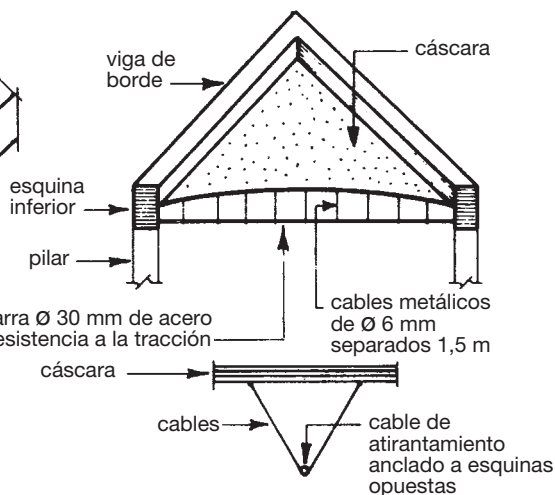
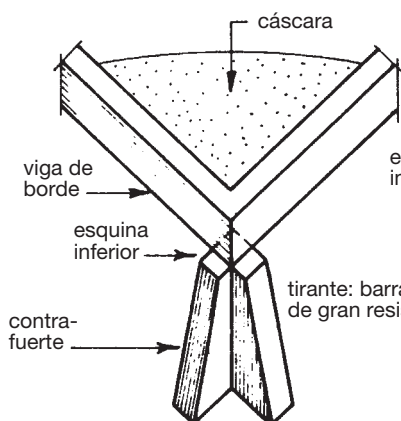
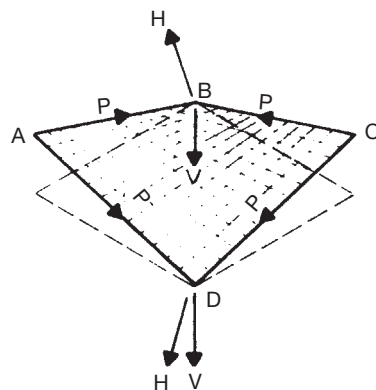




**Consideraciones sobre los apoyos:** las cubiertas en forma de paraboloides hiperbólicos solo necesitan dos apoyos:

Las vigas de borde están sometidas a fuerzas de compresión  $P$  que se transmiten a los puntos  $B$  y  $D$ , descomponiéndose en ambos puntos en una componente vertical  $V$  y una horizontal  $H$ ; por lo tanto, se requieren pilares en  $B$  y  $D$ .

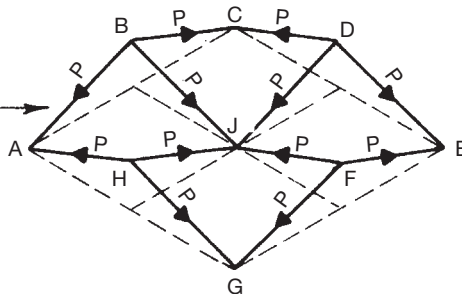
La fuerza vertical  $V$  es transmitida directamente hacia abajo por los pilares a un cimiento adecuado. La componente horizontal  $H$ , o fuerza hacia el exterior de la cáscara, puede absorberse de dos maneras:



Si los apoyos de la cáscara se sitúan en las esquinas altas, las vigas de borde estarán sometidas a tracción y la fuerza horizontal estará dirigida hacia el interior de la cáscara. Para resistirla, se puede disponer una riostra entre las esquinas altas.

### Ejemplo de combinación de cáscaras en paraboloides hiperbólicos

cuatro cáscaras de igual carga adosadas



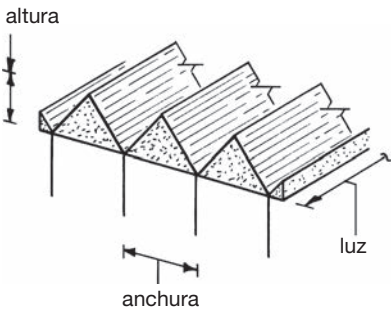
Se requieren apoyos en  $A$ ,  $C$ ,  $G$  y  $E$ , así como tirantes en  $AC$ ,  $CE$ ,  $EG$  y  $GA$ . Las fuerzas que confluyen en  $J$  se anulan mutuamente; por lo tanto, no es necesario un pilar en  $J$ .

Estructura de cubiertas plegadas de hormigón armado, también conocida como losa plegada. El hecho de doblar la losa es para aumentar la inercia y la rigidez, de modo que el conjunto se comporta como una serie de vigas de gran rigidez transversal.

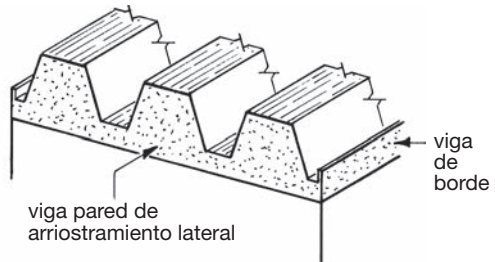
Para el diseño se tomará el mayor de los siguientes valores: la relación óptima entre altura y luz está comprendida entre 1:10 y 1:15; o una relación entre altura a anchura  $\geq 1:10$ .

Forma de la cubierta: a dos aguas, de montera o multipliegue.

MULTIPLIEGUE A DOS AGUAS

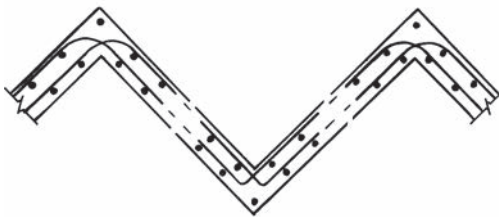


MONTERA

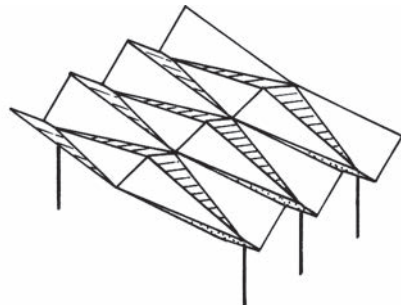


Generalmente es preferible disponer varias placas delgadas que unas pocas más grandes y de mayor grosor, pues así se reduce el peso propio. Existe diversas posibles variantes de proyecto, particularmente cuando se introduce la modalidad de las placas contraplegadas, y más aun si se incluyen placas arqueadas longitudinalmente que se prolongan hasta el suelo.

ARMADURA PRINCIPAL TIPO



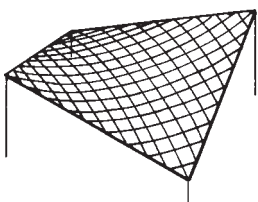
PLACA CONTRAPLEGADA



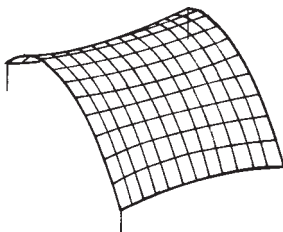
**Principios de la cubierta laminar:** forma particular de sistema estructural de cables a tracción revestido con una cubierta tensada. El principio y el origen de este sistema es la lona de la tienda de campaña, con mástiles a compresión hincados en el terreno. El tejido se sujeta a cables periféricos que trabajan a tracción, suspendidos de una catenaria tendida entre soportes verticales.

**Forma:** existen innumerables posibilidades tridimensionales. Las siguientes formas geométricas proporcionan un punto de partida para la imaginación y la elegancia en el diseño:

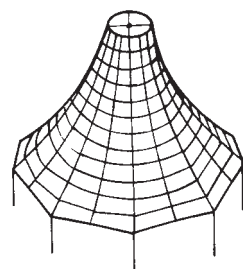
- Paraboloide hiperbólico
- Bóveda de cañón
- Cónica o de doble cono



PARABOLOIDE HIPERBÓLICO

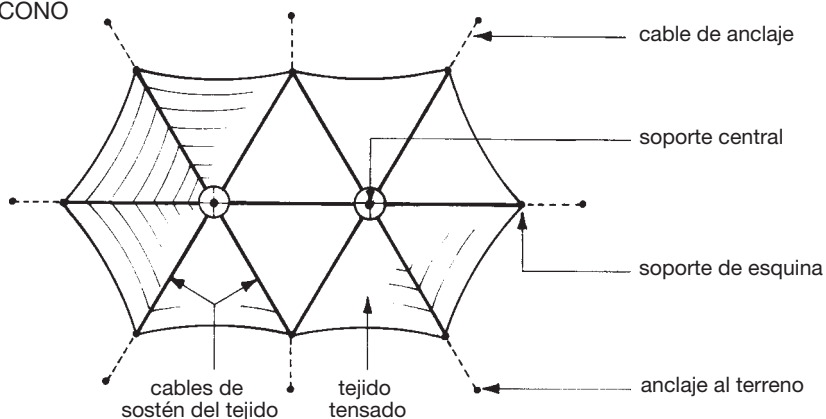


BÓVEDA DE CAÑÓN

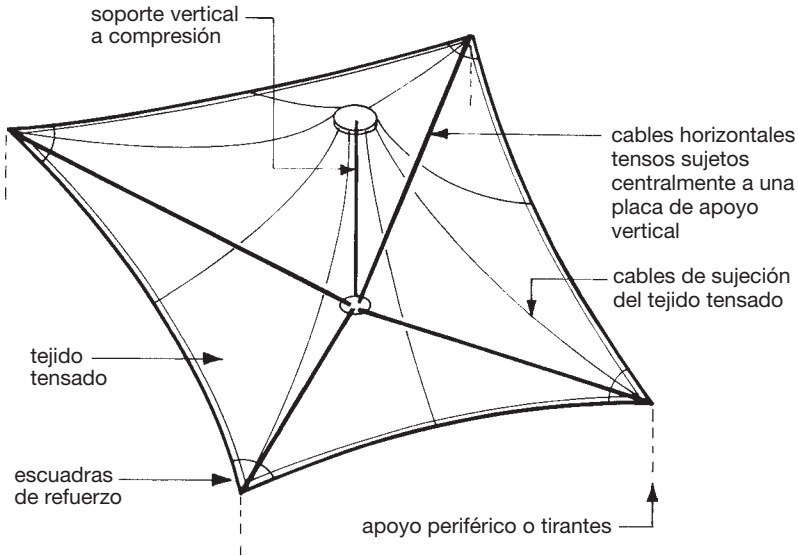


CÓNICA

DOBLE CONO



Estructura de apoyo simple vista desde abajo



**Tejido:** reúne las ventajas de que requiere un apoyo mínimo, ofrece amplias oportunidades para la expresión arquitectónica de colorido y geometría, y posee una calidad translúcida que da la sensación de estar al aire libre, al tiempo que protege del sol y de la lluvia. Por lo general, se utilizan para remarcar entradas y áreas funcionales de edificios destacados, y, en especial, pabellones deportivos, aeropuertos y centros de convenciones.

**Materiales:** las pieles de animales fueron los primeros materiales que se utilizaron en las estructuras tensadas en la antigüedad, pero más recientemente se han empleado tejidos de fibra de cáñamo, lino y otros hilados naturales. Los materiales sintéticos contemporáneos tienen un revestimiento sobre una base fibrosa. Entre estos últimos hay que citar el cloruro de polivinilo (PVC) sobre fibras de poliéster, la silicona y el politetrafluoretileno sobre fibra de vidrio. La vida útil de estos tejidos es difícil de estimar, en la medida en que depende mucho del tipo de exposición a que estén sometidos, pero por experiencia se estima entre 20 y 30 años. Los empalmes pueden realizarse mediante soldadura por fusión de plásticos, encolado con adhesivos de silicona y cosido con hilos de vidrio.

**Claraboyas:** la profundidad a la que entra la luz natural por las ventanas de las fachadas de los edificios oscila entre 6 y 9 m, según la altura y el tamaño de la ventana. En edificios de más de 18 m de fondo, la penetración lateral de luz debe ser suplementada por la iluminación artificial o, en caso de plantas altas o de edificios de una sola planta, por medio de claraboyas.

Las diversas normativas y ordenanzas establecen las superficies de iluminación según los diversos usos posibles.

Las claraboyas o los ventanales de las cubiertas inclinadas, tales como los de dientes de sierra, se suelen acristalar con algún modelo de cristalera patentada (véase Cubiertas de grandes luces, en págs. 538 y 539).

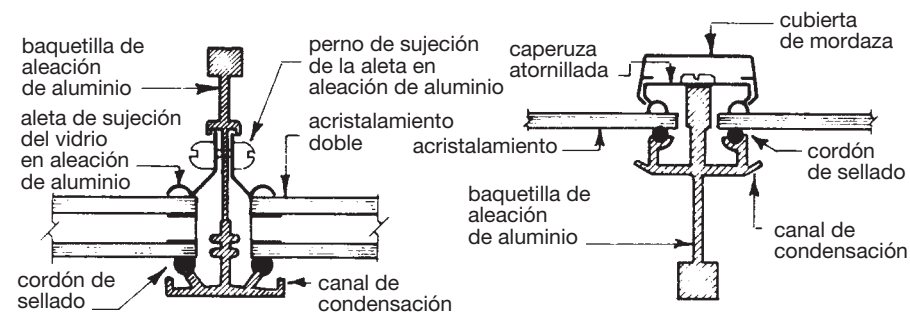
En las cubiertas planas, la luz natural puede penetrar en el edificio por alguno de los siguientes métodos:

1. Lucernarios: véase pág. 560.
2. Claraboyas de pavés: véase pág. 560.
3. Claraboyas prefabricadas semiesféricas, piramidales y similares: véase pág. 561.

**Cristaleras patentadas:** son sistemas patentados de acristalamiento con baquetillas de acero o aleación de aluminio, que permiten ampliar la superficie a acristalar al tiempo que proporcionan un borde de apoyo al vidrio.

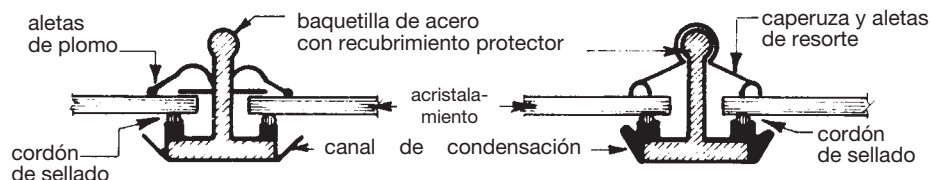
Pueden usarse en las formas de cubierta arriba expresadas, y también pueden integrarse en las cubiertas revestidas de planchas perfiladas, tal como puede verse grafiado en la pág. 559.

### Secciones tipo de baquetillas de cristaleras patentadas



BAQUETILLA DE ALEACIÓN DE ALUMINIO

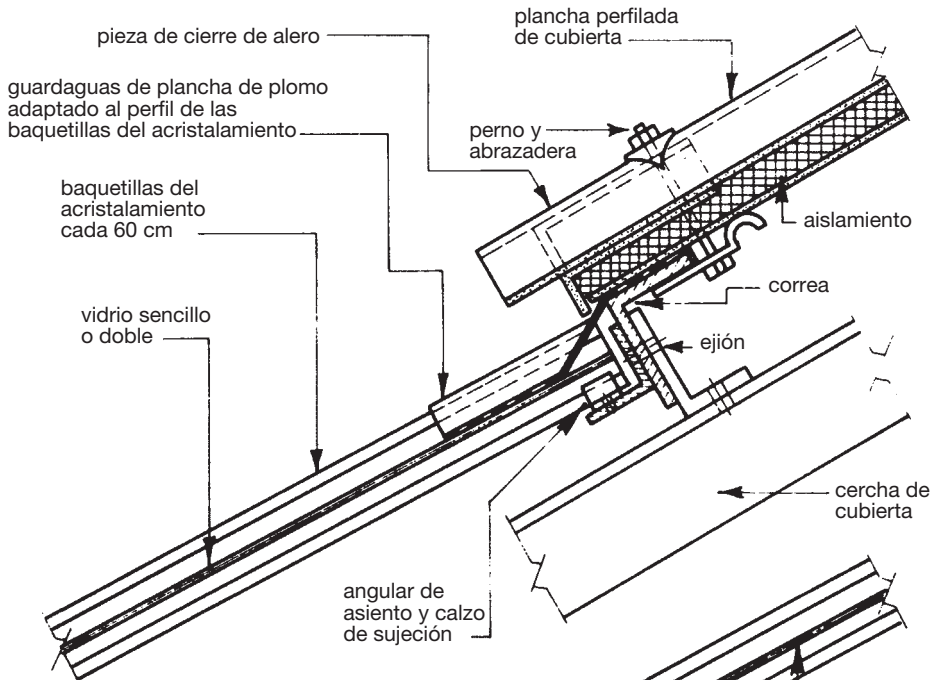
BAQUETILLA INVERTIDA



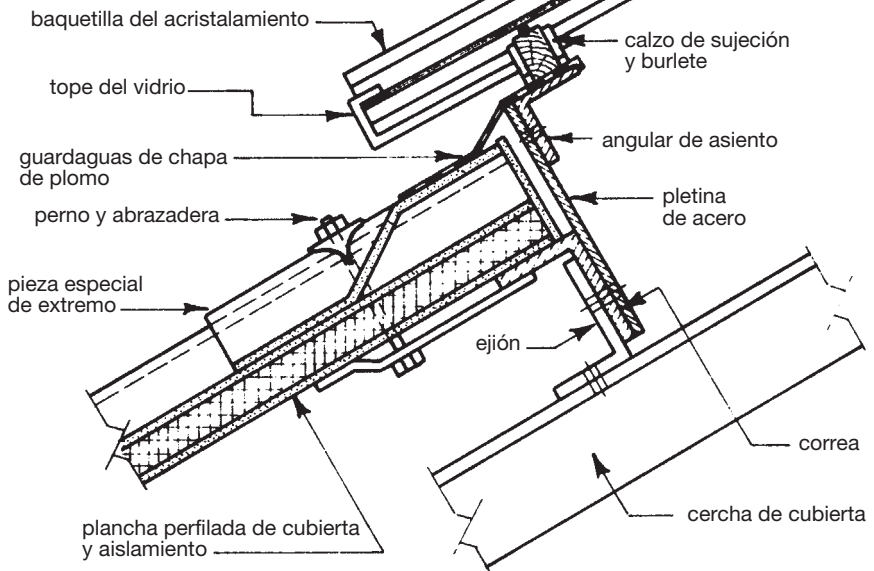
BAQUETILLA DE ACERO  
REVESTIDA DE PLOMO

BAQUETILLA DE ACERO  
REVESTIDA DE PVC

### Detalles de cristalera patentada integrada en una cubierta inclinada



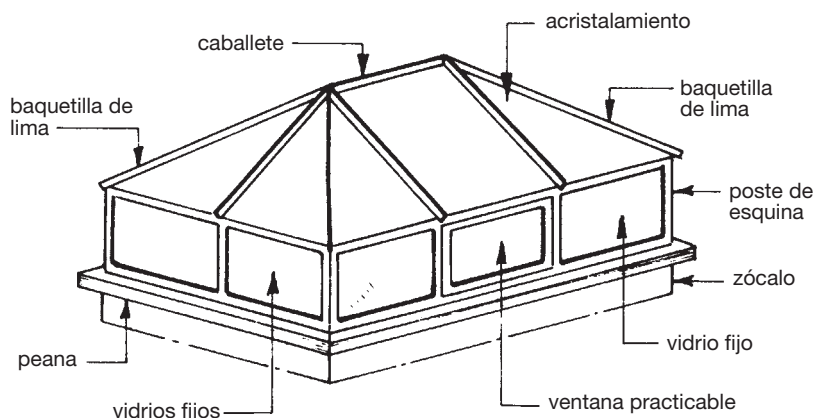
### DETALLE DE LA UNIÓN SUPERIOR



### DETALLE DE LA UNIÓN INFERIOR

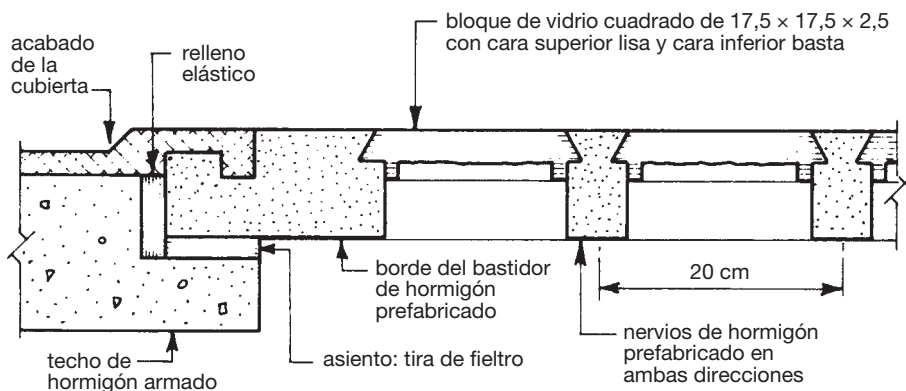
**Linternas:** configuran un tipo de claraboya utilizado en cubiertas planas. Están formadas por paramentos perimetrales de vidrio, rematados por una cubierta inclinada —generalmente a cuatro aguas— totalmente acristalada. En muchos casos, una parte del acristalamiento perimetral es practicable o, alternatively, está formado por lamas de vidrio para obtener un grado de ventilación controlada. Pueden construirse en madera, metal o una combinación de ambos materiales. En el contexto de los edificios de nueva construcción, muchas veces este sistema se sustituye por alguno de los diversos modelos de claraboya prefabricada (véase página siguiente).

### Detalle de una linterna tipo



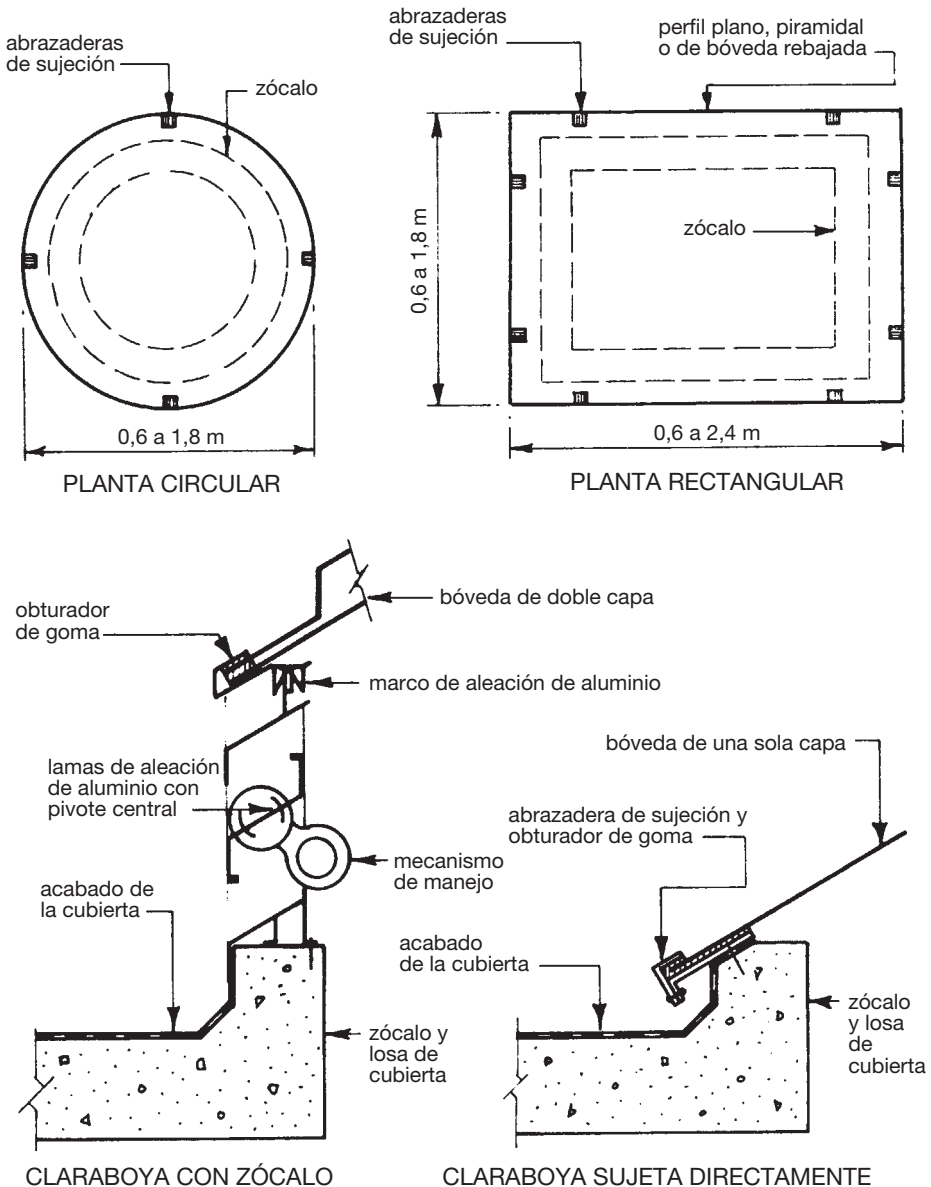
**Claraboyas de pavés:** están formadas por pavés translúcidos cuadrados o redondos, especialmente diseñados para ir moldeados en hormigón en cubiertas planas o en cubiertas curvas tales como las bóvedas de cañón. También pueden incluirse en bastidores de hormigón prefabricados para incluirlos en un techo moldeado in situ.

### Detalle tipo



**Claraboyas prefabricadas en forma de cúpula, pirámide y similares:** se utilizan en cubiertas planas y pueden o no estar dotadas de zócalo. La parte que deja pasar la luz puede ser de vidrio o de materiales plásticos tales como policarbonato, acrílicos, PVC y resina poliestérica reforzada con fibra de vidrio. El componente completo se fija a un zócalo, pudiendo dotársele de una pieza de elevación para regular la ventilación, así como de lamas o aletas a efectos de obtener una ventilación controlada.

### Detalles tipo



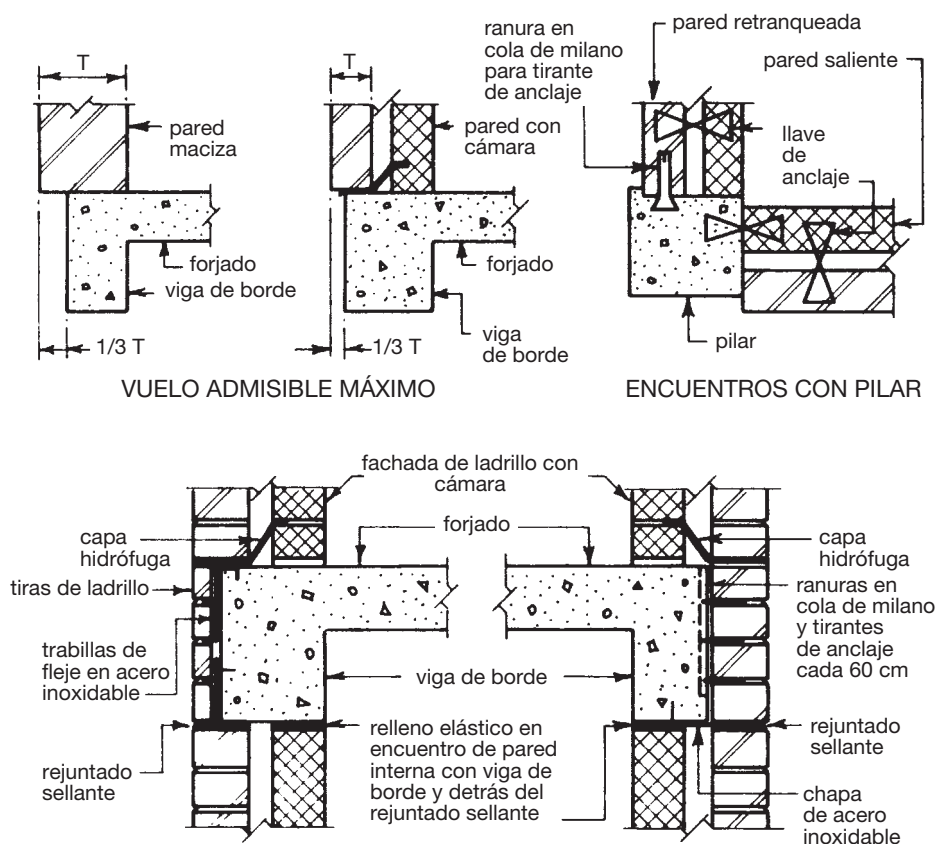


**Fachadas no portantes de ladrillo:** se utilizan en los esqueletos o estructuras porticadas como elemento de cierre entre los pilares y los forjados. Se construyen de la misma manera que los muros de ladrillo ordinarios, y las aberturas también se forman con los métodos tradicionales.

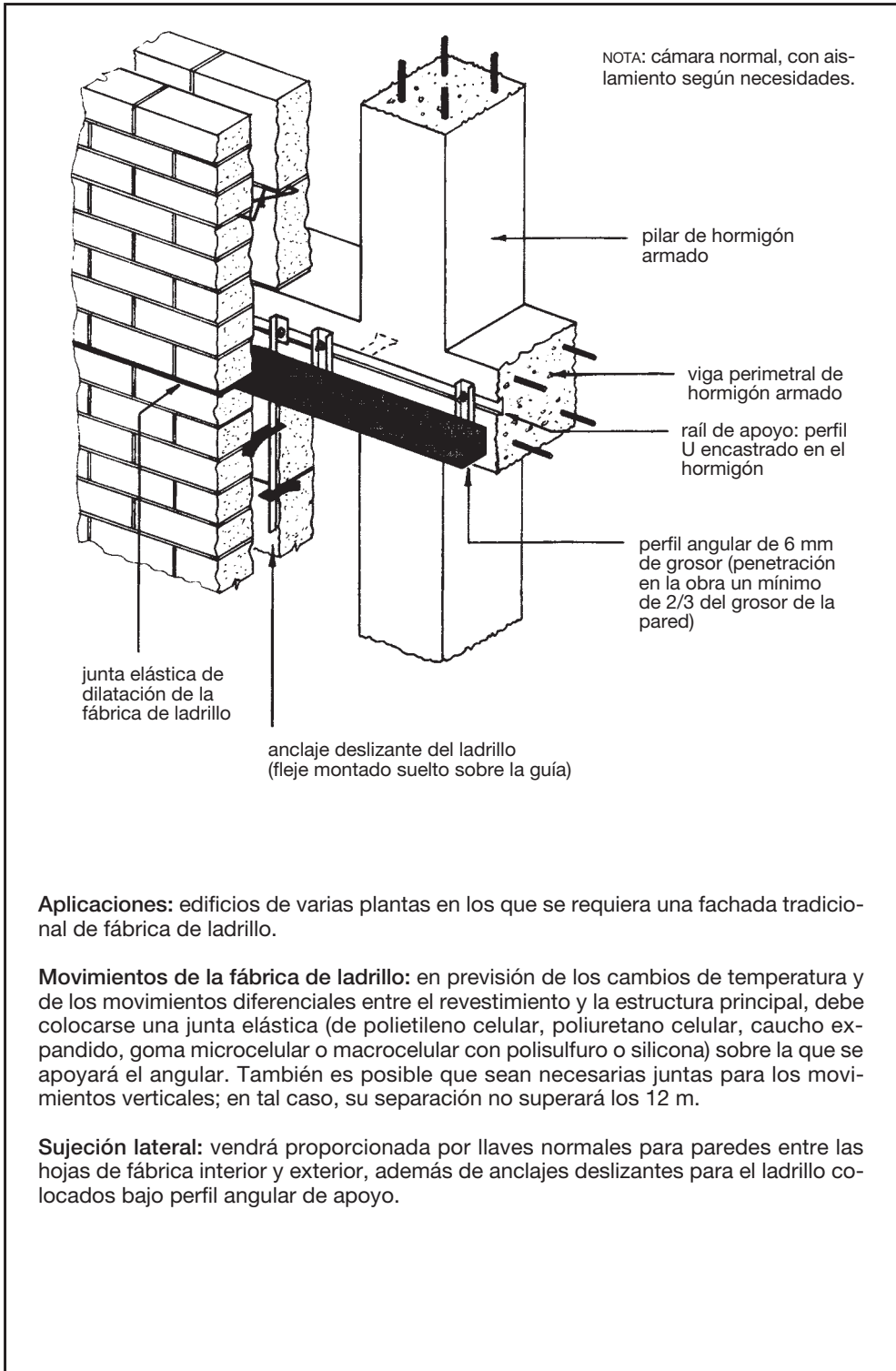
### Requisitos básicos:

1. Estar convenientemente apoyadas y ligadas a la estructura.
2. Tener la resistencia suficiente para soportar su peso propio, el de los acabados y las cargas impuestas, tales como las presiones del viento.
3. Proporcionar la necesaria protección a la penetración de los agentes atmosféricos.
4. Proporcionar los grados requeridos de aislamiento térmico, acústico y de resistencia al fuego.
5. Tener la durabilidad suficiente para reducir los gastos de mantenimiento al mínimo.
6. Permitir los movimientos normales debidos a la humedad y a la dilatación térmica de la pared y la contracción del esqueleto.

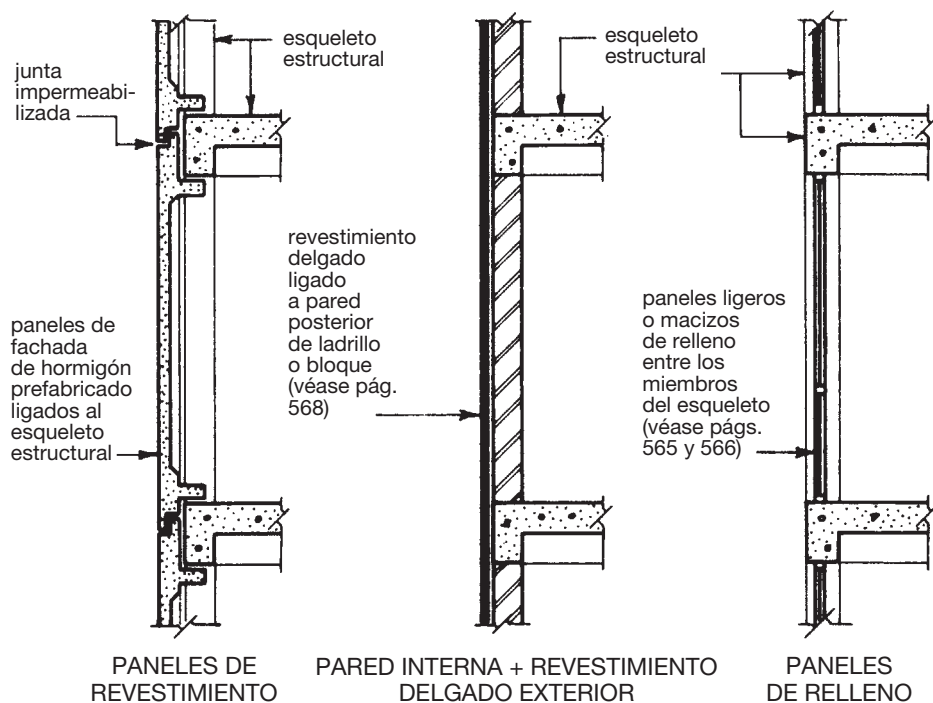
### Detalles tipo



## Sistema de apoyo de revestimientos de fábrica de ladrillo



**Fachadas de paneles no portantes:** se usan entre los miembros estructurales del edificio para proporcionar el revestimiento y la separación entre los ambientes interior y exterior, y no deben ser confundidos con los revestimientos de fachada.

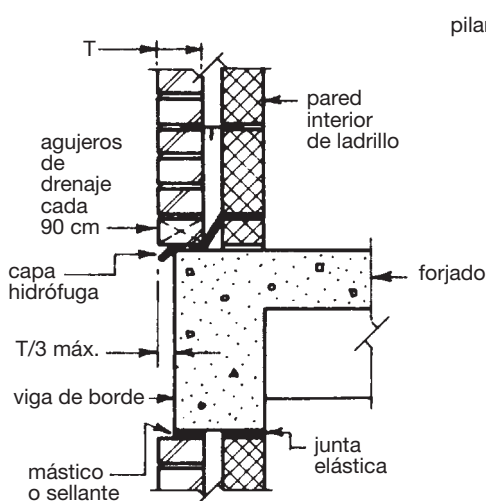


**Requisitos funcionales:** el diseño y la construcción de todas las formas de relleno con paneles deben cumplir los siguientes requisitos funcionales:

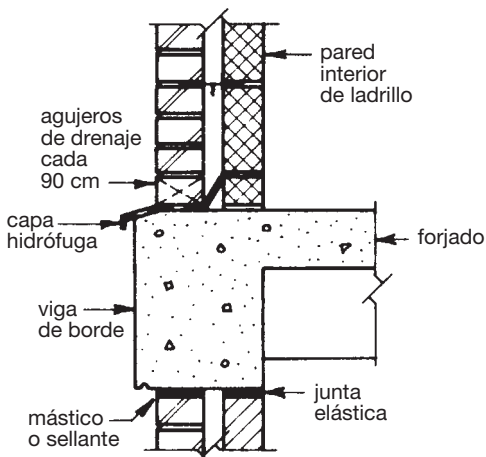
1. Ser autoportantes entre los miembros del esqueleto estructural.
2. Proporcionar protección a la penetración de los agentes atmosféricos.
3. Resistir las presiones y succiones impuestas por el viento.
4. Proporcionar el aislamiento térmico requerido.
5. Proporcionar el aislamiento acústico requerido.
6. Proporcionar la resistencia al fuego requerida.
7. Tener aberturas suficientes para el grado de ventilación natural requerido.
8. Tener superficie de acristalamiento suficiente para cumplir los requisitos de visión e iluminación natural.
9. Economía de construcción y mantenimiento.
10. Permitir los movimientos diferenciales entre paneles y esqueleto.

**Fachadas no portantes de ladrillo:** pueden ser macizas o con cámara; en este último formato la hoja interior puede ser de bloque celular, para incrementar el aislamiento térmico de la pared. A estas paredes les son aplicables los mismos detalles y procesos constructivos (aparejo, dinteles sobre aberturas, tirantes de anclaje, capas hidrófugas, etc.) que a las paredes portantes, macizas o con cámara. Las fachadas de ladrillo se pueden atar a los soportes mediante tirantes insertados en la masa del pilar cada 30 cm o anclándolas en rebajes en cola de milano moldeados en la masa del hormigón. El cabecero de todas las hojas de fachada se debe rematar con una junta de material elástico, para permitir los movimientos diferenciales entre el esqueleto y las paredes de cerramiento.

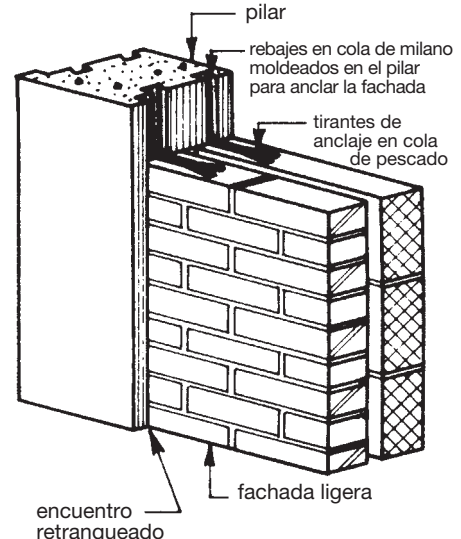
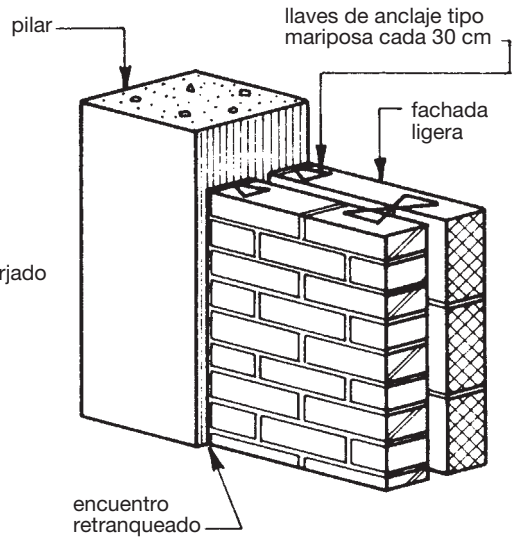
### Detalles tipo



FACHADA LIGERA SALIENTE

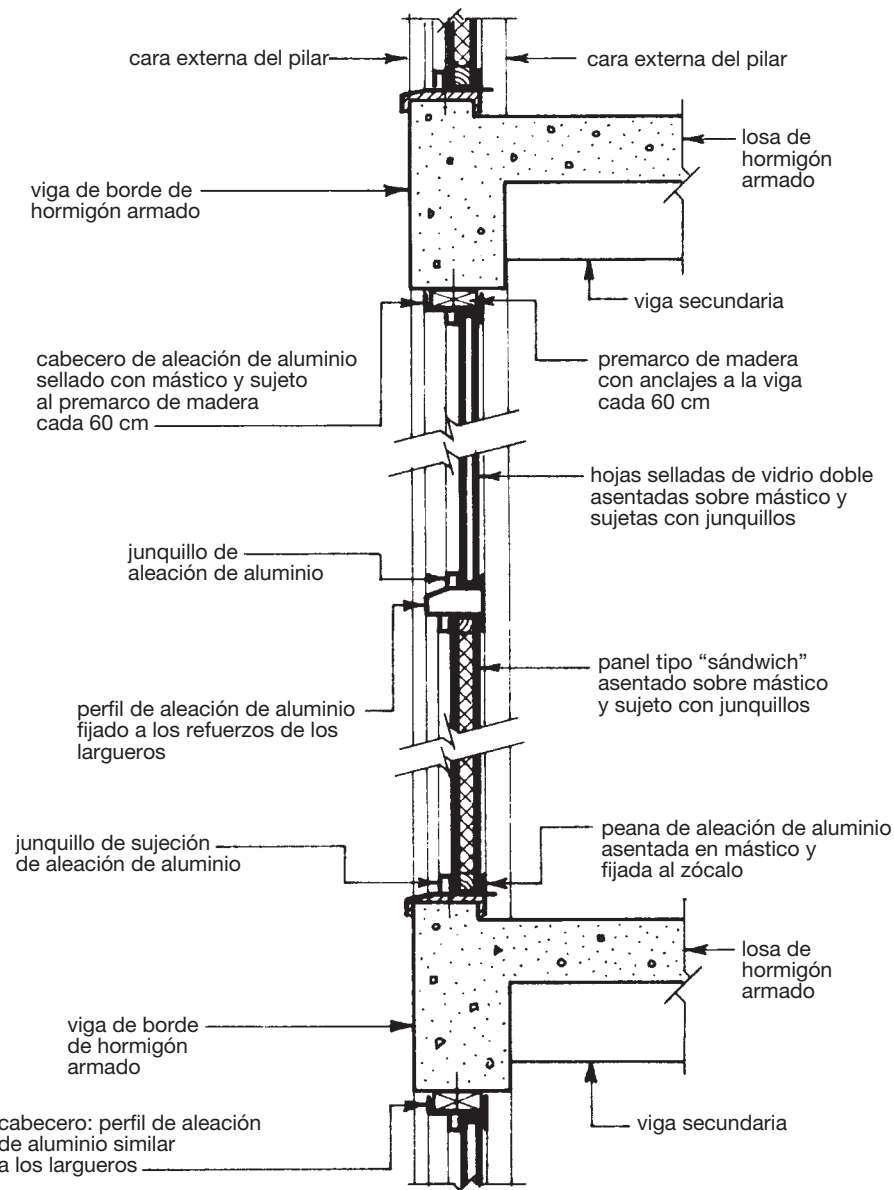


FACHADA LIGERA RETRANQUEADA

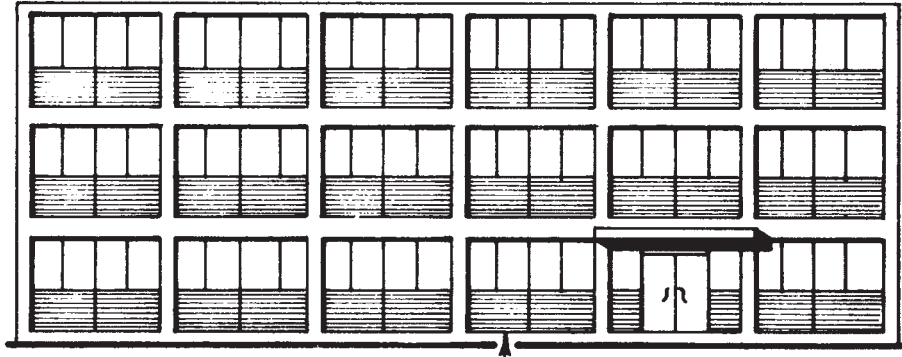


**Fachadas de paneles ligeros:** pueden construirse empleando una gran variedad o combinación de materiales (madera, metal y plásticos) a los que pueden acoplarse vidrios sencillos o dobles. Los paneles macizos generalmente suelen ser sándwich; es decir paneles compuestos de varios materiales que proporcionan los aislamientos térmico y acústico necesarios y la resistencia al fuego requerida.

### Ejemplo tipo

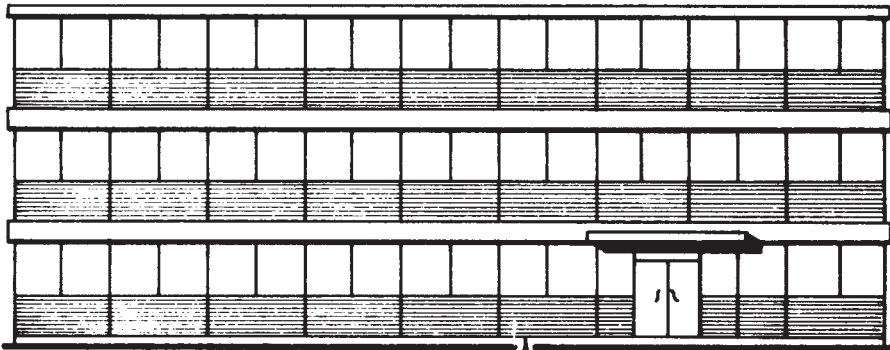


**Fachadas de paneles ligeros:** pueden sujetarse entre los miembros horizontales y verticales del esqueleto o bien a la cara exterior de los pilares o de las columnas, según se quiera enfatizar, respectivamente, el carácter reticulado, horizontal o vertical de la fachada.



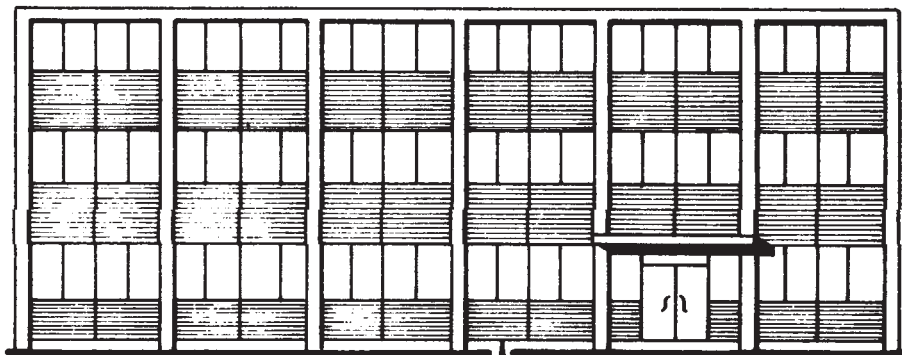
ÉNFASIS RETICULADO

paneles sujetos entre los pilares y vigas



ÉNFASIS HORIZONTAL

paneles sujetos entre las vigas y delante de los pilares

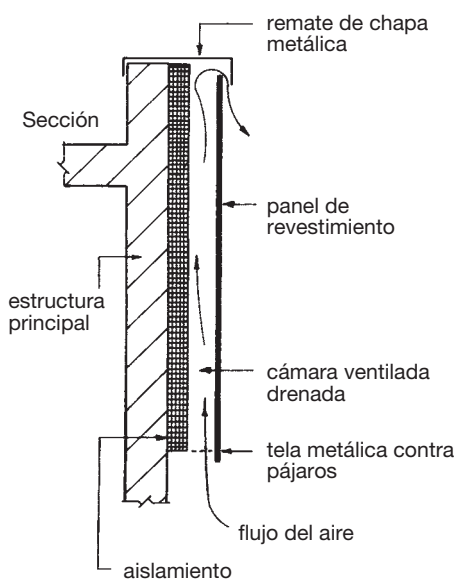


ÉNFASIS VERTICAL

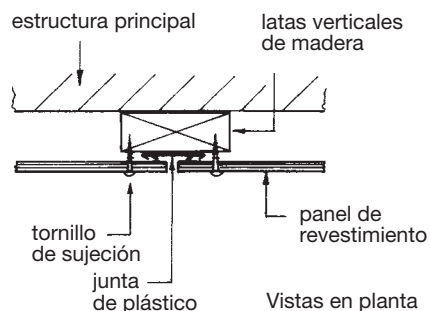
paneles sujetos entre los pilares y delante de las vigas

## Revestimiento de fachadas con doble piel

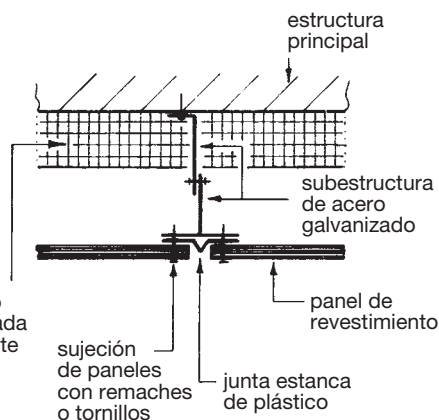
**Doble piel:** es un tratamiento superficial, ya se aplique como un componente más de una construcción de nueva planta, o como una mejora de la fachada y del aislamiento de una edificación existente. El panelado exterior decorativo y resistente a la intemperie responde conceptualmente al tipo de ajuste "holgado"; es decir, que puede reemplazarse fácilmente para adecuarlo a nuevos gustos, nuevos materiales o a la imagen comercial. Los paneles se fijan a la estructura principal con una subestructura reticular metálica sencilla o con latas de madera verticales. De esta forma, se deja espacio para una cámara ventilada y drenada entre las dos fachadas, y para que pueda adosarse el aislamiento térmico a la estructura principal, una mejora muy frecuente en obras de rehabilitación.



### CONCEPTOS GENERALES



### EDIFICIOS DE Poca ALTURA



### EDIFICIOS DE MEDIA/GRAN ALTURA

NOTA 1: entre los posibles materiales de revestimiento se cuentan los laminados plásticos, los materiales cerámicos, el aluminio, el acero lacado y diversos tipos y motivos pétreos.

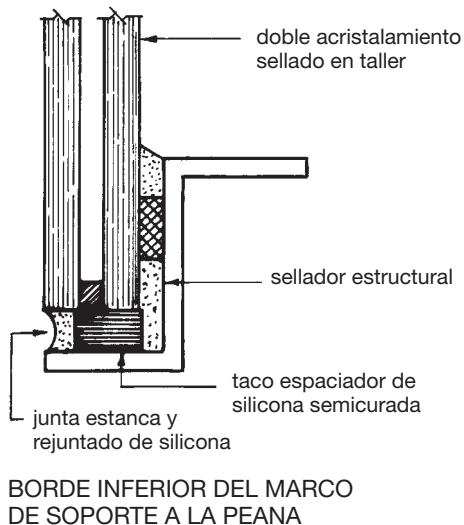
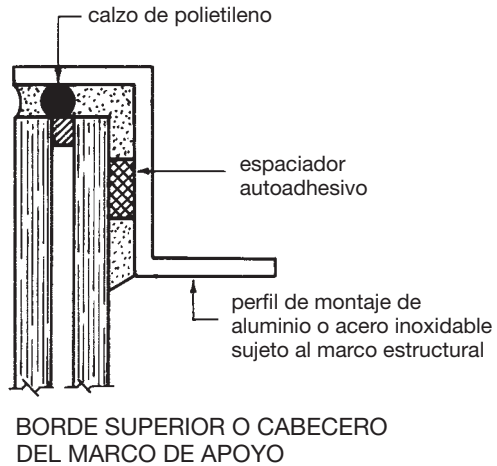
NOTA 2: tela metálica contra pájaros revestida con una pintura ignífuga e intumescente que forma una barrera antiincendio.

Las fachadas acristaladas han estado asociadas desde la década de 1970 con la arquitectura *high-tech*. El uso creciente de este tipo de revestimiento se debe en gran parte al desarrollo del vidrio templado y al perfeccionamiento de los materiales sellantes a base de siliconas elastoméricas. Entre las propiedades de estos últimos deben figurar en lugar destacado tanto la elasticidad ante las variaciones de las condiciones atmosféricas, como la facilidad para absorber movimientos estructurales sin pérdida de adherencia.

**Sistemas:** dos lados y cuatro lados.

El sistema de dos lados confía a los junquillos convencionales la sujeción del acristalamiento a la parte superior e inferior del marco estructural, mientras que los laterales se sellan con silicona a los montantes y parteluces.

El sistema de cuatro lados, el más innovador, confía enteramente en la adherencia estructural, mediante uniones de silicona entre el vidrio y el marco estructural (véanse detalles).

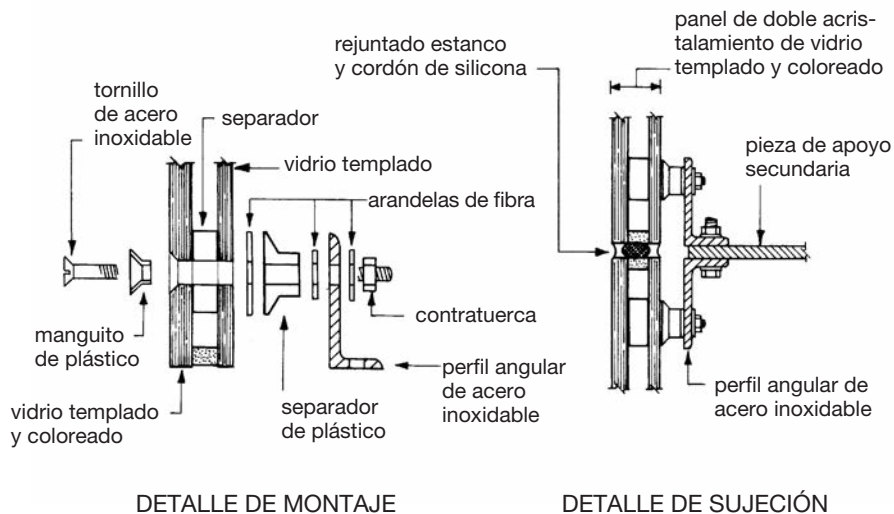
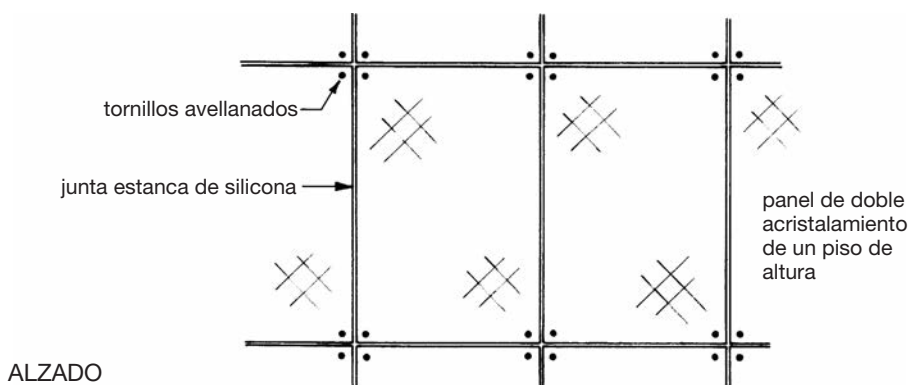


NOTA: los laterales del marco igual que el cabecero.



Es un sistema de vidrio templado sin el impacto visual que producen las sujeciones superficiales y las piezas de apoyo. Pero, a diferencia del muro cortina, el peso propio del vidrio y las cargas eólicas son soportados por el propio vidrio y transferidos a una estructura ligera auxiliar de apoyo, situada detrás del acristalamiento.

### Principios de montaje

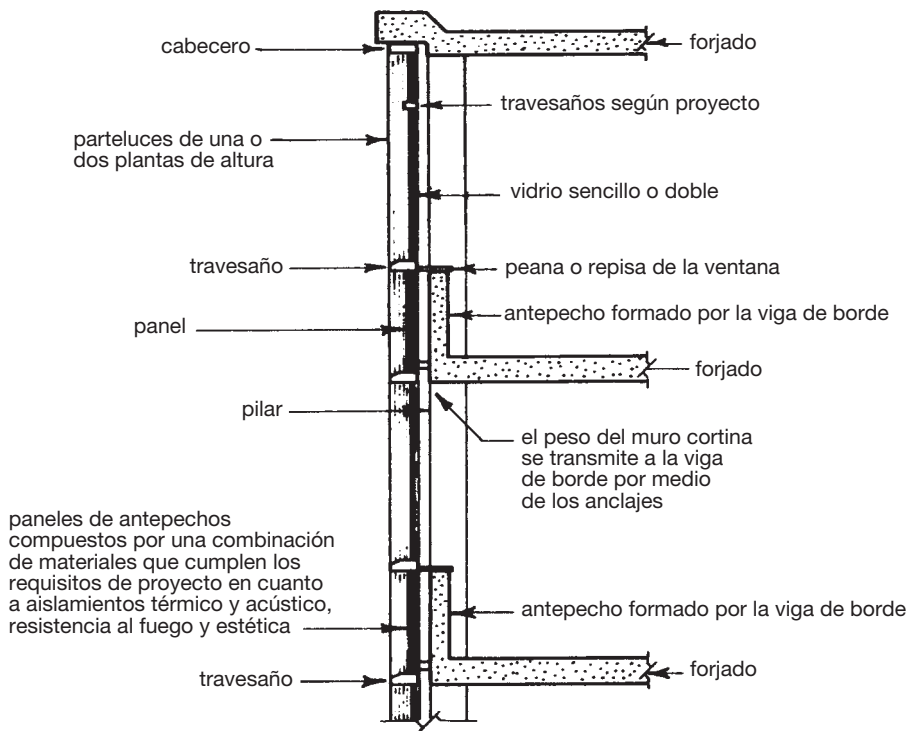


**Muro cortina:** es una forma de revestimiento exterior, ligero y no portante que crea un envoltorio completo o forro en torno al esqueleto. En edificios de poca altura, el muro cortina puede ser de madera o acristalamiento patentado, pero en los edificios altos lo que se emplea habitualmente son perfiles huecos o macizos, de acero o aleación de aluminio.

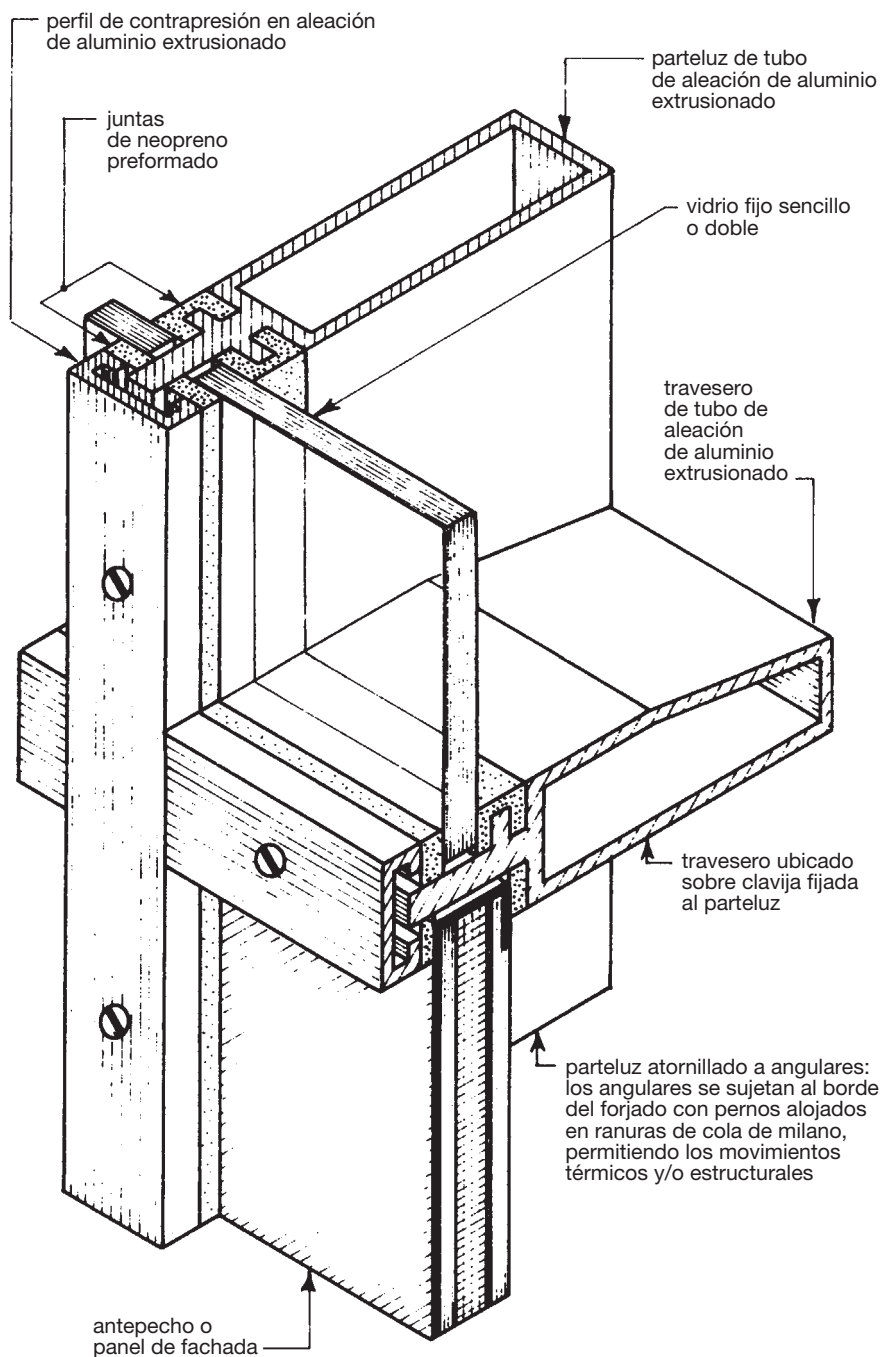
**Requisitos básicos que deben cumplir los muros cortina:**

1. Proporcionar la protección adecuada ante la penetración de los agentes atmosféricos.
2. Tener suficiente resistencia para soportar su peso propio y las presiones y subpresiones del viento.
3. Proporcionar el grado requerido de resistencia al fuego: las áreas acristaladas pueden clasificarse como zonas no protegidas, por lo que la resistencia al fuego deberá obtenerse de los paños de pared, de los antepechos o de las caras posteriores de pilares o vigas.
4. Ser de fácil montaje, sujeción y mantenimiento.
5. Proporcionar los aislamientos térmico y acústico requeridos.
6. Permitir los movimientos térmicos y estructurales.

**Organización típica de un muro cortina**

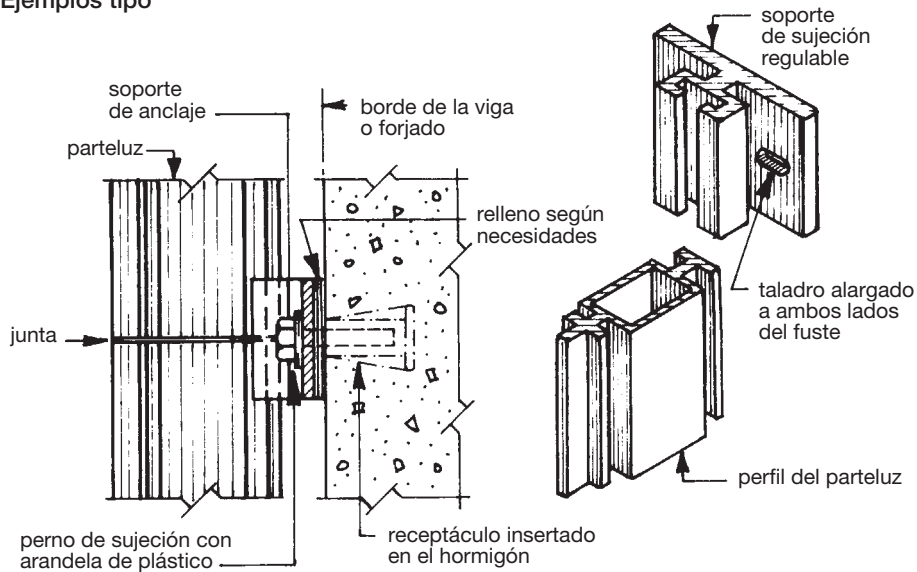


Detalle de un muro cortina tipo



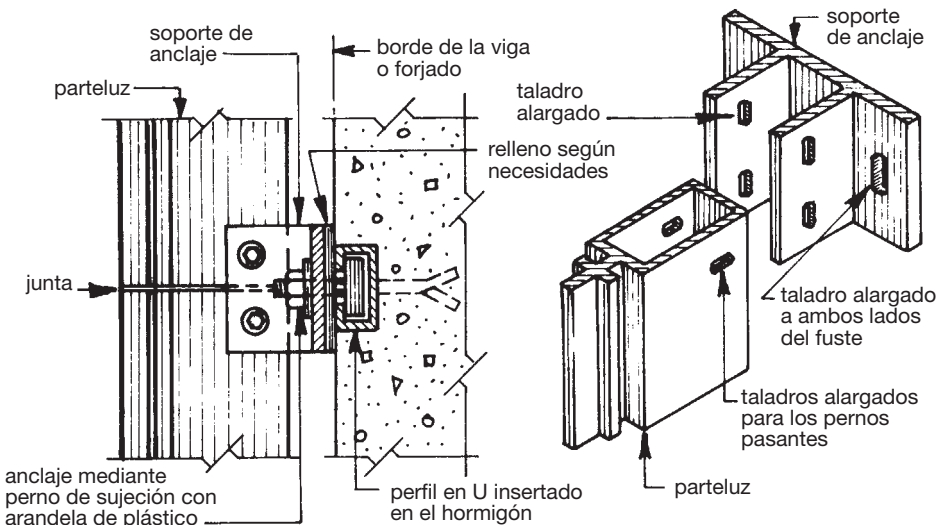
**Sujeción del muro cortina a la estructura:** en los sistemas de muro cortina, el elemento vertical o parteluz es el que recibe las cargas y las transmite al esqueleto en cada planta o en plantas alternas, según sea la longitud y capacidad del perfil del parteluz. La carga se transmite a la estructura en cada uno de los puntos de sujeción; debe dejarse una holgura para absorber las dilataciones térmicas y los movimientos diferenciales entre el esqueleto y el muro cortina. El método habitualmente empleado es el de taladros alargados y pernos.

### Ejemplos tipo



MONTAJE

COMPONENTES



MONTAJE

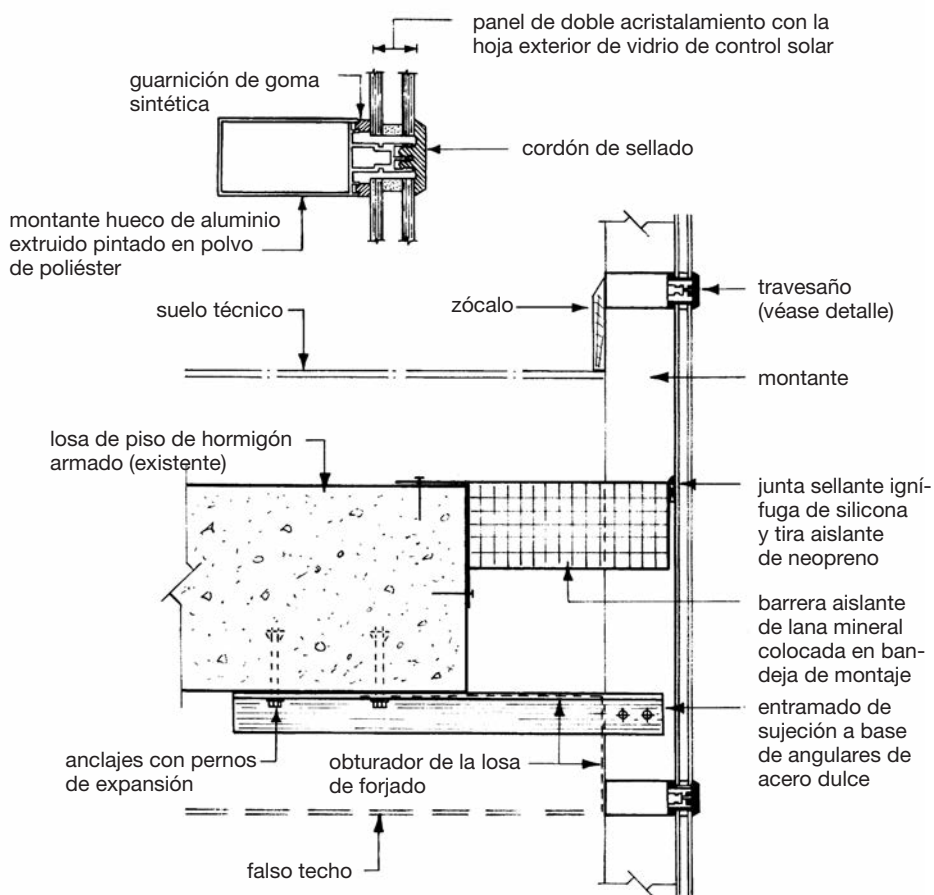
COMPONENTES

## Muros cortina, revestimiento exterior de vidrio

La práctica de revestir exteriormente edificios de entramado existentes se ha convertido en una alternativa económica a su demolición total y posterior construcción de nueva planta. Esta operación puede ser una respuesta plausible cuando el edificio sufre un cambio de uso o cuando se apuesta por una mejora de imagen. El revestimiento de edificios más antiguos también puede facilitar la implementación de medidas de conservación de la energía.

### Sección de un forjado existente al que se ha fijado un sistema de sustentación de la nueva fachada

#### Detalle del entramado

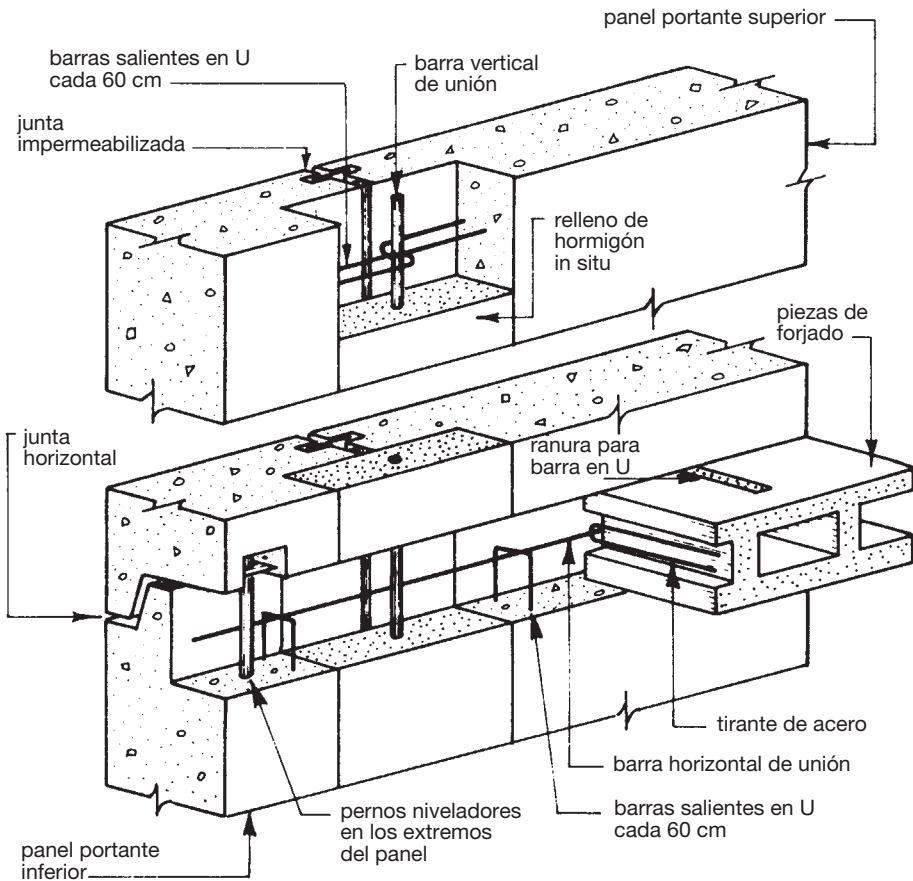


**Fachadas de paneles portantes de hormigón:** en este sistema constructivo se emplean paneles portantes perimetrales de una planta de altura en hormigón armado prefabricado. La anchura y el grosor de los paneles dependen de las cargas que han de soportar y de la altura y el grado de exposición del edificio a la acción del viento.

Los paneles pueden ser ciegos o fenestrados; en este último caso, deben tener suficientes paños de hormigón para transmitir las cargas en torno a las aberturas. Por su condición estructural, este tipo de panel elimina la necesidad de los pilares y vigas perimetrales, y proporciona una superficie interna apta para recibir el aislamiento, así como los servicios, mecanismos y elementos ornamentales necesarios.

En el contexto del proyecto, estas estructuras deben diseñarse de modo que si uno de sus miembros queda fuera de servicio, por una explosión interna, el empuje del viento o cualquier otra fuerza progresiva o estructural, no se produzca el colapso del edificio. Este sistema constructivo puede presentar grandes ventajas económicas.

#### Detalles tipo

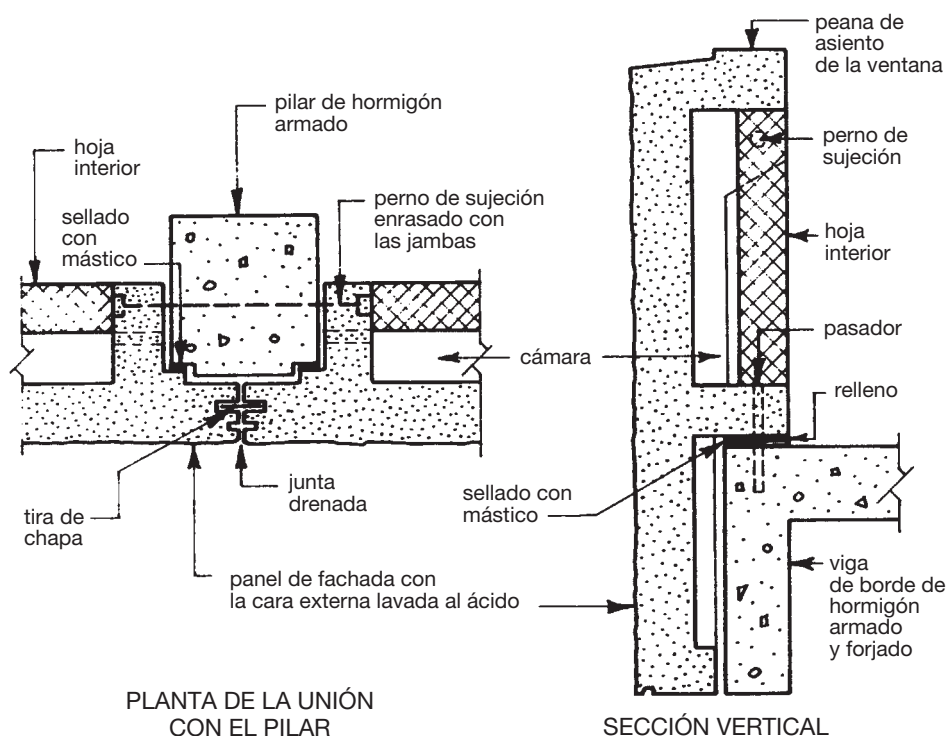


**Fachada de paneles no portantes de hormigón:** generalmente, los paneles son de hormigón prefabricado y tienen la altura de una planta o del antepecho de la ventana. El diseño y la instalación de los paneles de fachada de hormigón no portantes deben cumplir las siguientes funciones:

1. Ser autoportantes entre los miembros estructurales.
2. Proporcionar resistencia a la penetración de los agentes atmosféricos.
3. Resistir las presiones y succiones del viento.
4. Proporcionar la resistencia al fuego requerida.
5. Proporcionar el grado requerido de aislamiento térmico, bien incorporando el material aislante al cuerpo del panel o, alternatively, utilizando el panel como hoja exterior de una pared con cámara.
6. Proporcionar el grado requerido de aislamiento acústico.

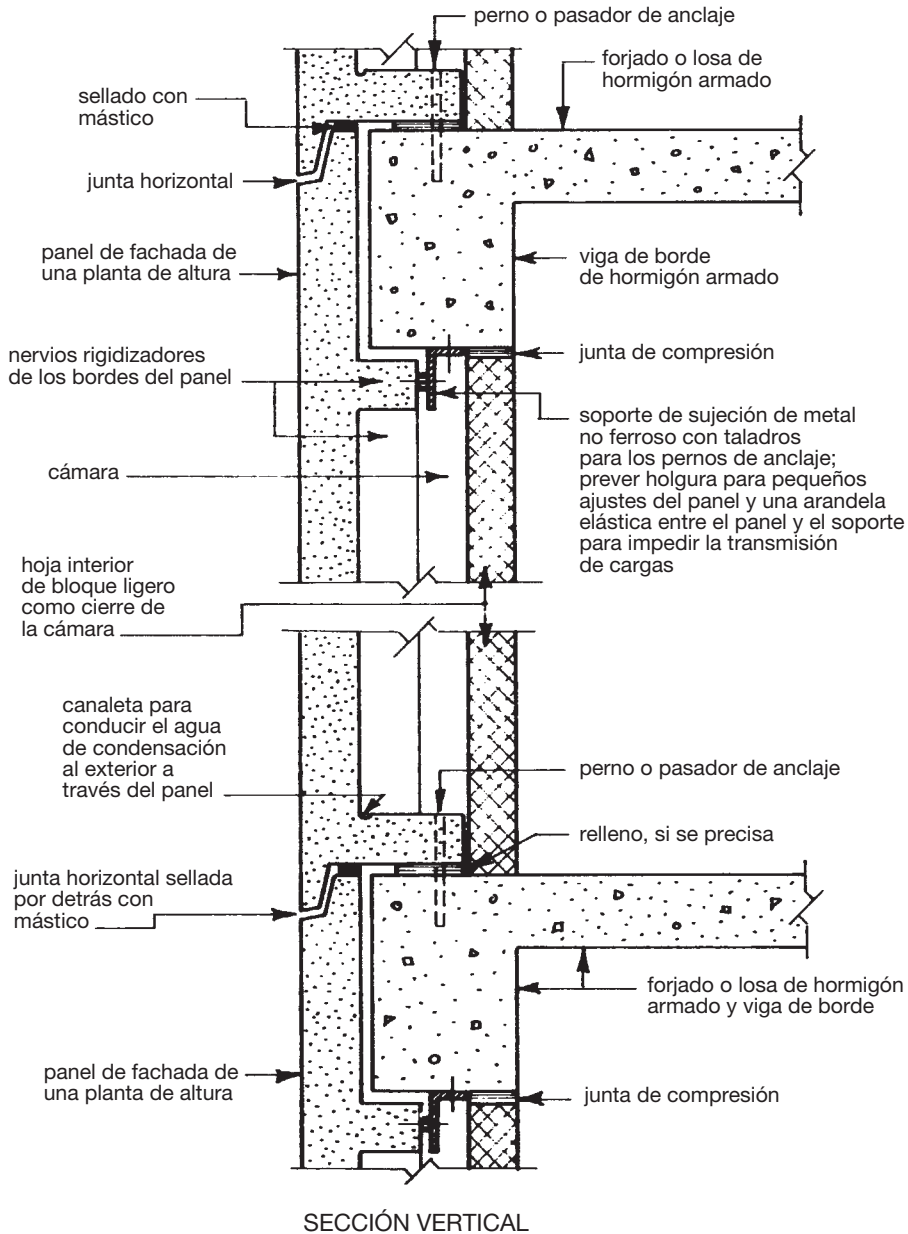
**Paneles de antepecho de ventana:** se diseñan con una anchura de pilar a pilar y como base para las ventanas que se dispondrán encima. La nivelación se suele llevar a cabo acuñando y rellenando desde el borde inferior, antes de proceder a la sujeción mediante pasadores enlechados.

### Detalles tipo



**Fachada de paneles no portantes de hormigón de una planta de altura:** diseñados para ocupar la altura de una planta, de forjado a forjado; pueden ser ciegos o de vidrio. La nivelación se suele llevar a cabo acuñando y rellenando desde el borde inferior, antes de proceder a la sujeción mediante pernos o pasadores enlechados.

### Detalles tipo



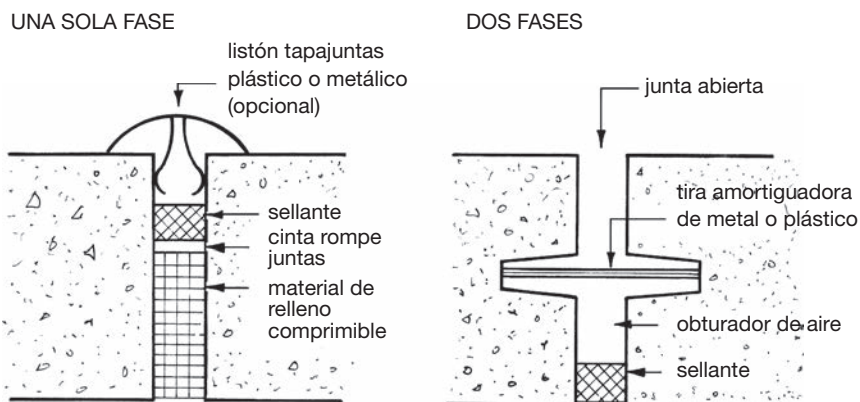


## Fachadas de paneles de hormigón. Juntas

**De una sola fase:** consiste en la aplicación de un material de relleno comprimible y un sellante hermético entre paneles adyacentes. Este procedimiento suele ser suficiente para superficies relativamente pequeñas donde la posibilidad de movimientos térmicos o estructurales sea limitada. En el resto de los casos, para adaptarse a movimientos térmicos extremos entre los paneles expuestos, el uso exclusivo de un relleno y un sellante requeriría una superabundancia de juntas o unas juntas excesivamente anchas, con el consiguiente peligro de deslizamientos o fracturas.

**De dos fases:** también conocido como de juntas abiertas drenadas. Es el método más aconsejable pues permite una mayor facilidad para absorber movimientos. Las juntas drenadas entre paneles comprenden un obturador en el interior o la parte trasera de la junta y un amortiguador delante, separados entre sí por una cámara de aire.

### Comparación de los principios de las uniones de una y dos fases

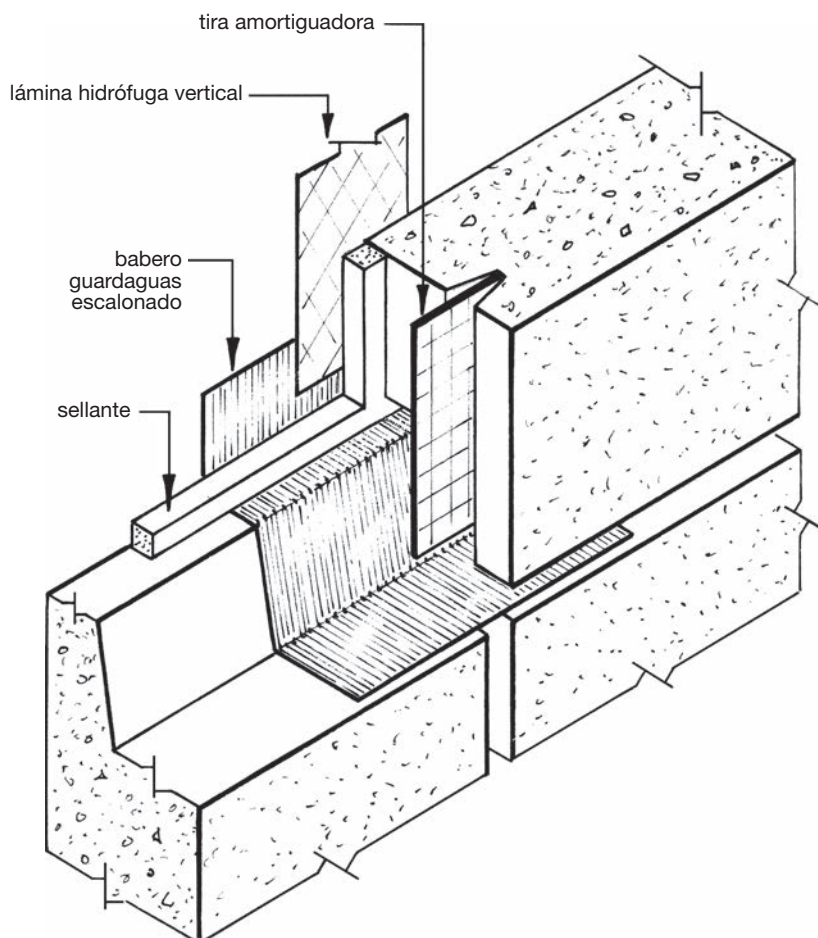


### VISTAS EN PLANTA

Coefficientes característicos de dilatación térmica lineal (10<sup>-6</sup> m/mK):

Hormigón denso (árido con índice de huecos bajo): 14; hormigón ligero: 10.

Detalle de bateaguas tipo



Cuando una junta horizontal solapada entre los paneles superior e inferior coincide con una junta vertical drenada abierta, es necesario disponer de un babero guardaguas escalonado para escupir el agua de la intersección. El material más utilizado para este babero ha sido siempre el plomo, pero para evitar la posible aparición de manchas en la fachada por el óxido de plomo, se recurre a una lámina armada de goma sintética o de plástico.

Tradicionalmente, el material amortiguador ha sido un metal no ferroso, como el cobre, pero, al igual que el plomo, también el cobre puede manchar la fachada. Las alternativas son el neopreno, el poliisobutileno o el PVC.

**Obturadores:** alternativa al uso de masillas o sellantes para cerrar el hueco entre dos paneles de revestimiento. Se utilizan específicamente cuando los movimientos de las piezas o la anchura de las juntas son demasiado grandes y no pueden cegarse con productos sellantes. Para esta finalidad, un obturador se define como un material preformado flexible, elástico y capaz de constituir un cierre hermético al ser comprimido.

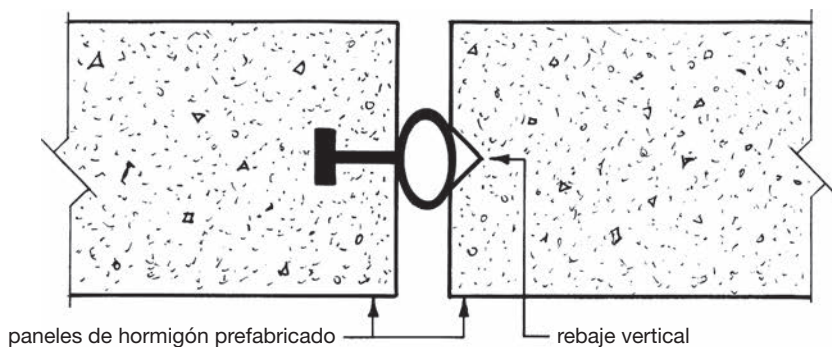
**Ubicación y ajuste:** tal como se muestra en la página siguiente, debe proporcionarse un rebaje en el canto de, al menos, uno de los paneles adyacentes. Las superficies de contacto deben estar limpias y exentas de imperfecciones para que el obturador pueda ejercer presión sobre las superficies adyacentes y que esta presión se mantenga sean cuales fueren las condiciones de exposición. Para ello se exige una precisión mayor tanto en la fabricación como en el montaje respecto a otros sistemas de sellado.

**Perfiles:** extrusiones macizas o huecas en una gran variedad de formas. La goma sintética de policloropreno (neopreno) utilizada para fines generales no estructurales, aunque también puede utilizarse vulcanizada con fines estructurales.

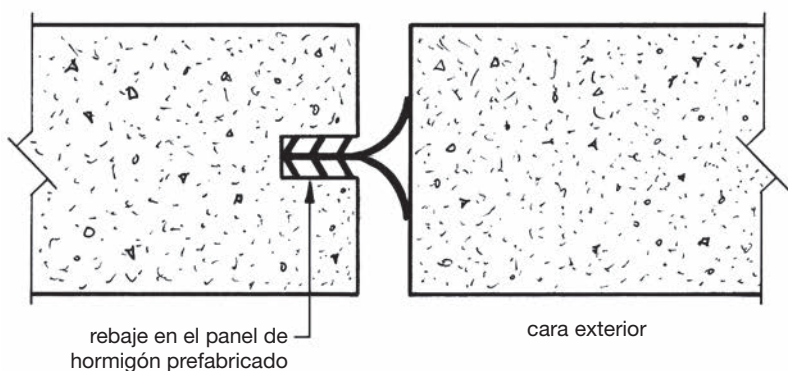
**Materiales (para fines no estructurales):** gomas sintéticas como el neopreno, la silicona, el caucho etilenopropilenodieno y la goma termoplástica. Todos estos materiales son muy duraderos y tienen resistencias excelentes a compresión, al calor, el agua, los rayos ultravioleta, el ozono, el envejecimiento, la abrasión y los agentes químicos limpiadores, como el formaldehído. También tienen una excepcional memoria elástica, es decir, vuelven a adoptar la forma original al remitir las solicitaciones. Asimismo pueden utilizarse el cloruro de polivinilo y otros plásticos similares, pero necesitan protección respecto a los efectos directos de la luz solar.

**Tipos de junta obturadora no estructural (vistos en planta)**

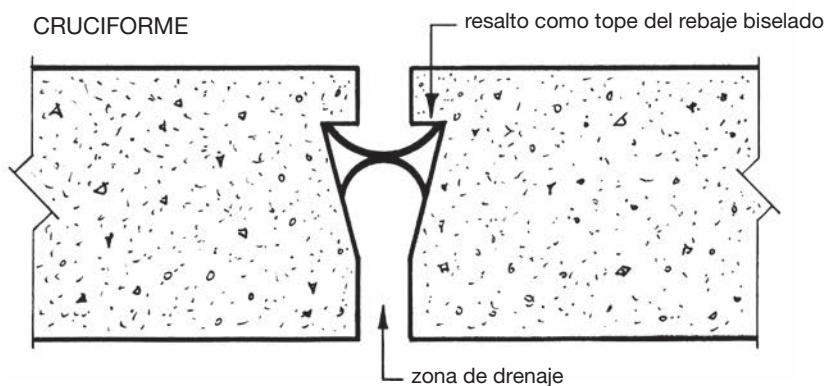
HUECA/TUBULAR (moldeada en el hormigón durante la fabricación)



DE DOBLE ALETA (colocada en obra durante el montaje)



CRUCIFORME



Las juntas obturadoras tienen otras aplicaciones en construcción. Véanse acristalamiento doble, acristalamiento triple y muros cortina.

**Acabado superficial del hormigón:** no es fácil producir un hormigón con un acabado liso y de color uniforme, pues el color depende del cemento y de la arena utilizados. La textura superficial del hormigón depende en mayor o menor medida de la granulometría del árido, el contenido de cemento y de agua, el grado de compactación, las coqueas producidas por burbujas de aire y las imperfecciones y manchas provocadas por la adherencia a partes de los encofrados. Si ya es de por sí difícil tener un control absoluto en fábrica sobre los factores arriba mencionados, lo cierto es que resulta casi imposible en las condiciones normales de las obras. Por tanto, el empleo de ciertos aditivos cuya función primordial es mejorar el aspecto superficial del hormigón, en algunos casos ayuda a limitar la cantidad de agua que llega a una junta vertical.

**Moldeo:** los componentes de hormigón pueden ser moldeados in situ o prefabricados en moldes. La obtención de una textura superficial para el hormigón moldeado in situ se limita generalmente a una cara vertical, mientras que los componentes de hormigón prefabricado pueden moldearse horizontalmente y ser tratados tanto sobre la cara superior como sobre la inferior. Dejando aparte el acabado liso, las demás opciones importantes son:

1. Superficies con textura o relieve y superficies perfiladas.
2. Superficies labradas.
3. Acabados moldeados en la masa (véase página siguiente).
4. Acabados con el árido en realce (véase página siguiente).

**Superficies con textura o relieve y superficies perfiladas:** pueden producirse sobre la cara superior de un moldeo horizontal mediante técnicas de ruleteado, apisonamiento, rascado y aserrado, pero resulta difícil evitar las variaciones de color. Revisitando convenientemente el fondo del molde, también pueden lograrse superficies con textura o perfiladas en la cara inferior de un elemento horizontal.

**Superficies labradas:** la superficie del hormigón endurecido puede ser labrada mediante escoplo, puntero para labrar piedras y piedra esmeril. El escoplo y el puntero manuales pueden ser sustituidos por un martillo eléctrico o neumático; solo se aplicarán cuando el hormigón tenga al menos tres semanas y no contenga gravas, ya que estas tienden a fragmentarse y dejar huecos superficiales. No conviene labrar las esquinas, pues podrían desprenderse lajas, afeando su aspecto; por ello, siempre conviene dejar sin labrar un margen a ambos lados de la esquina de 1 cm como mínimo.

El pulido o esmerilado del hormigón endurecido consiste en alisar su superficie con un disco abrasivo giratorio de carborundo, que puede llevar incorporado un alimentador de agua. El pulido es un tratamiento idóneo para los hormigones que contengan áridos blandos, como caliza.

**Acabados moldeados en la masa:** estos acabados incluyen trozos de bloque, ladrillo, piedra, teja y mosaico. No se recomienda aplicarlos a la superficie superior de un elemento horizontal, aunque tales acabados puedan asentarse sobre el hormigón fresco. El tratamiento de la cara inferior se realiza disponiendo esos materiales con juntas selladas o enlechadas sobre la base del molde o, alternativamente, los materiales para moldear en la masa pueden colocarse en un lecho de arena extendido sobre la base del molde.

**Acabados con el árido en realce:** pueden obtenerse efectos muy atractivos eliminando la lechada de cemento superficial y dejando visto el árido. Los métodos para realizarlo difieren según la posición relativa de la cara vista.

*Moldeado horizontal:* el tratamiento de la cara superior puede consistir en rociar el hormigón con agua y rascar con cepillo unas dos horas después del moldeado, extender el árido con la llana sobre la superficie del hormigón fresco o utilizando el método del fieltro. Este método consiste en extender con la llana una capa de 1 cm de hormigón fino mezclado en seco sobre la superficie del hormigón y usar el fieltro para retirar el cemento y las partículas finas de su superficie, hecho lo cual el resultado será un limpio acabado de árido visto.

El tratamiento de la cara inferior puede consistir en aplicar un retardador de fraguado a la base del molde, de modo que la superficie parcialmente fraguada pueda ser eliminada con agua y/o un cepillo en cuanto se hayan retirado los moldes. Si se emplean áridos especiales, puede aplicarse el método del lecho de arena.

*Moldeado vertical:* pueden obtenerse acabados con el árido visto labrando simplemente el hormigón endurecido. También puede emplearse el proceso de transferencia del árido, que consiste en pegar los áridos elegidos sobre la superficie rugosa de un tablero perforado con una mezcla de compuestos de celulosa solubles en agua y arena. La mezcla cremosa se extiende uniformemente sobre la superficie del tablero con un grosor de un tercio del tamaño del árido, y se esparce el árido sobre la superficie, apisonándolo ligeramente sobre la base adhesiva. Se deja secar el tablero resultante 36 horas antes de utilizarlo como forro interior del encofrado o molde. Este tablero se usa conjuntamente con una tabla suelta de contrachapado o de fibra prensada que se coloca contra la cara del árido. La tabla de contrachapado se retira mientras se hormigona.



**Decoloración:** se manifiesta como un acabado superficial irregular en aquellos lugares donde existen diferencias de hidratación o pérdida de humedad durante el fraguado del hormigón, por concentraciones de cemento o de segregaciones de los áridos. Cualquiera de esas causas produce diferencias en el contenido superficial de humedad. Las zonas con una superficie más oscura indican una mayor pérdida de humedad, posiblemente a causa de un amasado insuficiente y/o un encofrado mal sellado que produzca diferencias en la absorción superficial.

**Grietas capilares:** fisuras de fraguado en la superficie provocadas por una excesiva riqueza en cemento o una mezcla con demasiada agua. El cemento caducado puede producir el mismo efecto, así como también una pérdida de resistencia del hormigón.

**Emblanquecimiento:** debido a un depósito superficial calizo que se produce cuando el calcio presente en el cemento reacciona con la contaminación procedente de la humedad de la atmósfera o la lluvia durante el proceso de hidratación. Por lo general, se resuelve cepillando en seco o lavando la superficie con una mezcla de agua y ácido clorhídrico en una proporción de 20:1.

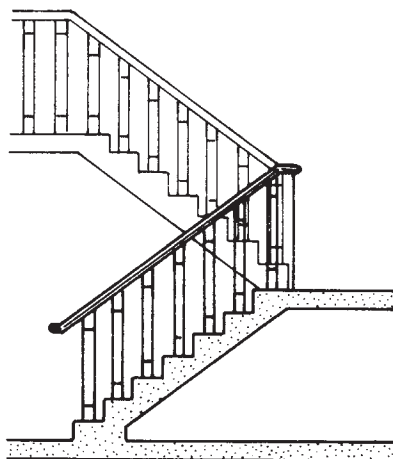
**Costras:** pequeñas zonas de la superficie del hormigón que saltan al golpear el encofrado para retirarlo. Producido por una preparación deficiente del encofrado, es decir, un uso insuficiente de aceite para encofrados o una textura demasiado basta del encofrado.

**Coqueras:** existen diversas causas para la aparición de coqueras en la superficie del hormigón. Entre ellas, el uso de acabados del encofrado con una absorción nula o escasa, o una vibración insuficiente del hormigón durante su compactación, o también a la presencia de áridos muy finos (como pizarra, pirita o cuarzo) mezclados con la arena.

**Manchas de herrumbre:** cuando no son debidas a un recubrimiento inadecuado de las armaduras, es frecuente que haya que buscar la causa en la presencia de áridos ricos en hierro o piritas. En ocasiones, estas manchas de óxido constituyen un rasgo buscado, y también es posible la aparición de grietas en aquellos lugares en que el hierro reacciona con el cemento.

**Acabado polvoriento:** producido por un endurecimiento anormalmente rápido del hormigón y, posiblemente, por el uso de cemento caducado. La superficie del hormigón fraguado queda polvoriento y terrosa.

## 7. CONSTRUCCIÓN INTERIOR Y ACABADOS



ELEMENTOS INTERIORES

PAREDES INTERIORES

JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

TABIQUE Y PAREDES DE ENTRAMADO DE MADERA

YESOS, ENLUCIDOS Y CARTÓN YESO

TÉCNICAS DE REVESTIMIENTO SECO

ALICATADOS

PAVIMENTOS Y ACABADOS DOMÉSTICOS

SOLERAS PESADAS MOLDEADAS IN SITU

CAPAS REGLEADAS SOBRE SOLERAS DE HORMIGÓN

FORJADOS DE MADERA

CÁLCULO DE VIGAS DE MADERA

FORJADOS DE HORMIGÓN ARMADO

FORJADOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

PAVIMENTOS ELEVADOS REGISTRABLES (SUELOS TÉCNICOS)

AISLAMIENTO ACÚSTICO

ESCALERAS DE MADERA, HORMIGÓN Y METÁLICAS

PUERTAS INTERIORES

PUERTAS IGNÍFUGAS

FALSOS TECHOS DE PLACAS DE CARTÓN YESO

FALSOS TECHOS SUSPENDIDOS

PINTURAS

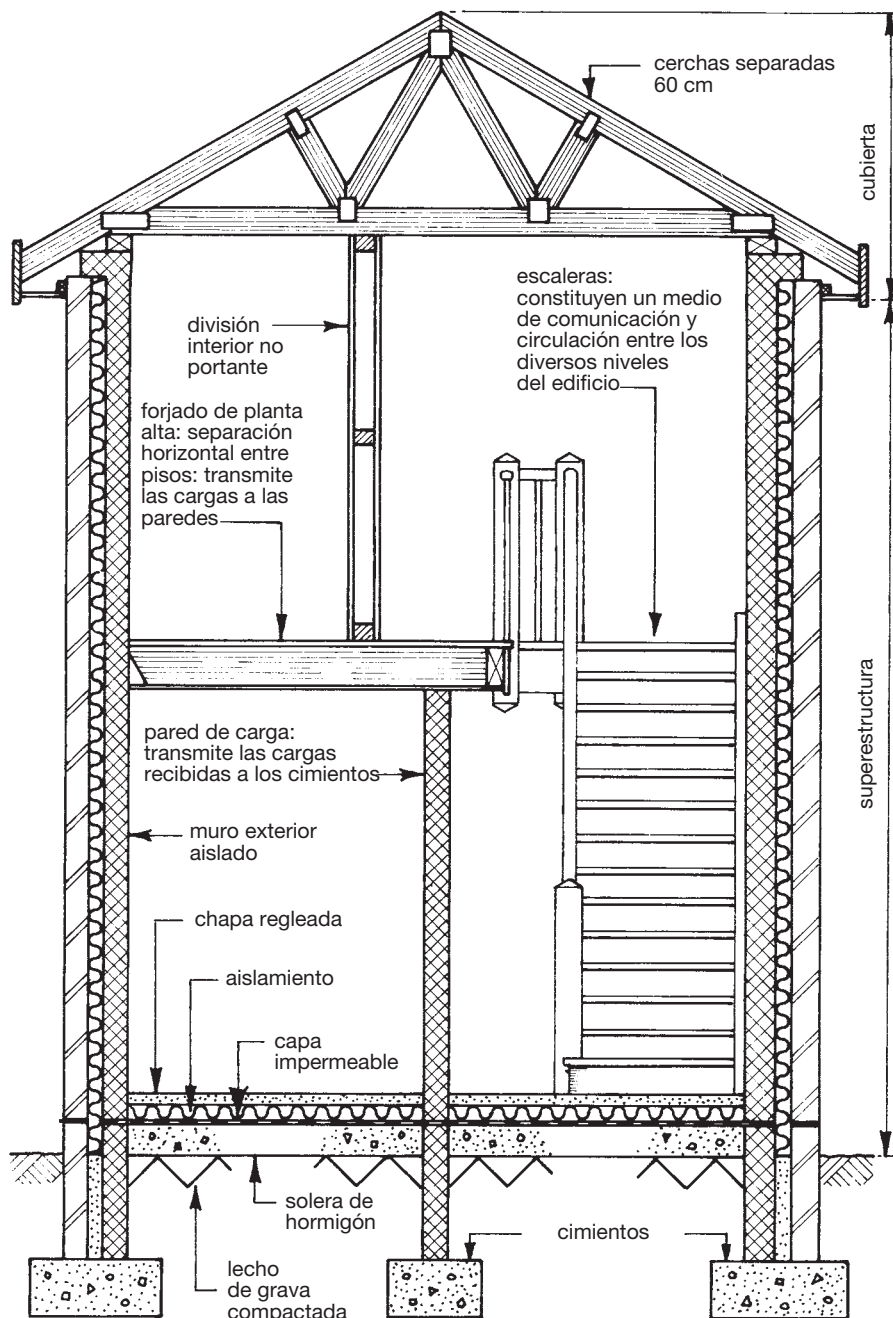
CARPINTERÍA Y EBANISTERÍA

TABLEROS Y CHAPAS

PLÁSTICOS EN LA EDIFICACIÓN



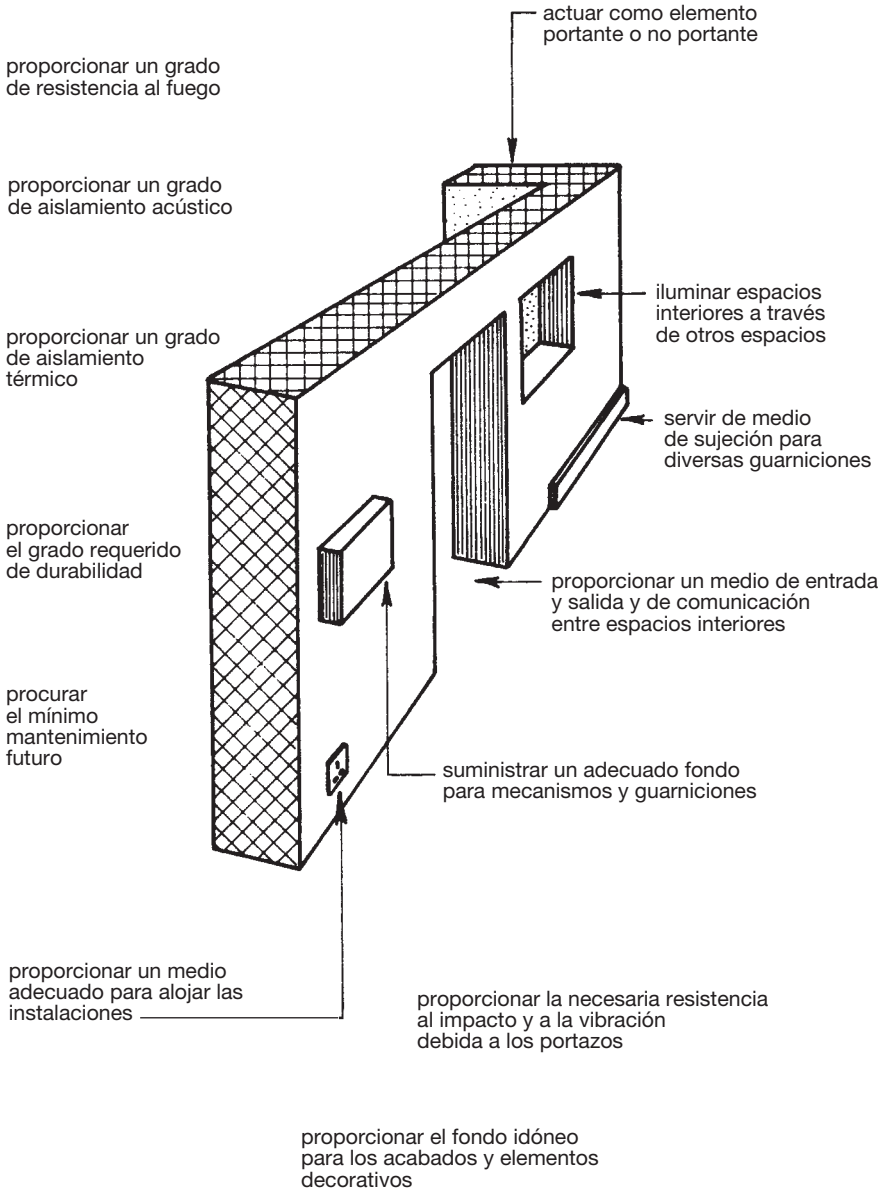
NOTA: se ha omitido el grafiado del canalón y del aislamiento de la cubierta.



NOTA: bajo el nivel de la capa impermeable todos los elementos constructivos se consideran como subestructura.

**Paredes interiores:** su función primordial es actuar como elemento separador vertical entre espacios, formando elementos de cierre de una planta de altura.

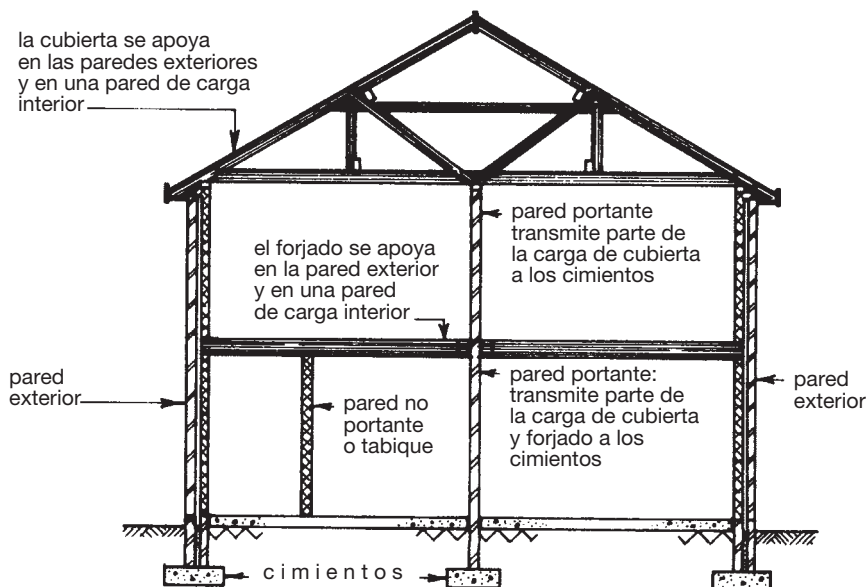
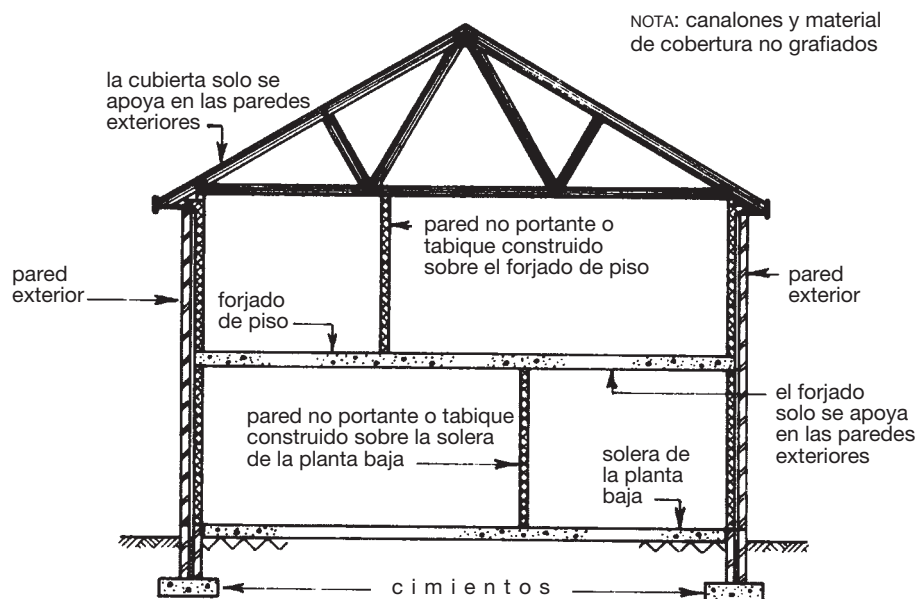
**Otras funciones posibles**



## Paredes interiores. Tipos

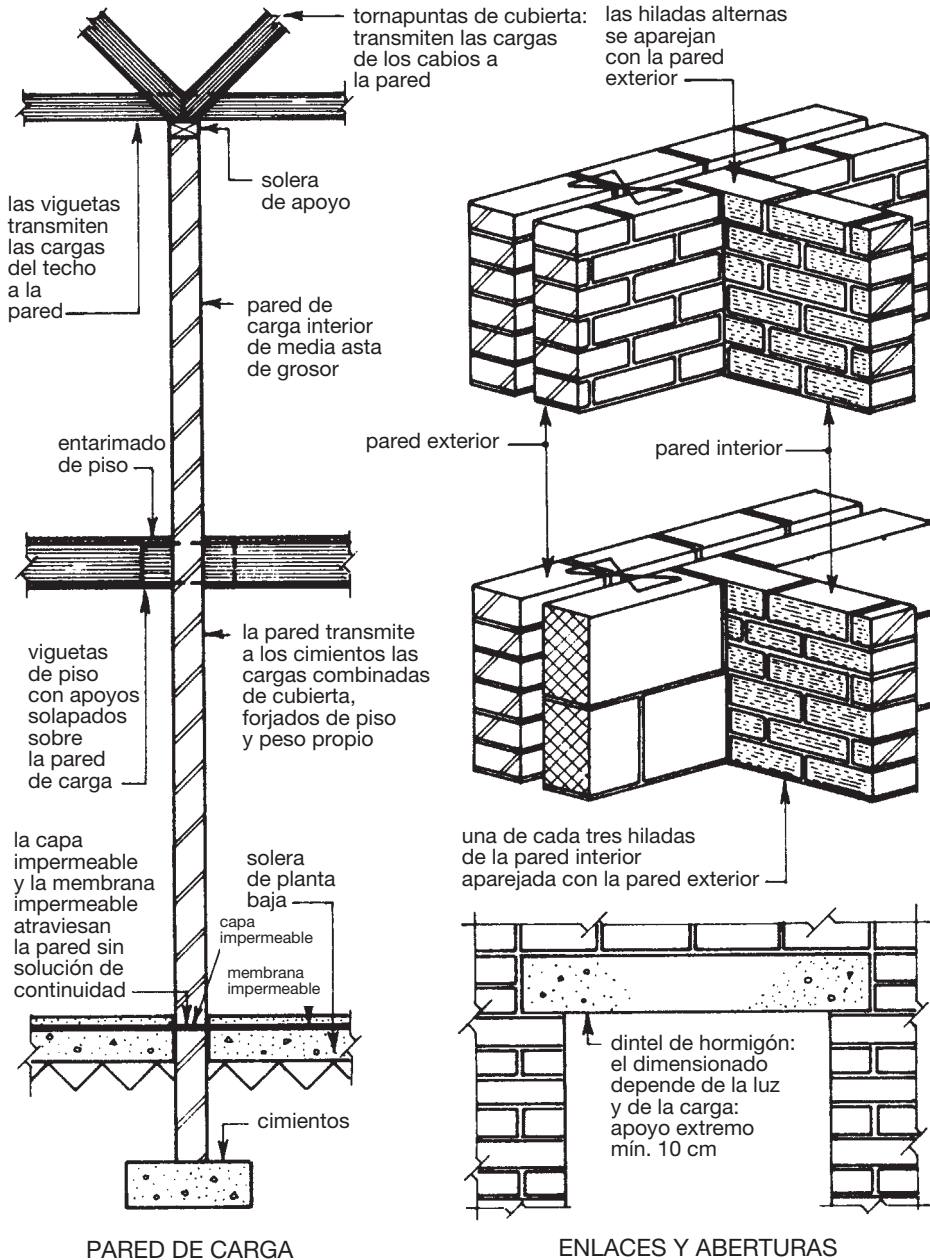
**Paredes interiores:** existen dos tipos básicos de paredes interiores: las que soportan y transmiten cargas a los cimientos, que reciben indistintamente los nombres de paredes portantes, de carga o maestras, y las que no reciben cargas estructurales, que reciben los nombres de paredes no portantes o tabiques.

### Ejemplos tipo



**Paredes interiores de ladrillo:** pueden ser portantes o no; en la mayoría de las viviendas de dos plantas de altura se construyen con cistaras de ladrillo de media asta y aparejo de sogas.

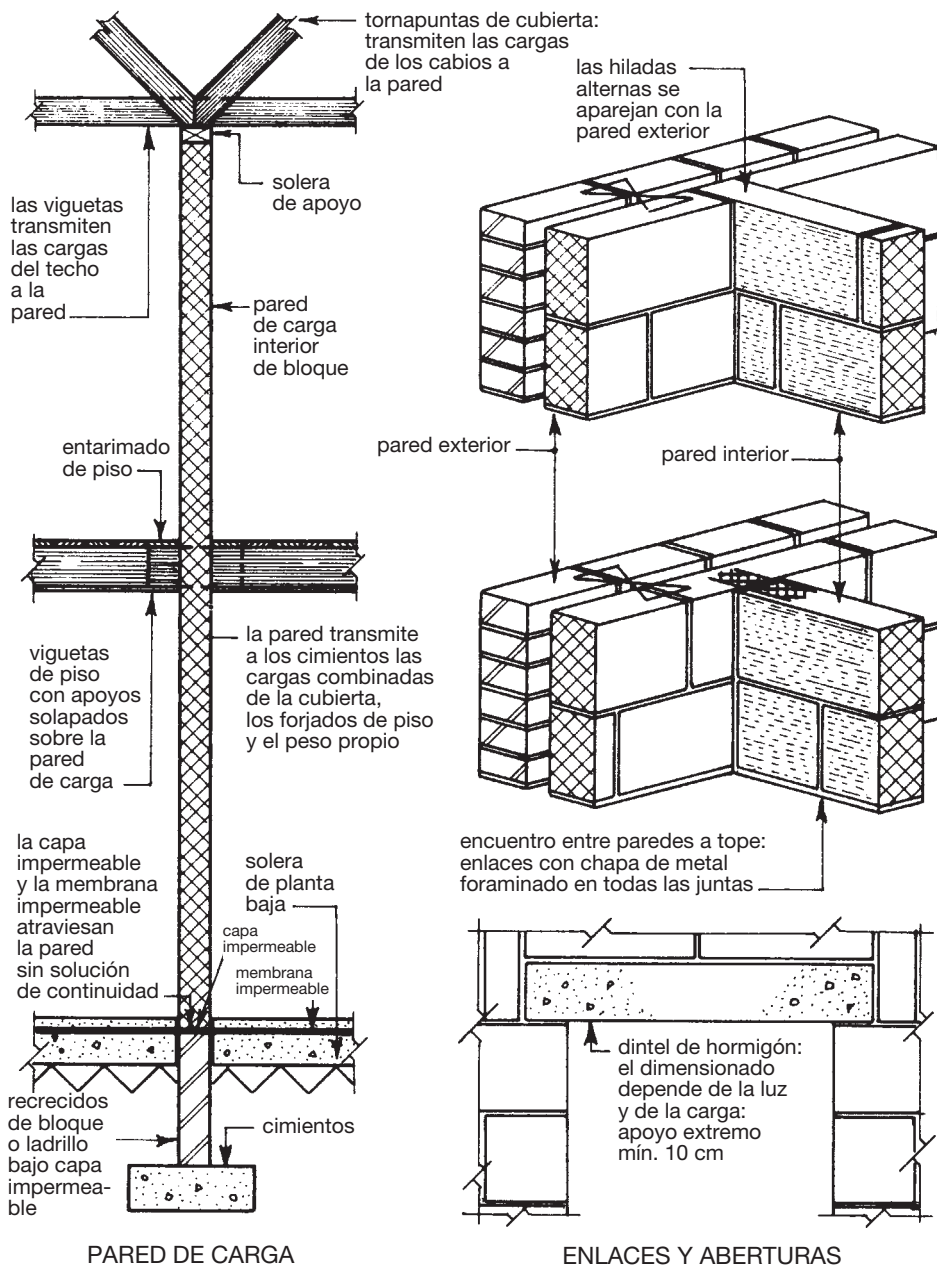
### Detalles tipo



## Paredes interiores de bloque

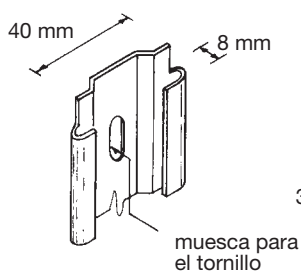
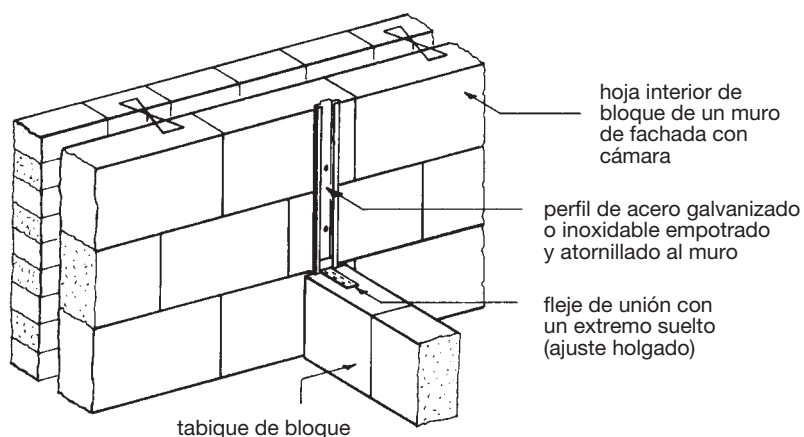
**Paredes interiores de bloque:** pueden ser portantes o no y el grosor y tipo de bloque que se utilizará depende de las cargas a las que vaya a estar sometido.

### Detalles tipo



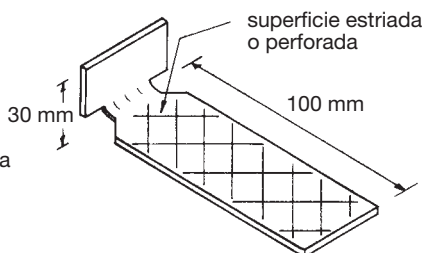
**Paredes interiores:** como alternativa al ladrillo o bloque de unión de las paredes interiores con las de fachada (véase dos páginas anteriores), puede emplearse un perfil metálico. Los perfiles son más rápidos y sencillos de instalar, proporcionan estabilidad lateral adecuada y suficiente flexibilidad a los movimientos diferenciales, y solventan satisfactoriamente el posible problema del puente térmico que podría producirse al ligar el tabique con la hoja interior del muro de fachada. También son muy útiles para ligar tabiques de nueva construcción con paredes existentes. Cabe mencionar también que facilitan mucho la introducción de cambios en la distribución interior.

#### Detalles constructivos

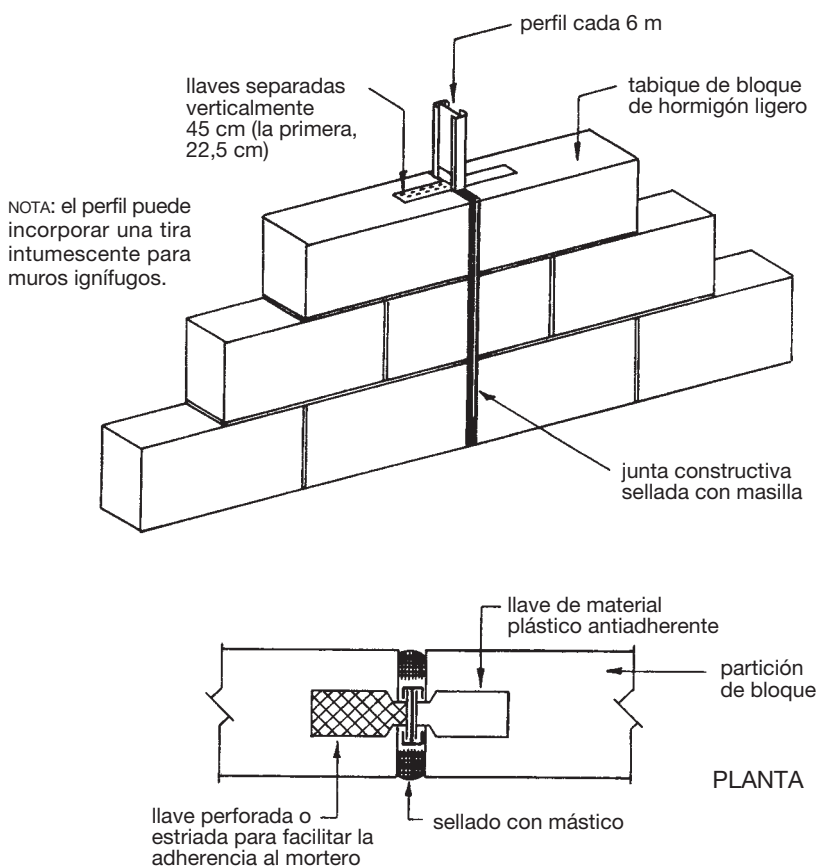


PERFIL DE PARED  
~ 2,4 m de largo

**FLEJE DE UNIÓN:** cada hilada de bloque y cada 3 hiladas de ladrillo



**Juntas constructivas o de movimiento:** son una alternativa a los refuerzos de la albañilería con llaves o tela metálica embebidos en las llagas. Aun con armadura, las paredes de bloque de hormigón ligero tienden a formar grietas de retracción anties-téticas y probablemente inestables. Para evitarlas, suelen disponerse perfiles y llaves de acero galvanizado o inoxidable cada 6 m aproximadamente, con los que se pretende absorber los movimientos derivados del secado inicial y de la consiguiente re-tracción, así como los demás movimientos diferenciales que pueda transmitir la estructura. En una de las caras del perfil se colocan llaves estriadas o perforadas para ligar con las llagas de mortero, mientras que en la otra se colocan llaves de material plástico. Estas últimas tienen la misión de mantener la continuidad, aunque evitan la adherencia para permitir un movimiento controlado.

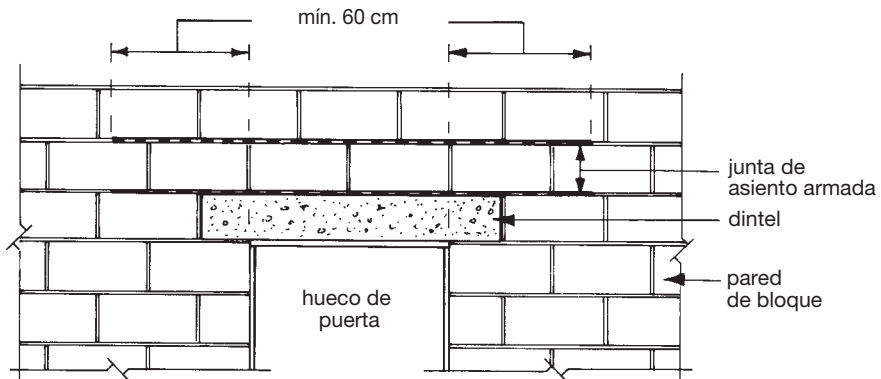


NOTA: en la albañilería de ladrillo cerámico debe disponerse una junta cada 12 m, y en la de ladrillo silicocalcáreo de 7,5 a 9 m.

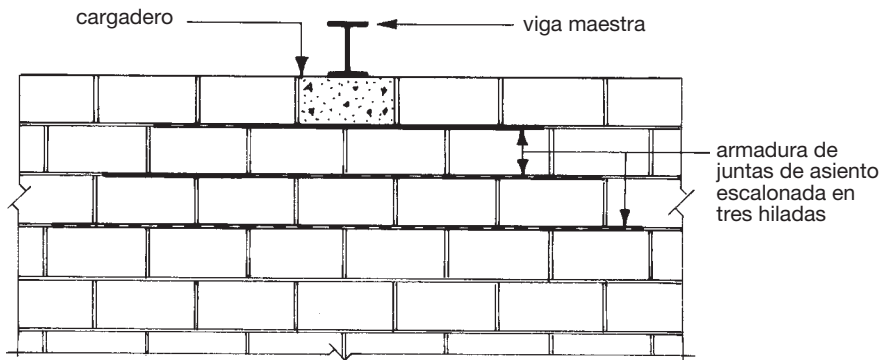
**Ubicación:** especialmente en posiciones donde se produzcan esfuerzos importantes.  
**Armadura:** metal foraminado o tela metálica (véase pág. 328).

**Recubrimiento de mortero:** grosor mínimo 1,3 cm; 2,5 cm para caras exteriores.

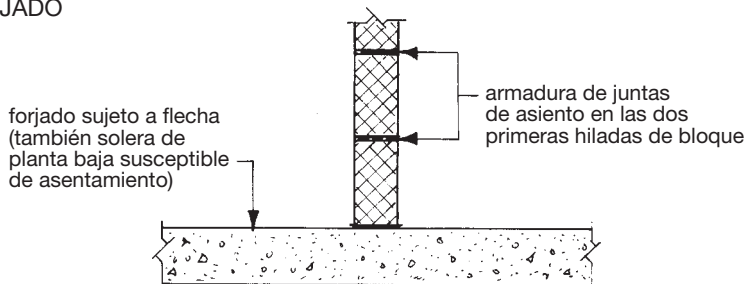
#### HUECOS



#### CARGA CONCENTRADA



#### FORJADO

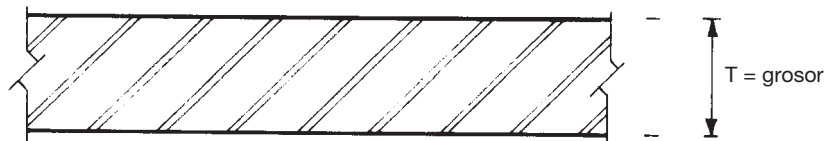


**Movimientos diferenciales:** pueden producirse cuando materiales como el acero, el ladrillo, la madera y el hormigón pesado se conectan o apoyan sobre bloques ligeros de hormigón. En tales ocasiones, es aconsejable disponer una interfaz uniforme de dos capas de material hidrófugo no compresible o similar.



Ejemplos tipo

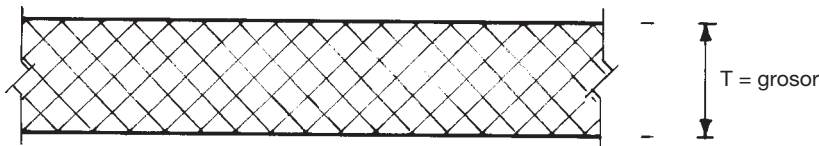
FABRICA DE LADRILLO MACIZO



|        | Resistencia al fuego (minutos) |     | Material y uso                                                                      |
|--------|--------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 120                            | 240 |                                                                                     |
| T (mm) | 102,5                          | 215 | Ladrillos cerámicos. Paredes portantes o no portantes.                              |
| T (mm) | 102,5                          | 215 | Bloques de hormigón o ladrillos silico-calcáreos. Paredes portantes o no portantes. |

NOTA: por razones prácticas, para una resistencia al fuego de 240 minutos se ha adoptado la dimensión de a anchura de un ladrillo normalizado. Teóricamente, un muro de ladrillo de arcilla puede tener 17 cm y un muro de ladrillo de hormigón o silicocalcáreo puede tener 20 cm, excluidos los acabados.

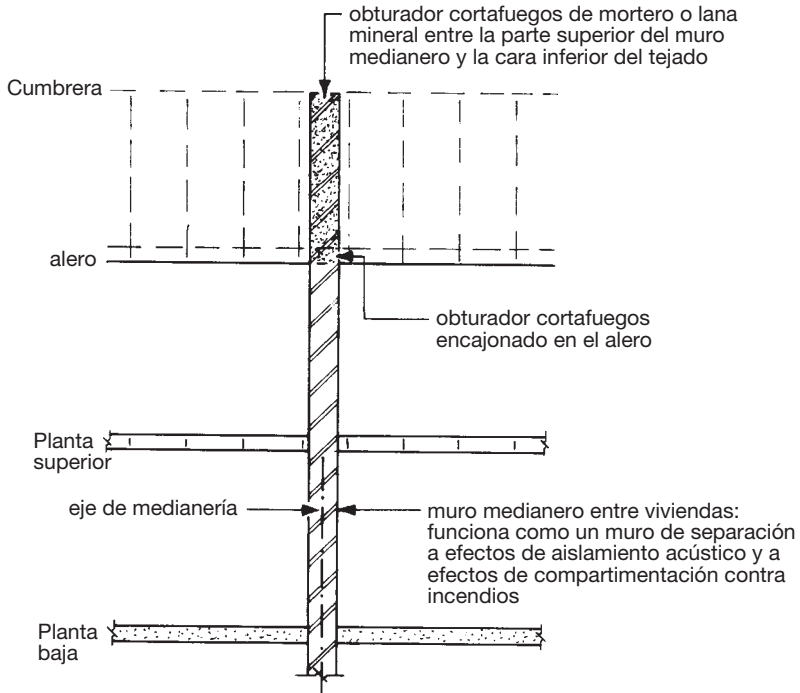
BLOQUES MACIZOS DE HORMIGON LIGERO



|        | Resistencia al fuego (minutos) |     |     | Material y uso                                                        |
|--------|--------------------------------|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------|
|        | 60                             | 120 | 240 |                                                                       |
| T (mm) | 100                            | 130 | 200 | Pared portante, resistencia a compresión 2,8-3,5 N/mm <sup>2</sup>    |
| T (mm) | 90                             | 100 | 190 | Pared portante, resistencia a compresión 4-10 N/mm <sup>2</sup>       |
| T (mm) | 75                             | 100 | 140 | Pared no portante, resistencia a compresión 2,8-3,5 N/mm <sup>2</sup> |
| T (mm) | 75                             | 75  | 100 | Pared no portante, resistencia a compresión 2,8-3,5 N/mm <sup>2</sup> |

NOTA: acabados excluidos.

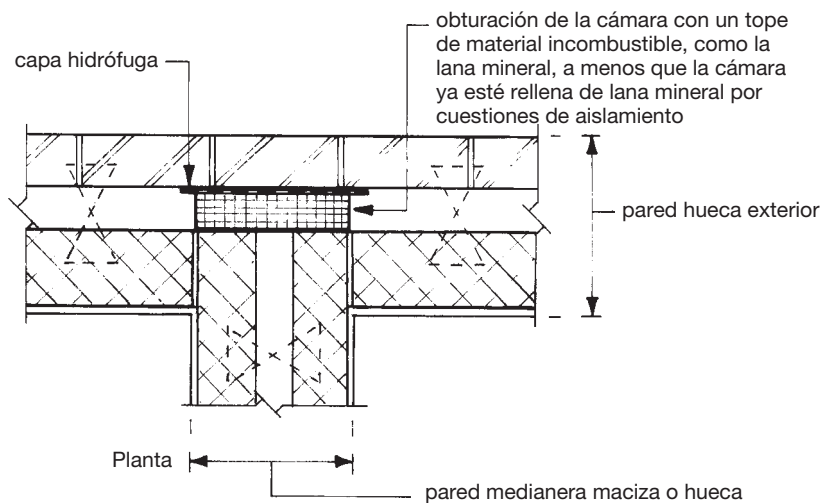
**Pared medianera:** es la que separa edificios de propietarios diferentes; es decir, una pared cuyo eje coincide con el linde de separación de dos propiedades distintas. También se aplica a la pared que separa dos edificios del mismo propietario.



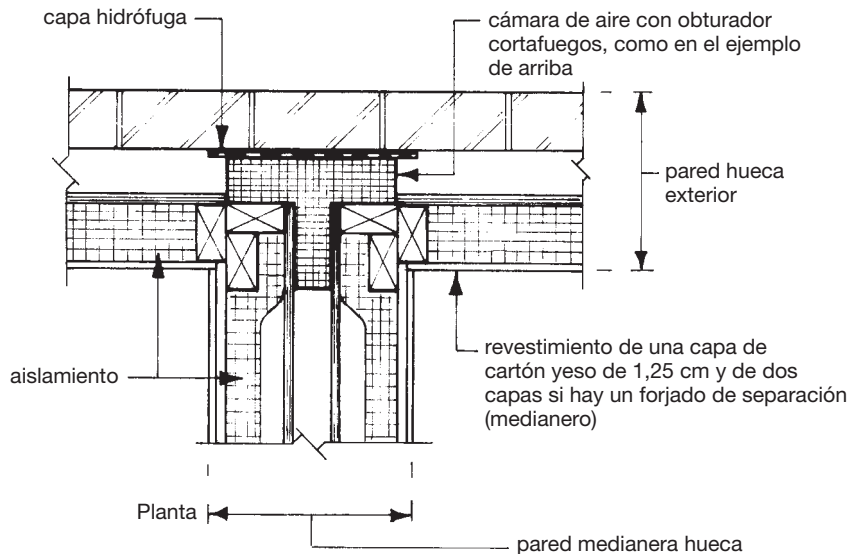
Cuando un muro medianero interior tiene continuidad en un muro exterior, este último debe ser tratado contra incendios usando una barrera de material resistente al fuego. Según el uso, el muro deberá tener al menos una resistencia al fuego de 30 minutos. Los límites de propiedad entre las viviendas de las casas aterrazadas y pareadas se suelen realizar con muros medianeros. Para otros edificios se requieren cortafuegos adicionales en las cámaras de aire, como en los falsos techos, tabiques pluviales y suelos técnicos registrables. La separación de esas barreras por lo general debe ser  $\leq 20$  m en cualquier dirección, aunque este dato dependerá del tipo de edificio.

**Normativa:** “Código técnico de la edificación (CTE)”. “Documento básico: Seguridad en caso de incendio” (DB-SI)

**Requisitos constructivos de resistencia al fuego y aislamiento acústico**  
**Ejemplos tipo de albañilería**



**Ejemplos tipo de construcción en madera**



**Divisiones interiores:** son elementos verticales utilizados para diferenciar el espacio interior de un edificio en estancias y zonas de circulación, como los pasillos. Las paredes interiores que sirven de apoyo a un forjado o cubierta se llaman portantes, maestras o de carga, mientras que las que no tienen esa función se denominan no portantes.

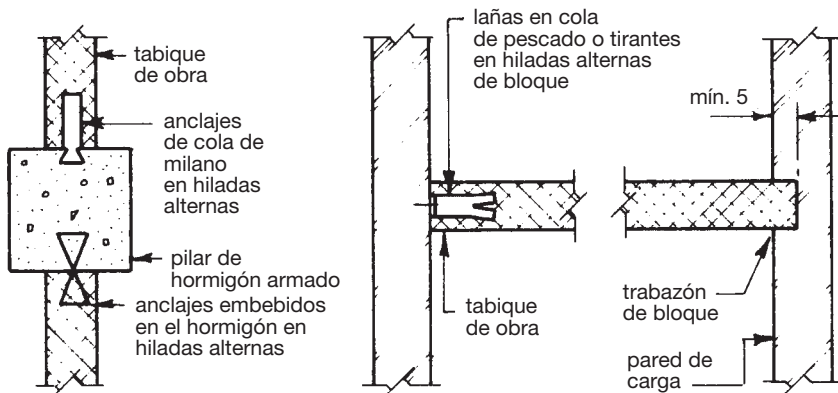
**Divisiones interiores portantes:** estas paredes pueden construirse con ladrillo, bloque u hormigón in situ por los medios tradicionales, y tienen la ventaja de su buena resistencia al fuego y/o proporcionar un buen aislamiento acústico. Su principal desventaja es precisamente su permanencia, que compromete en buena medida la flexibilidad de la distribución interior.

**Tabiques o divisiones interiores no portantes:** la enorme variedad de métodos constructivos dificulta en parte su clasificación, pero la mayor parte de ellos puede englobarse en alguno de los siguientes grupos:

1. Tabiques de obra.
2. Tabiques de entramado: véanse págs. 598 y 599.
3. Tabiques desmontables: véanse págs. 602 y 603.

**Tabiques de obra:** generalmente se construyen con ladrillo o bloques cerámicos o de hormigón ligero, materiales fácilmente disponibles y de construcción sencilla, por lo que gozan de gran popularidad. Los tabiques de obra deben anclarse adecuadamente a la estructura o a las paredes de carga para que mantengan la continuidad como barrera fónica, tengan la suficiente resistencia al empuje lateral y se reduzca el peligro de grietas que aparecen casi inevitablemente en los encuentros. Si es posible, los marcos de las puertas deben anclarse al techo, para proporcionar una rigidez adicional a estas divisiones.

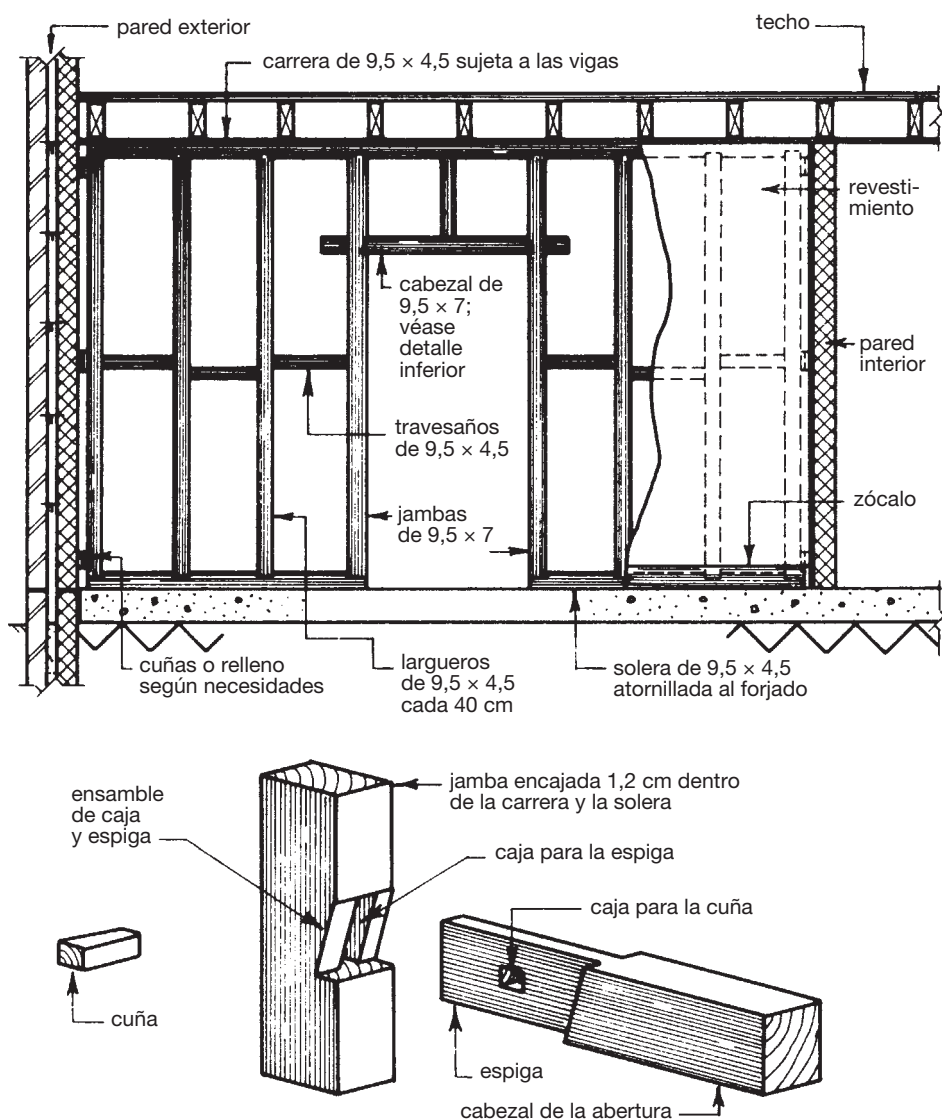
#### Detalles tipo



## Tabiques de entramado de madera

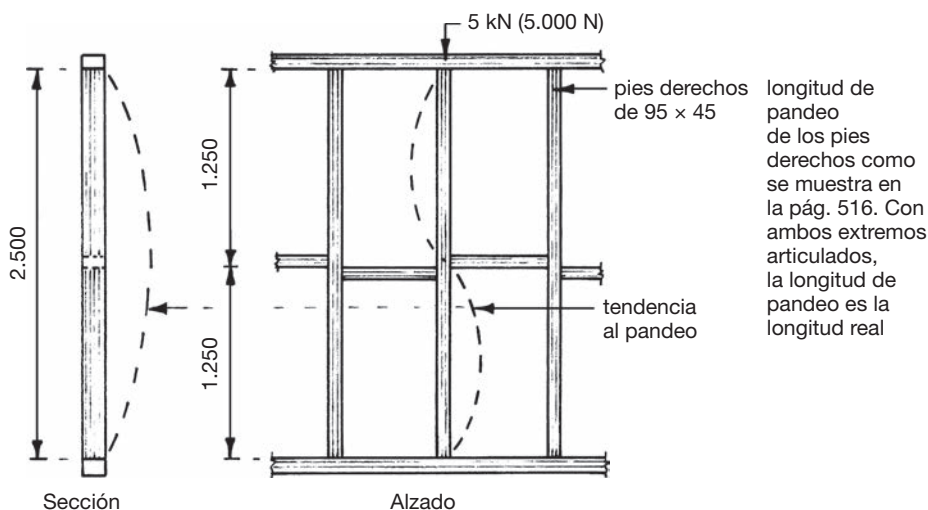
**Tabiques de entramado de madera:** son divisiones interiores no portantes, de fácil construcción, poco peso y buena adaptabilidad que pueden ir revestidos y rellenos de muy diversos materiales para obtener acabados y propiedades diferentes. El material de los entramados de madera debe ser liso y estar perfectamente escuadrado para que el tabique resultante tenga un grosor constante y sus caras sean paralelas. Las separaciones entre los montantes y entre los travesaños vienen determinadas por el grosor y la capacidad de cobertura del material de revestimiento.

### Detalles tipo



Aunque generalmente no son portantes, las divisiones de entramado de madera pueden soportar cierta carga del forjado y de la estructura de cubierta. En tales casos, los largueros verticales reciben la consideración de pies derechos.

**Ejemplos:** utilizando las dimensiones de los largueros del entramado de la página anterior, con cada larguero (pie derecho) soportando una carga de 5 kN.



Grado de esbeltez de la pieza = longitud de pandeo ÷ radio de giro

En la cara del tabique =  $1.250 \div 45 = 27,8$

En dirección perpendicular a la cara =  $2.500 \div 95 = 26,3$

La madera clasificada C18 (véanse págs. 90 y 91) tiene las siguientes propiedades:

Coeficiente de elasticidad =  $6.000 \text{ N/mm}^2$

Resistencia a compresión en dirección paralela a la fibra =  $7,1 \text{ N/mm}^2$

Relación de tensiones =  $6.000 \div 7,1 = 845$

Véase la tabla de la página 161. Coordinando el grado de esbeltez 27,8 (mayor valor) con una relación de tensiones de 845, se obtiene, por interpolación, un valor de 0,4.

La tensión admisible es  $7,1 \text{ N/mm}^2 \times 0,4 = 2,84 \text{ N/mm}^2$

Tensión aplicada = carga axial ÷ área de la sección del pie derecho =  $5.000 \text{ N} / (95 \times 45 \text{ mm}) = 1,17 \text{ N/mm}^2$

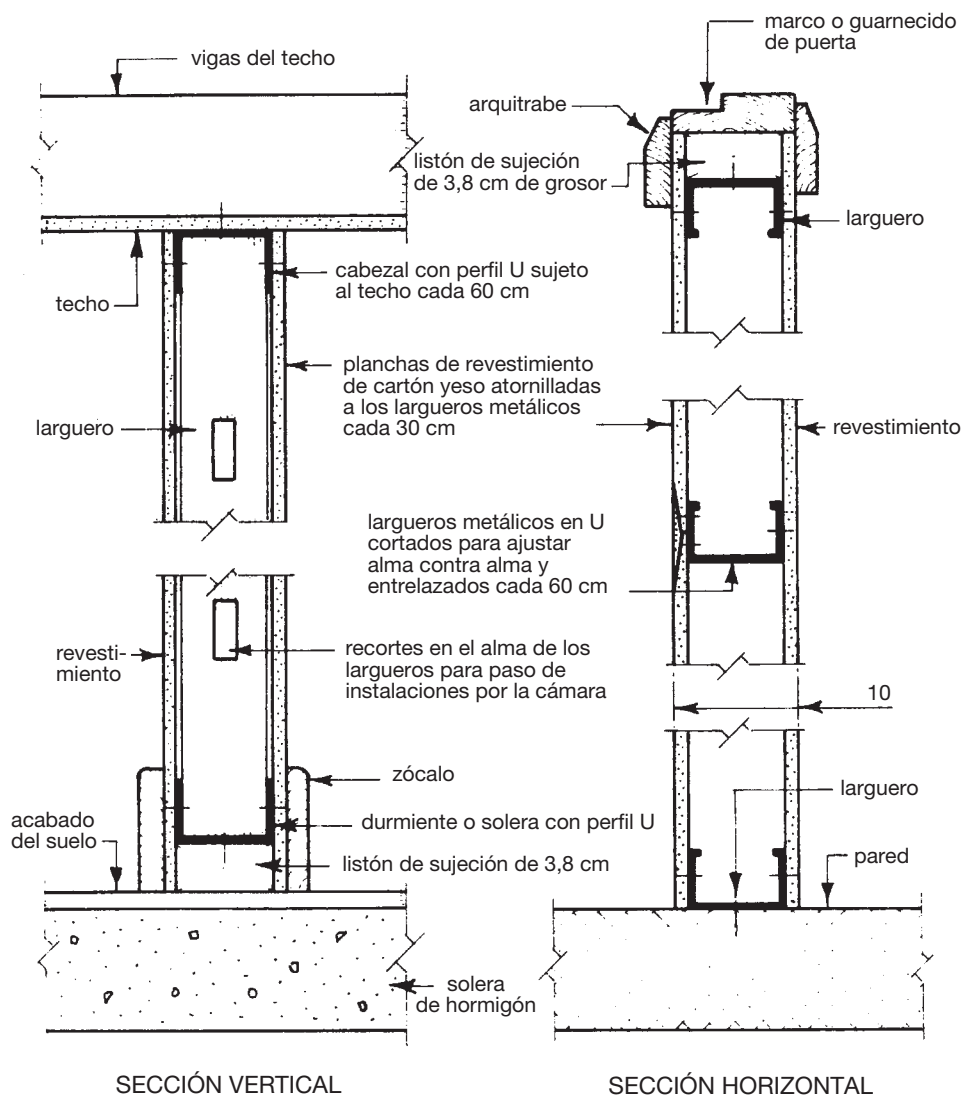
$1,17 \text{ N/mm}^2$  es claramente inferior a la tensión admisible de  $2,84 \text{ N/mm}^2$ , por tanto, para los pies derechos es adecuada una escuadría de  $95 \times 45 \text{ mm}$ .

Para el cálculo de puntales provisionales, véanse págs. 135 a 137. Los jabalcones o tornapuntas en las armaduras de cubierta y en las vigas de celosía se calculan siguiendo los mismos principios.

## Tabiques de entramado metálico

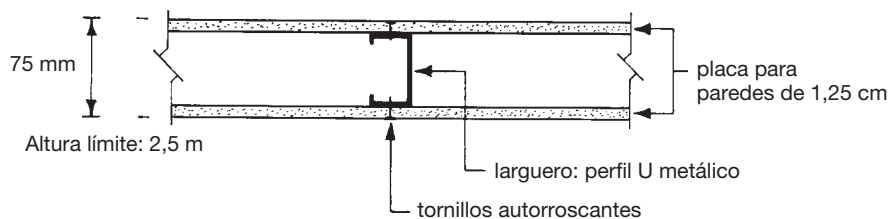
**Tabiques de entramado:** estas divisiones no portantes consisten en un marco de largueros verticales al que se sujeta el material de revestimiento. Los huecos comprendidos entre los largueros y las dos caras del revestimiento pueden rellenarse para cumplir las necesidades específicas del caso. El material utilizado tradicionalmente en estos tabiques es la madera (véase Tabiques de entramado de madera, en pág. 598), pero puede conseguirse una disposición semejante usando entramado metálico revestido por ambas caras con cartón yeso.

### Detalles tipo de tabiques de entramado metálico

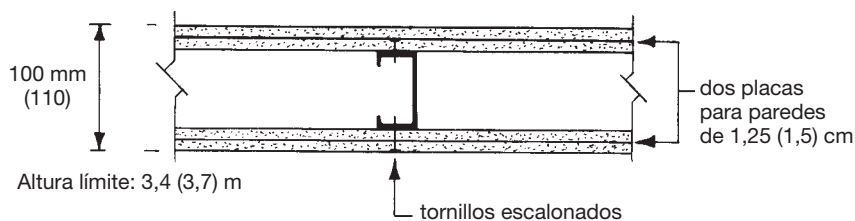


Un revestimiento de cartón yeso sobre un tabique de entramado metálico satisface las exigencias de protección contra incendios, con unas resistencias al fuego que dependen de las características y grosores del revestimiento, como se puede ver a continuación:

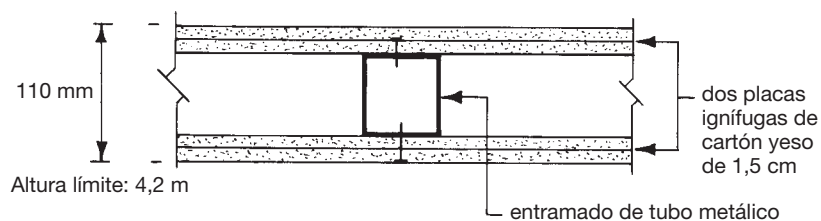
### Resistencia al fuego 30 min



### Resistencia al fuego 60 (90) min



### Resistencia al fuego 120 min



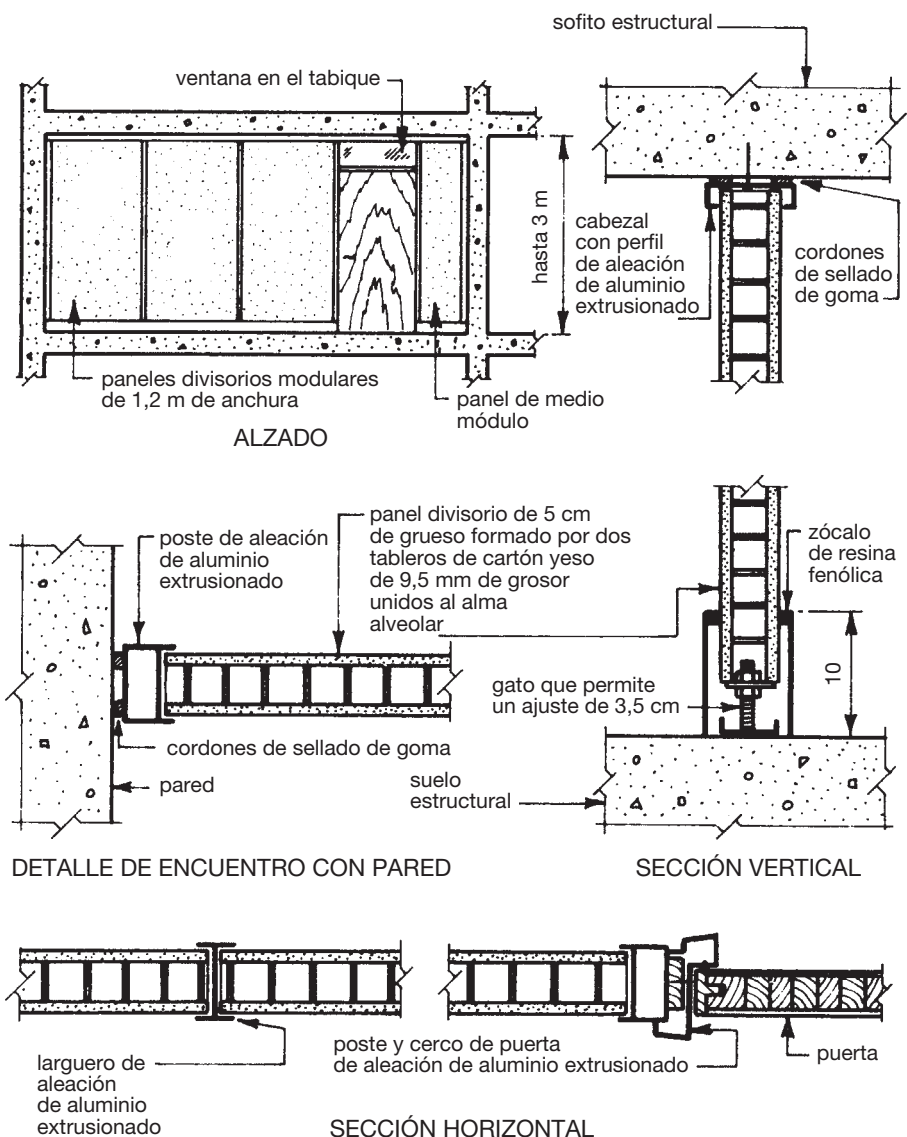
Sobre tipos de placa de cartón yeso, véase pág. 610



## Tabiques desmontables

**Tabiques:** son divisiones interiores verticales no portantes que separan espacios. Pueden ser permanentes (aquellos contruidos con materiales como ladrillo o bloque de hormigón) o desmontables (construidos con materiales ligeros y susceptibles de ser desarmados y trasladados a otro lugar sin causar daños a la estructura ni los acabados). Existe una amplia gama de tabiques desmontables, construida con una extensa variedad de materiales que puede satisfacer casi todas las necesidades. Muchos de esos tabiques tienen acabados permanentes que no precisan decoración, solo una limpieza periódica en el contexto de las demás operaciones de mantenimiento.

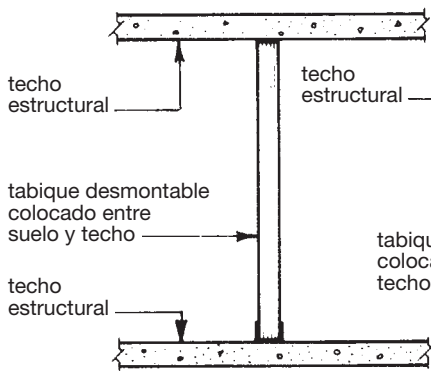
### Ejemplo tipo



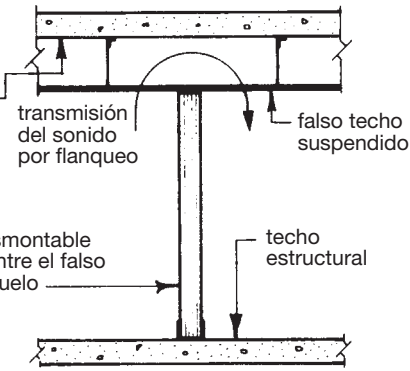
**Tabiques desmontables:** tal vez podría argumentarse que todas las divisiones interiores no portantes son desmontables y, por tanto, el mayor problema sería el grado de desmontabilidad requerido en el contexto de la facilidad de desplazamiento y de la frecuencia prevista para estas operaciones.

La gama de tabiques existente en el mercado es verdaderamente amplia, incluyendo los de entramado de madera, los desmontables a base de paneles (véase Tabiques desmontables en pág. 602), los paneles completos y los paneles correderos/plegables, que conceptualmente son similares a las puertas industriales (véanse págs. 368 y 370). Este último tipo se utiliza cuando se requiere un tabique que se pueda mover frecuentemente.

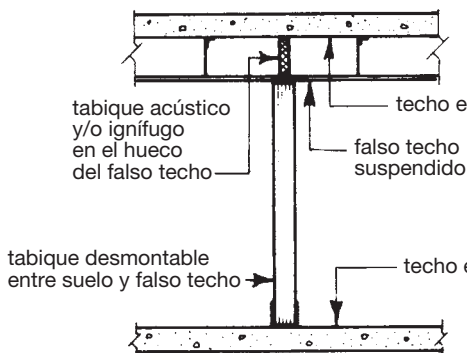
Por tanto, la elección del sistema más idóneo se hará teniendo en cuenta los factores arriba indicados y también los requisitos de acabados, acristalamiento y gustos personales, pero en todos los casos habrá que considerar los mismos problemas básicos, a saber:



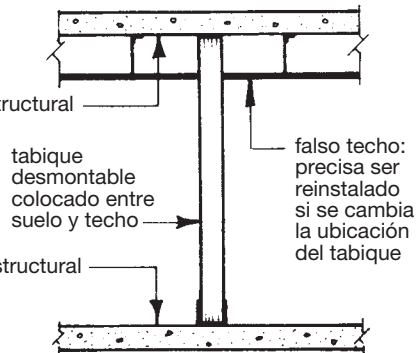
**MÉTODO 1:** se monta y desmonta fácilmente; puede conseguirse un buen aislamiento acústico



**MÉTODO 2:** se monta y desmonta fácilmente si el falso techo acepta algún tipo de carga; el sonido que llega por flanqueo puede plantear problemas.

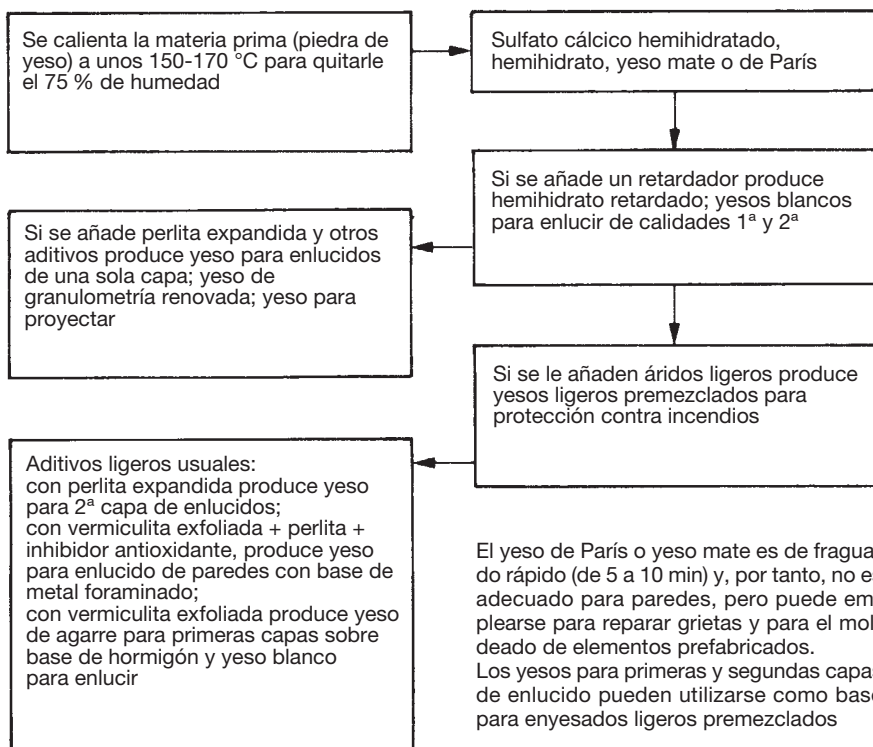


**MÉTODO 3:** alternativo al 2.



**MÉTODO 4:** alternativo al 3.

**Yeso:** es un polvo que, una vez amasado en agua, produce una pasta de gran plasticidad que se emplea para revestir paredes y techos interiores, así como para reparar las pequeñas irregularidades superficiales del soporte. El resultado es una superficie lisa y continua, adecuada para ser decorada directamente. El enlucido de yeso también debe tener una aceptable resistencia a los daños por impacto. El yeso es una combinación cristalina de sulfato cálcico y agua. La materia prima, el aljez o piedra de yeso, es triturada y sometida a cocción para deshidratarla, total o parcialmente, convirtiéndola en sulfato cálcico hemihidratado. Finalmente, se muele el producto resultante. Su proceso de fabricación y los diversos aditivos que definen el tipo de yeso se esquematizan de la siguiente forma\*:



Todos los yesos deben almacenarse en lugares secos, puesto que cualquier absorción de humedad antes de la mezcla acortaría el tiempo normal de fraguado, de aproximadamente una hora y media, lo que podría repercutir en una pérdida de resistencia del enlucido. No es conveniente enlucir con temperaturas que superen los 43 °C, y nunca debe aplicarse un enlucido sobre un soporte helado.

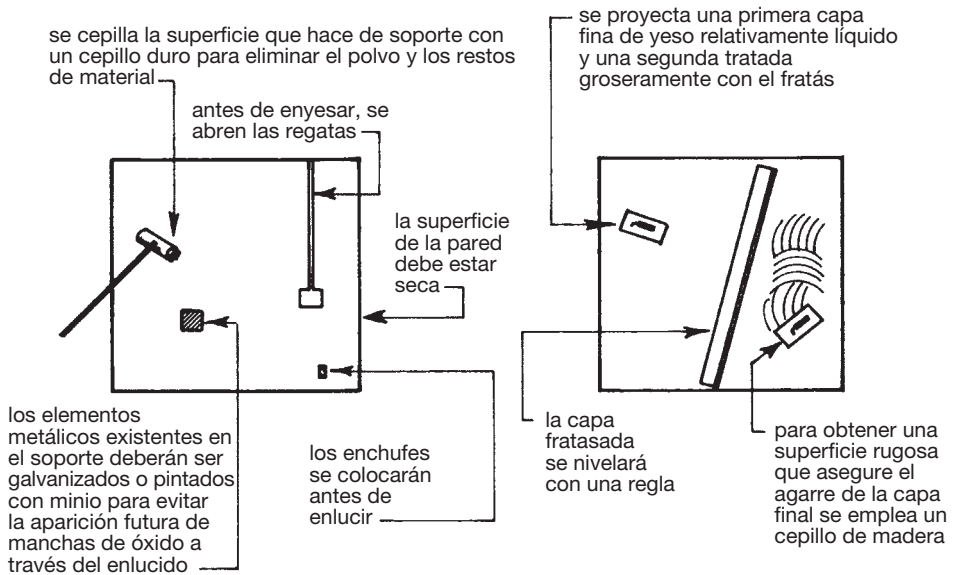
Para obtener un enlucido correcto es esencial que haya un buen agarre con la base y entre las diferentes capas del enlucido. Generalmente las paredes de ladrillo y de bloque proporcionan un buen agarre para el yeso, mientras que el hormigón deberá ser tratado previamente al enlucido, a menos que el encofrado se haya hecho con material rugoso.

\* Normativa española: "Placas de yeso laminado" (UNE-EN 520:2005+A1:210), "Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción" (UNE-EN 13279-1:2009) y "Placas de escayola para techos suspendidos" (UNE-EN 14246:2007).

**Acabados de paredes interiores:** pueden clasificarse en húmedos o secos. El enlucido húmedo tradicional se mezcla y aplica en obra sobre las paredes en capas para conseguir un acabado liso y duradero adecuado para aplicarle directamente tratamientos decorativos tales como pintura y papel.

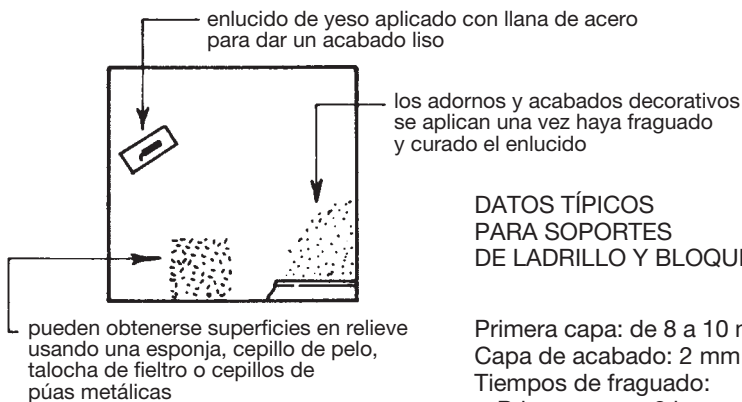
La mayoría de los yesos para enlucir se suministra en sacos de papel fuerte de 50 kg y solo se requiere añadir agua limpia, o arena y agua limpia, según el tipo de yeso.

### Método usual de aplicación



#### 1. PREPARACIÓN

#### 2. PRIMERA CAPA



#### 3. CAPA DE ACABADO

#### DATOS TÍPICOS PARA SOPORTES DE LADRILLO Y BLOQUE

Primera capa: de 8 a 10 mm de grosor.

Capa de acabado: 2 mm de grosor.

Tiempos de fraguado:

Primera capa: 2 h.

Capa de acabado: 1 h.

## Aplicación de enlucidos

**Soporte:** preferentemente liso y de material consistente. En caso de tener irregularidades, será preciso aplicar tres capas; enfoscado con mortero magro (cemento y arena) 10-12 mm, fratasado 6-8 mm y enlucido 2 mm.

Los soportes difíciles, como el acero o las superficies satinadas o vidriadas, requieren la aplicación previa de un adherente, como acetato de polivinilo o lechada de cemento, para mejorar la adherencia del enlucido. Para el agarre de la capa de base, que puede venir mezclada con arena en la relación 1:1,5, puede ser necesario colocar una tela metálica o de metal foraminado.

Los soportes “blandos” —corcho, tablero de cartón de pasta de madera o de plástico expandido— deberán llevar una tela metálica o de metal expandido claveteada en su superficie. En estos casos, es conveniente aplicar una capa de base ligera de agarre compatible con el enlucido de acabado.

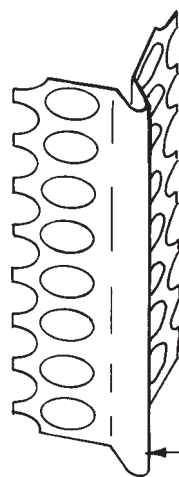
Las superficies regulares densas de poder absorbente bajo-medio, como el cartón yeso, solo requieren una capa de acabado de yeso preparada especialmente para este fin.

**Esquinas:** para evitar las grietas en las uniones de los muros con el techo, los ángulos se refuerzan con fibra de vidrio o tela metálica. Como alternativa, puede colocarse un molde preformado de yeso claveteado o agarrado con un adhesivo adecuado (véase pág. 725). Para reforzar las esquinas salientes se fabrican unos guardavivos de chapa de acero galvanizado o metal expandido, a veces con canto de PVC duro. Esas piezas especiales se sujetan a la pared antes del acabado con toques de yeso o clavos galvanizados, justo por debajo de la moldura.

guardavivos de metal  
expandido galvanizado



Muros enlucidos



moldura

Muros revestidos de plancha de cartón yeso

### GUARDAVIVOS PARA ESQUINAS SALIENTES

**Cartón yeso:** tablero formado con un grosor de yeso dispuesto entre dos láminas finas de cartón. Los bordes de los tableros pueden tener los siguientes perfiles:

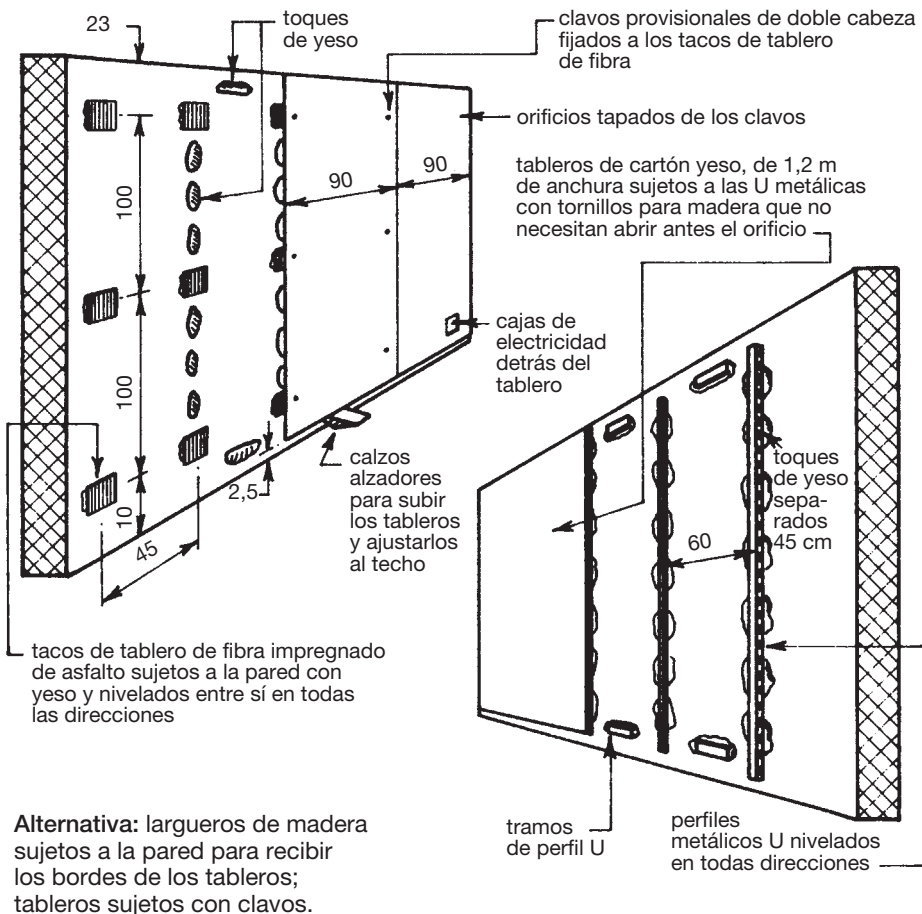
**Borde en cuña:** para obtener una superficie lisa y sin juntas, se rellena la junta con un emplasto especial, se aplica una cinta adhesiva sobre el relleno y se termina con una capa fina de emplasto, alisándose los bordes con una esponja ligeramente humedecida.

**Borde recto:** los cantos se encuentran a tope y se terminan con un tapajuntas, o se cubre la junta con lienzo de yute antes de enlucir.

**Canto biselado:** los cantos se unen a tope formando una junta en V que se convierte así en un motivo decorativo del revestimiento.

Véanse detalles de uniones en la pág. 612.

### Detalles tipo



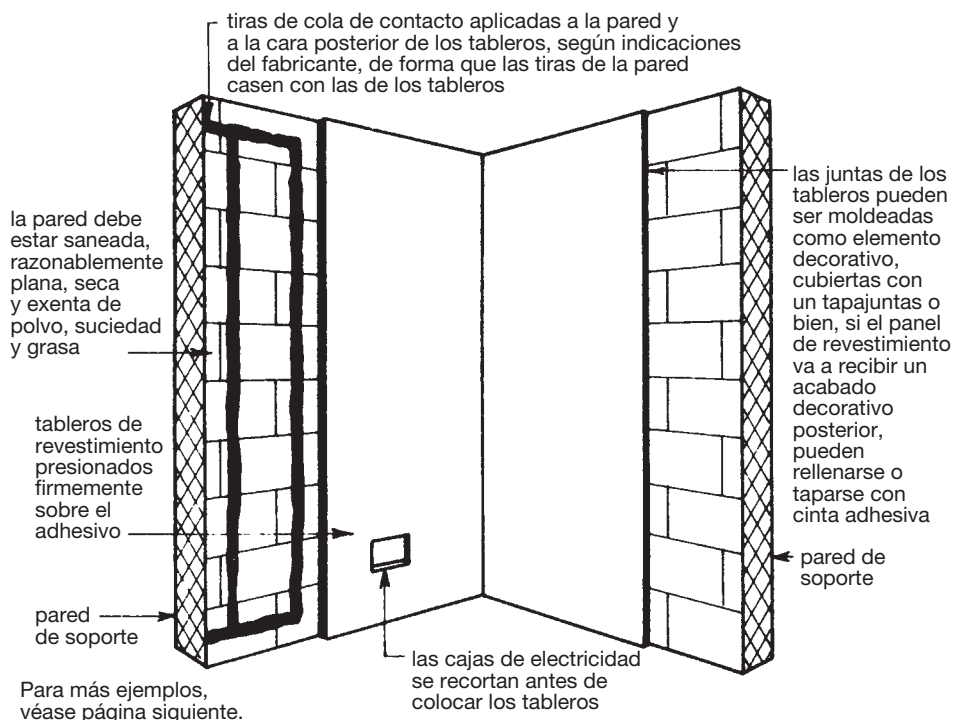
**Revestimientos secos:** las superficies de las paredes y tabiques interiores pueden revestirse con un revestimiento húmedo (enlucido o enfoscado) o con uno seco, como los tableros de cartón yeso, de fibra aislante, de fibra prensada, de madera o de contrachapado. Todos ellos pueden suministrarse con un acabado permanente o para ser acabados en obra con pintura o papel pintado.

El principal objeto de cualquier revestimiento aplicado a una pared interior es proporcionar un acabado aceptable, aunque no necesariamente elegante o caro; lo cierto es que resulta complicado y poco económico construir una pared de ladrillo o de bloque que tenga superficies “presentables” por ambas caras sin necesidad de usar un revestimiento, ya que ello implicaría no solo la selección manual de los ladrillos y bloques, para garantizar un grosor constante, sino también disponer de una mano de obra especializada para construir una pared satisfactoria.

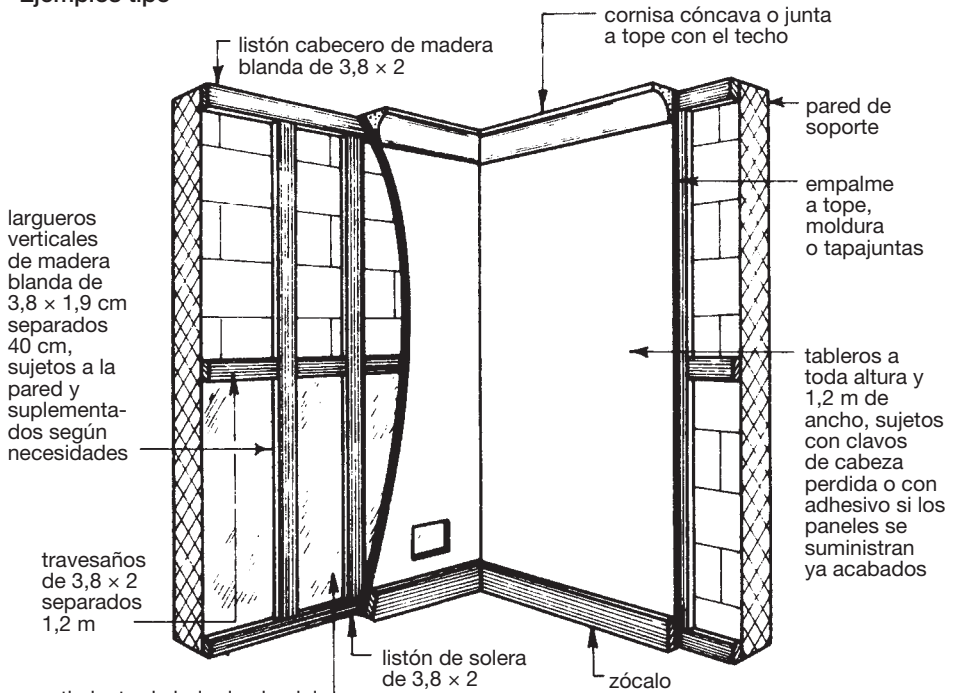
La principal ventaja de los revestimientos secos es que eliminan el período de secado que requieren los acabados húmedos. Con una estudiada elección y colocación del material de revestimiento seco se pueden mejorar notablemente las propiedades aislantes de la pared.

Los revestimientos secos pueden fijarse al soporte directamente, por medio del adhesivo idóneo o, indirectamente, a través de una adecuada organización de listones.

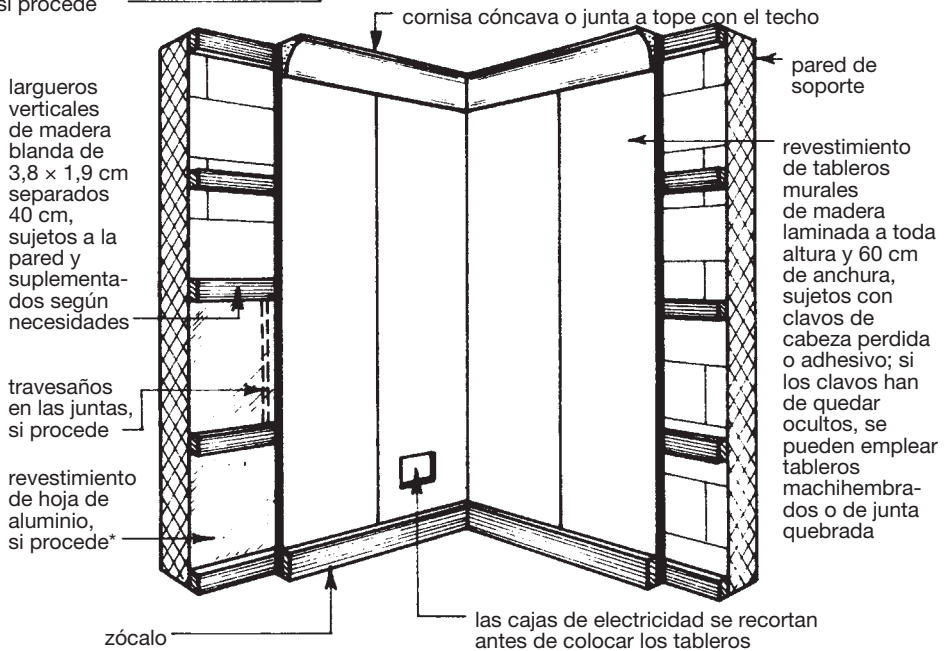
### Ejemplo tipo



Ejemplos tipo



revestimiento de hoja de aluminio clavado a la pared con listones, si procede



\* Alternativamente, utilizar una lámina de polietileno como barrera de vapor.



### Tipos de elementos de cartón yeso:

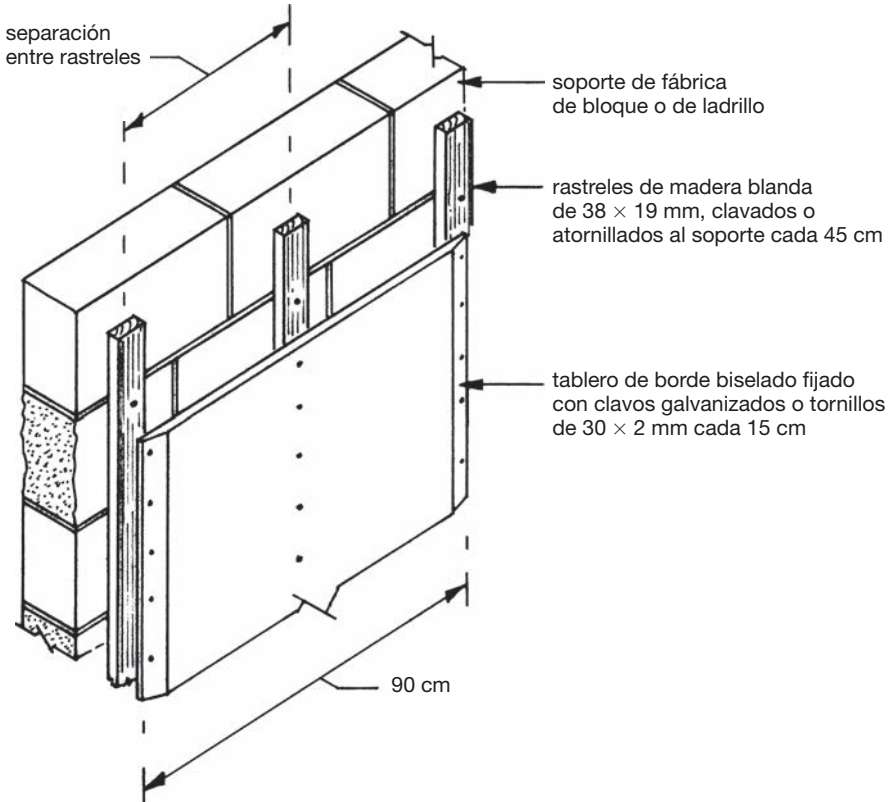
1. **Tableros para paredes:** acabado en color marfil para pegar, encintar, y aplicar directamente la pintura o el empapelado; acabado en gris para aplicar encima un enlucido o para adosarlo a un muro existente mediante pelladas de pasta. Aplicaciones generales, es decir, trasdosado de paredes interiores, falsos techos y tabiques. Grosos: 9,5, 12,5 y 15 mm. Anchuras: 0,9 y 1,2 m. Longitudes: entre 1,8 y 3 m. Borde recto o biselado.
2. **Cielos rasos:** revestimiento de techos que requieren enlucido directo. Grosor: 9,5 mm. Anchura: 0,9 m. Longitud: 1,22 m. Borde recto.
3. **Resistentes a la humedad:** Tableros para paredes de baños y cocinas. Color verde claro, base ideal para alicatar. Grosos: 12,5 y 15 mm. Anchura: 1,2 m. Longitudes: 2,4, 2,7 y 3 m. Están disponibles con el borde recto o biselado.
4. **Resistentes al fuego:** tablero de vermiculita reforzada con fibra de vidrio y yeso, para revestimientos ignífugos. Cara anterior rosa y cara posterior gris. Grosos: 12,5 y 15. Anchuras: 0,9 y 1,2 m. Longitudes: 1,8, 2,4, 2,7 y 3 m. También se fabrica un tablero de 25 mm de grosor, 0,6 m de anchura y 3 m de longitud. Acabado enlucido si se requiere. Borde recto o biselado.
5. **Tabla:** se usa como protección contra el fuego de elementos estructurales de acero y madera, además de como aislante acústico en tableros de paredes y suelos flotantes. Grosor: 19 mm. Anchura: 0,6 m. Longitudes: 2,35, 2,4, 2,7 y 3 m. Cara anterior color marfil y cara posterior color gris. Borde biselado.

### Tableros de paredes no estandarizados:

1. **Contorno:** de solo 6 mm de grosor, se usa para adaptarse a formas curvas. Anchura: 1,2 m. Longitudes: 2,4 y 3 m.
2. **Barrera de vapor:** tablero para paredes de cartón yeso con acabado de poliéster metalizado para proporcionar una barrera de vapor completa. Grosos: 9,5 y 12,5 mm. Anchuras: 0,9 y 1,2 m. Longitudes: entre 1,8 y 3 m.
3. **Térmico:** Incorpora varios aislantes expandidos o en forma de espuma. Grosor total aproximado 25-50 mm, en tableros de 1,2 × 2,4 m.

**Montaje:** el detalle inferior muestra la sujeción del tablero a los rastreles de madera con clavos o tornillos. Este método de sujeción es una alternativa a los toques de yeso y tacos que se muestran en la pág. 607.

### Montaje tipo



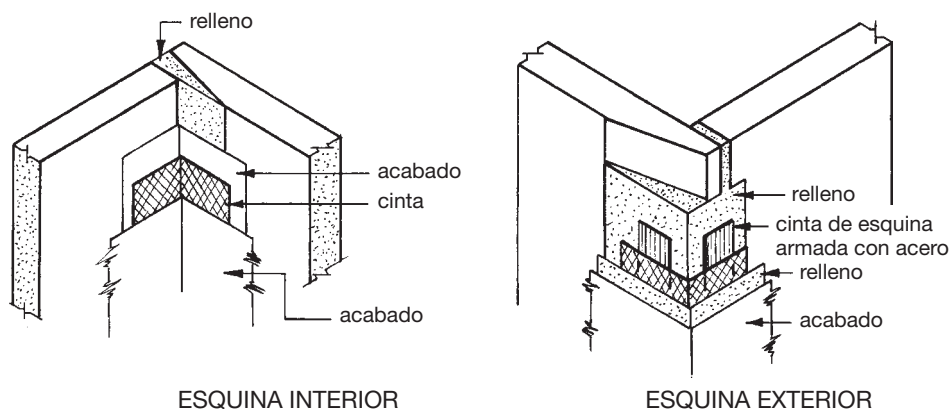
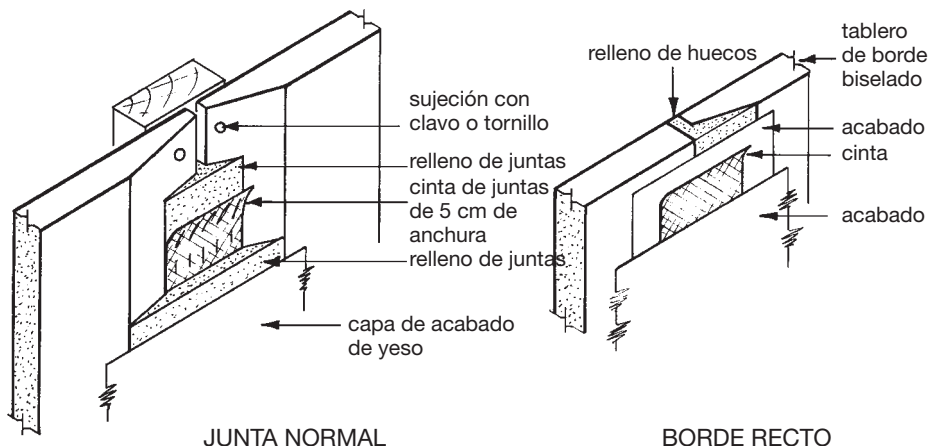
### Indicaciones para fijar los tableros a los rastreles:

| Grosor del tablero (mm) | Anchura del tablero (cm) | Separación entre rastreles (cm) | Longitud de los calvos o tornillos (cm) |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|
| 9,5                     | 90                       | 45                              | 3                                       |
| 9,5                     | 120                      | 40                              | 3                                       |
| 12,5                    | 60                       | 60                              | 4                                       |
| 12,5                    | 90                       | 45                              | 4                                       |
| 19                      | 60                       | 60                              | 6                                       |

Se evitarán en lo posible las juntas horizontales; los rastreles transversales solo son necesarios en las partes superior e inferior, para dar rigidez al conjunto. La sujeción de los tableros se lleva a cabo con clavos de cabeza cónica de acero galvanizado de 2 mm de diámetro (2,6 mm de diámetro para los tableros de 19 mm) o mediante tornillos para muros de piedra seca.

## Montaje de los paneles de cartón yeso

**Juntas:** los tableros contiguos no deben colocarse en contacto directo entre sí, sino que hay que dejar un hueco de 3 a 5 mm para rellenar de yeso y colocar la cinta de refuerzo de juntas. Las figuras siguientes ilustran sobre algunos de los posibles casos de unión que podemos encontrar.



**NOTA:** para usos generales de revestimiento seco con tableros de borde biselado se utiliza la cinta de papel. Las esquinas exteriores se refuerzan con un tipo especial de cinta dotado de dos tiras delgadas de acero.

**Paredes interiores alicatadas:** la masa del azulejo puede ser de arcilla de alfarero, caolín, caliza de grano muy fino, sílex y piedra de cal. El material se mezcla con agua hasta obtener la consistencia deseada, se le da forma y se mete en un horno a alta temperatura (1.150 °C) durante varios días, obteniéndose el bizcocho sin vidriar.

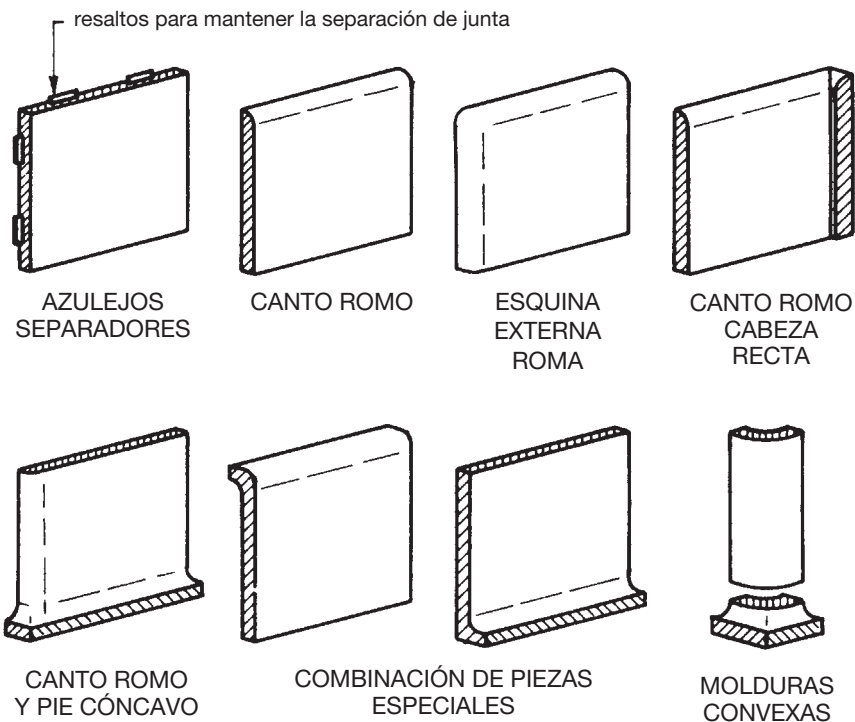
A partir de este momento se puede proceder a cubrir las caras de la pieza con el vidriado, se le dan el dibujo y color deseados, antes del proceso de horneado final, que se realiza a una temperatura algo inferior (1.050 °C) a la de la primera cochura y se prolonga durante dos días.

**Azulejos tipo para paredes interiores y piezas especiales:**

Tamaños: modulados: 10 × 10 × 0,5 cm y 20 × 10 × 0,65 cm  
no modulados: 15,2 × 15,2 × 0,5 a 0,8 cm de grosor y  
10,8 × 10,8 × 0,4 y 0,65 cm de grosor

Otros tamaños: 20 × 30, 25 × 33, 25 × 40, 30 × 45, 30 × 60 y 33 × 60 cm.

Piezas especiales: existe una amplia gama, especialmente en el formato no modulado.



**Asentamiento de los alicatados:** por lo general, se considera que los alicatados interiores son inertes en lo relativo a humedad y movimientos térmicos; por tanto, si se quiere evitar que el revestimiento de azulejos se mueva, deberá prestarse una atención al soporte y al método de fijación de los azulejos.

**Soporte:** generalmente es un enfoscado o enlucido de mortero de cemento; debe ser plano, seco, estable, estar bien ligado a la pared y tener la antigüedad suficiente como para que ya se haya producido la retracción de fraguado.

Los defectos de planeidad del soporte no deben exceder de 3 mm en una longitud de 2 m para los azulejos encolados, ni de 6 mm en 2 m, para aquellos asentados sobre mortero.

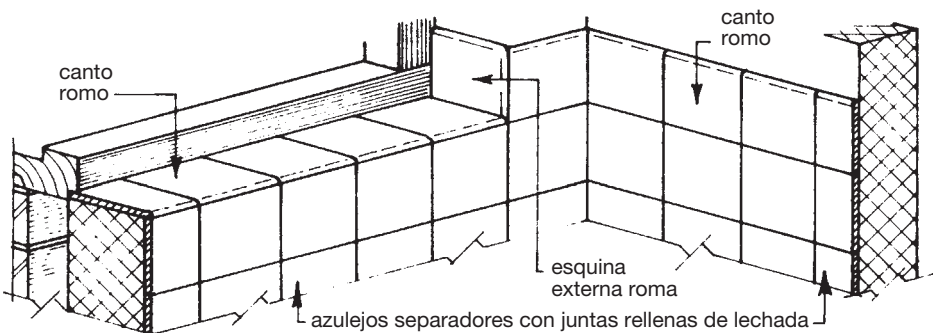
**Métodos de colocación de los azulejos:** los dos métodos de uso más generalizado son los siguientes:

1. Con cola: los azulejos ligeros en paredes interiores se pueden colocar en seco utilizando un adhesivo adecuado, el cual se aplicará con una llana especial en pequeñas superficies de pared ( $1 \text{ m}^2$ ) de una vez, presionando o golpeando la pieza contra el adhesivo.
2. Con mortero: se usa como adhesivo un mortero de cemento con una relación de 1:3 o 1:4; los azulejos se colocan, bien untando el envés de la pieza con el mortero y presionándola o golpeándola para colocarla en su posición, o bien; enfoscando la superficie de la pared con una capa de mortero de 1 cm de grosor y aplicándole entonces las piezas ligeramente untadas (mezcla 1:2) en un plazo de dos horas. Generalmente, es necesario remojar previamente los azulejos en agua para reducir la absorción del agua del mortero.

**Lechada:** una vez fraguado el mortero de base, se rellenan las juntas con la lechada, que se coloca usando una esponja o cepillo.

La mayoría de las lechadas se basa en una mezcla de cemento blanco con arenilla de mármol, colorantes y otros productos inertes.

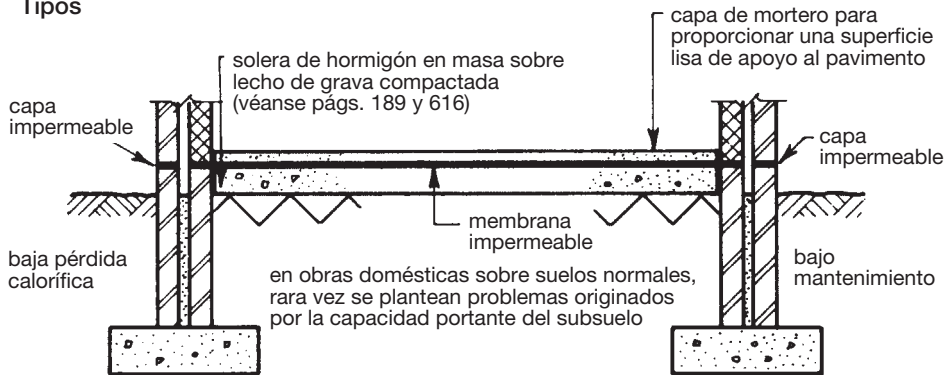
### Ejemplo tipo



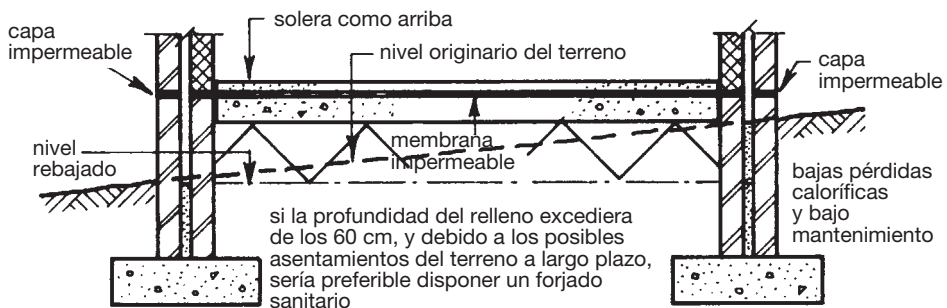
**Funciones primordiales:**

1. Proporcionar una superficie plana con suficiente resistencia para soportar las cargas impuestas por las personas y el mobiliario.
2. Evitar la entrada de agua y vapor de agua al interior del edificio.
3. Evitar pérdidas caloríficas inaceptables a través del suelo.
4. Proporcionar el tipo de superficie adecuado para recibir el acabado deseado.

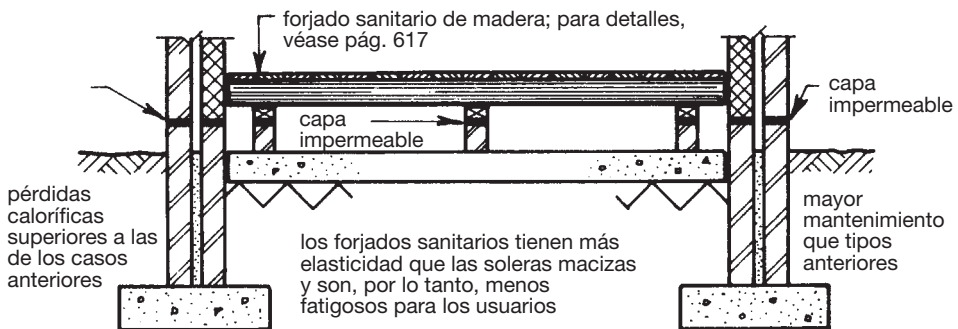
**Tipos**



**SOLERA MACIZA SOBRE SUELO PLANO**



**SOLERA MACIZA EN TERRENO INCLINADO**



**FORJADO SANITARIO DE MADERA**

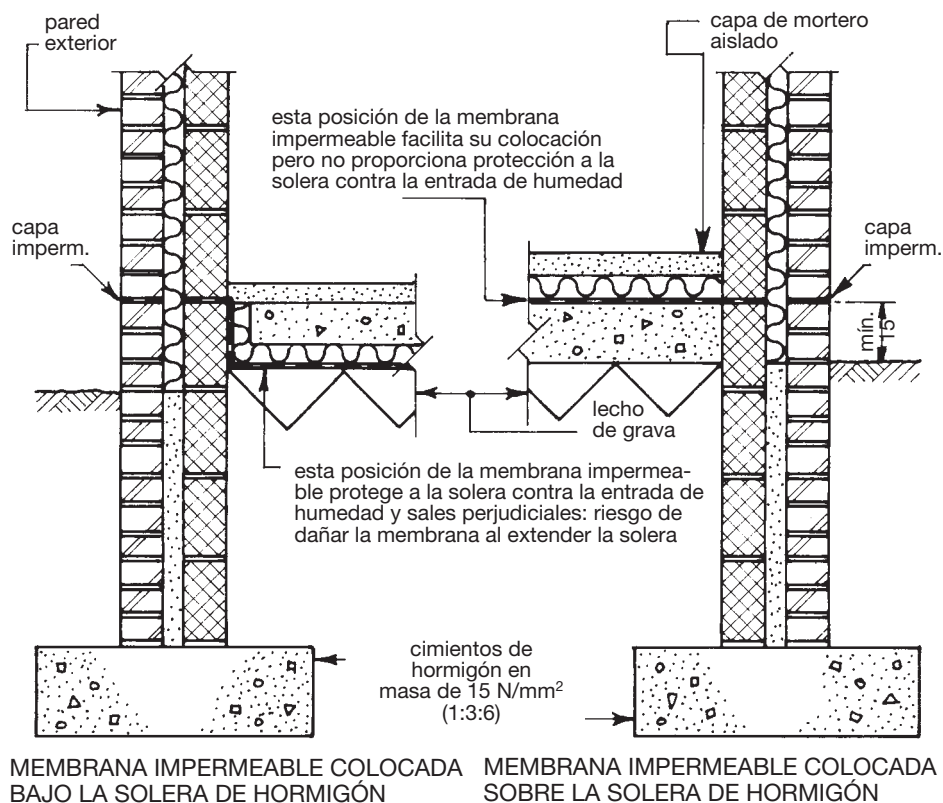
Este dibujo se interpreta en conjunción con el de la pág. 189.

### Soleras.

Una solera maciza ligera está formada por tres componentes:

1. Lecho de grava: material de relleno idóneo para completar el rebaje del terreno y de la capa de tierra vegetal. Su cara superior debe permitir extender una lámina impermeable que impida la pérdida de lechada de cemento del hormigón. Puede ser preciso “cegar” la cara superior con una capa de arena o cenizas finas, especialmente si la membrana impermeable va a ir colocada debajo del hormigón.
2. Membrana impermeable: para evitar que la humedad penetre en el interior del edificio a través del suelo puede usarse una lámina resistente de polietileno.
3. Solera de hormigón: es el componente que constituye la base maciza plana sobre la que se aplica la capa de mortero y/o el pavimento.

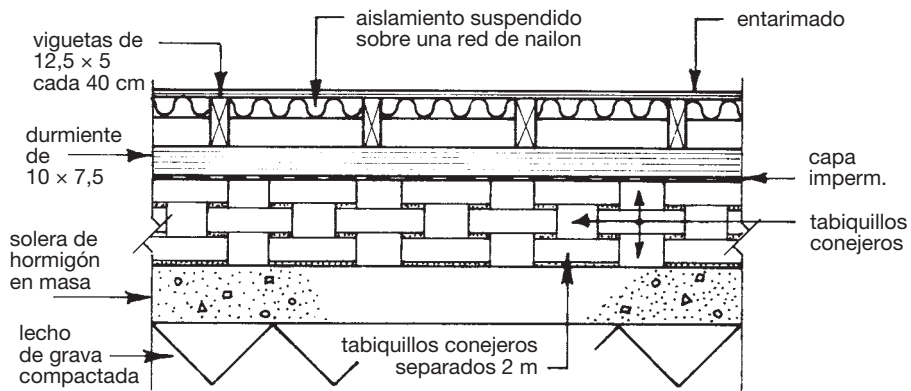
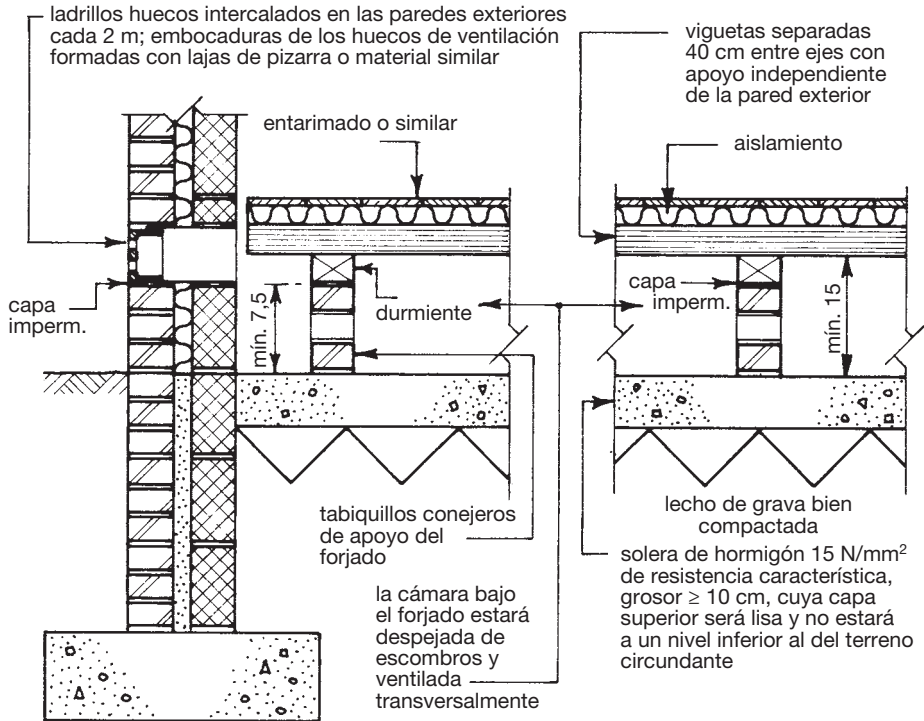
### Detalles tipo



NOTA: una solución de compromiso entre los dos métodos anteriores consiste en colocar la membrana en medio de la solera, aunque esta disposición implica dos operaciones de hormigonado.

**Forjados sanitarios de madera:** deben construirse con una cámara de aire bien ventilada para que el contenido de humedad de la madera se mantenga siempre por debajo de un nivel aceptable ( $\leq 20\%$ ) y evitar así el posible ataque de los hongos.

### Detalles tipo

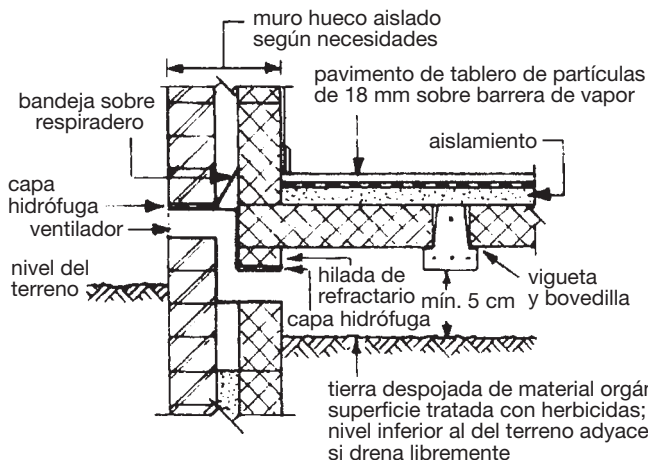


SECCIÓN PARALELA A LOS TABIQUILLOS CONEJEROS

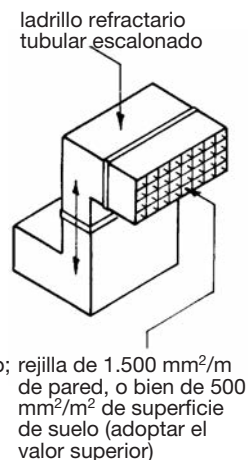


**Forjados de hormigón pretensado:** este tipo de forjado ha sido adaptado con éxito de los edificios comerciales (véanse págs. 641 y 642), como una alternativa económica a los forjados sanitarios de madera y a las soleras domésticas ligeras. Para situaciones especiales, véase también pág. 324.

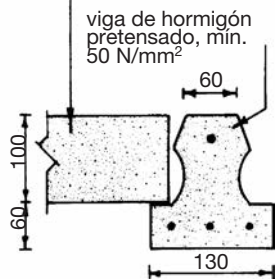
## VIGAS PARALELAS AL MURO EXTERIOR



## VENTILADOR DE POLIPROPILENO

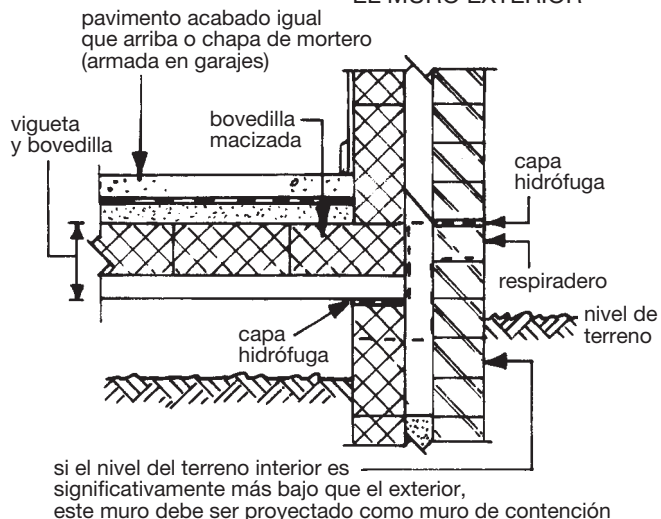


bloque de hormigón ligero, mín. 7 N/mm<sup>2</sup>



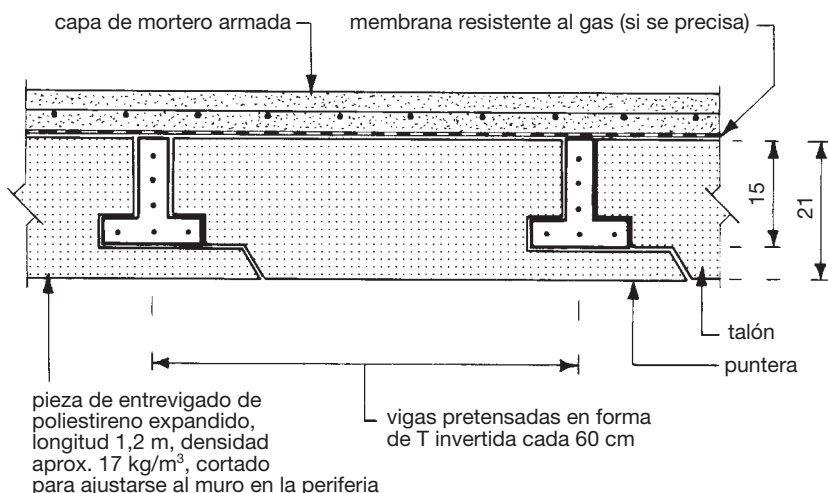
DETALLE TIPO DE VIGA/NERVIO Y BOVEDILLA

## VIGAS QUE APOYAN EN EL MURO EXTERIOR



**Forjados sanitarios de viguetas de hormigón pretensado y bovedillas de poliestireno expandido:** estos forjados han evolucionado a partir de los principios de los forjados de viguetas y bovedillas mostrados en la página anterior. Las propiedades de ligereza y facilidad de corte de las bovedillas proporcionan rapidez y sencillez de ejecución. Con ellos pueden obtenerse unos aislamientos térmicos excepcionales, con valores de  $U$  tan bajos como  $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

#### Detalle tipo



**Puente térmico:** se evita gracias a la “puntera” de poliestireno expandido sobresaliendo por debajo de la cara inferior de la viga de hormigón.

**Chapa de mortero armada:** de 5 cm de grosor; mallazo cuadrado de acero  $\varnothing 1 \text{ cm}$  o de fibra de polipropileno en la fibra neutra. Si las condiciones locales lo requieren, debajo de la chapa de mortero puede incorporarse una membrana de polietileno de baja densidad resistente al gas metano/radón.

**Acabado de suelo flotante:** tablero de partículas de 1,8 cm resistente a la humedad, colocado de acuerdo con las instrucciones de un fabricante acreditado, sobre una capa de barrera de vapor. Todos los bordes del tablero machihembrados y encolados, para garantizar la continuidad.

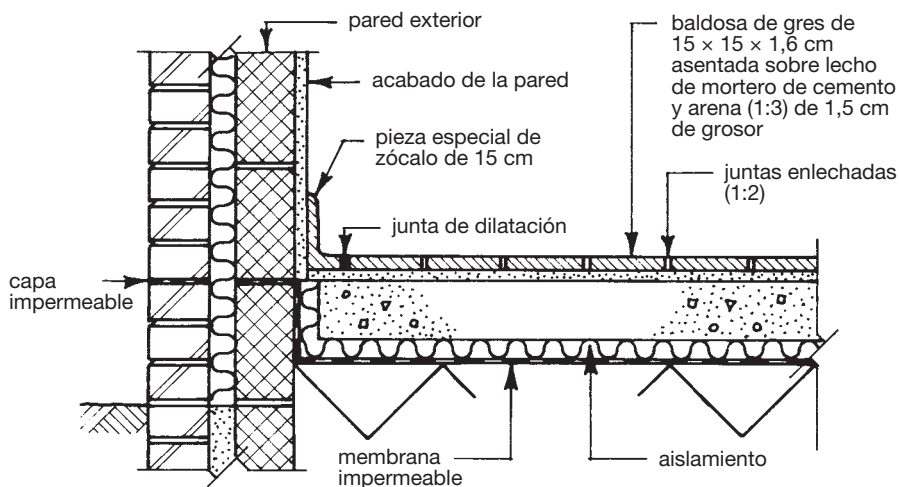
**Pavimentos domésticos:** generalmente se aplican sobre una base estructural, aunque también pueden formar parte de la estructura del suelo, como en el caso de los entarimados de piso. La mayor parte de los pavimentos se escoge para cumplir una función específica, como:

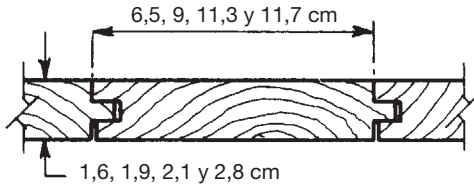
1. **Aspecto:** por su atractivo o efecto estético, pese a lo cual deben reunir unas propiedades razonables de resistencia al desgaste. Ejemplos: alfombras, moquetas y parqués de madera.
2. **Resistencia:** por sus especiales propiedades de resistencia al desgaste y al impacto y para zonas de uso intenso, como las cocinas. Ejemplos: baldosas de gres y pavimentos graníticos.
3. **Higiene:** cuando se desea una superficie impermeable, de fácil limpieza y con un atractivo estético razonable. Ejemplos: baldosas de gres y láminas y baldosas de cloruro de polivinilo (PVC).

**Alfombras, moquetas y losetas de moqueta:** hechas de pelo animal, fibras minerales y fibras artificiales tales como las de nailon y las acrílicas. También existen moquetas de mezcla de los materiales anteriores. Amplia variedad de dibujos, tamaños y colores. Las alfombras y moquetas pueden colocarse sueltas, encoladas con adhesivo o, en el caso de las moquetas, con los bordes fijados al suelo mediante tiras metálicas especiales.

**Losetas de PVC:** hechas de mezcla de ligantes termoplásticos; gran variedad de colores y dibujos; las medidas más usuales son  $30,5 \times 30,5 \text{ cm} \times 1,6 \text{ mm}$  y se pegan con adhesivos especiales según las instrucciones del fabricante.

### Baldosas de gres

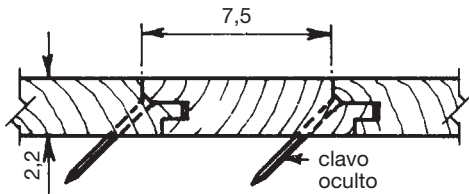




**Entarimado de madera machihembrada:** preparados con maderas blandas. Las tablas se colocan perpendicularmente a las vigas y se fijan a ellas mediante clavos especiales de cabeza perdida. Los extremos de las tablas se unen a tope en el plano del eje de la vigueta de apoyo.

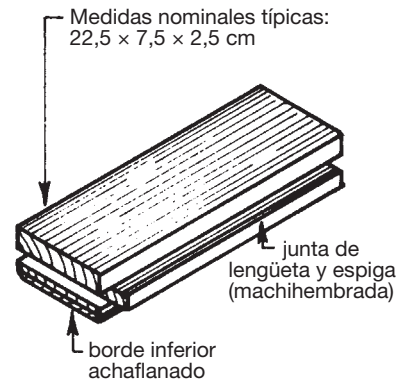
Las luces máximas de las tablas son:

1,6 cm de grosor: 50,5 cm  
1,9 cm de grosor: 60 cm  
2,1 cm de grosor: 63,5 cm  
2,8 cm de grosor: 79 cm



**Parquets de tablillas:** generalmente se considera que entran dentro de esta categoría los pavimentos de tiras de madera de menos de 10 cm de anchura. En los parqués de madera dura de buena calidad, se especifica que las tablillas se unan individualmente con clavazón oculta y se protejan con un fungicida de base alcohólica. La separación entre los apoyos depende del tipo de madera utilizado y la carga que va a recibir. Una vez extendido el parqué de tablillas, se le aplica un lijado fino y se trata con un sellante o cera. Como característica común a todos los pavimentos de madera, debe dejarse una pequeña holgura perimetral para facilitar el movimiento de la madera debido a las variaciones de humedad.

**Pavimentos de tablero de pasta de madera prensada:** también llamados pavimentos de tablero de partículas por estar hechos de partículas de madera ligadas con resinas sintéticas y/o otros ligantes orgánicos. Las tablas normalizadas tienen longitudes de hasta 2,4 m y 60 cm de anchura, con grosores de 1,8 o 2,2 cm, con juntas de lengüeta y espiga en todos sus bordes. Se colocan en ángulo recto con la dirección de las viguetas, de modo que las juntas longitudinales siempre tengan apoyo directo. Pueden suministrarse sin acabar o impermeabilizados, calidad que viene indicada con un tinte de color verde apagado.

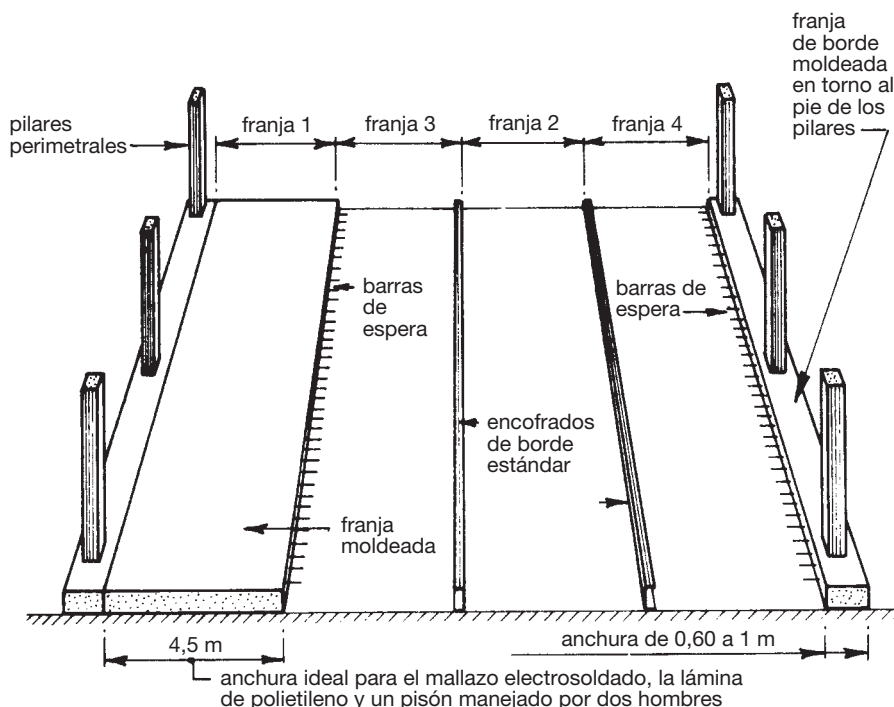


**Tacos de madera:** se pueden fabricar con maderas duras y blandas. Los bloques pueden disponerse según una gran variedad de dibujos y también pueden emplearse diferentes maderas para crear efectos de textura y color. Una vez colocados los bloques, se procederá a un lijado fino y a un sellado o pulido.

## Soleras pesadas moldeadas in situ para grandes superficies

**Soleras pesadas moldeadas in situ para grandes superficies:** ideadas para soportar cargas medias y grandes, como las habituales en fábricas, almacenes, talleres, garajes y edificios similares. Su diseño y construcción obedecen a unos criterios similares a los de las calles de escasa importancia (véanse págs. 108 a 111). Generalmente este tipo de soleras se moldean por franjas alternas de 4,5 m de ancho que recorren el edificio a todo lo largo o en la dirección del tráfico previsto, si lo hubiere. Es necesario disponer juntas transversales para controlar las dilataciones térmicas y las retracciones de la losa. La separación de las juntas viene determinada por el diseño y la cantidad de armadura empleada. Tales juntas pueden formarse usando un “inductor” de grietas, o simplemente cortando con el disco una ranura de 2 a 2,5 cm de profundidad en la parte superior de la losa dentro de las 20 o 30 primeras horas tras el moldeado.

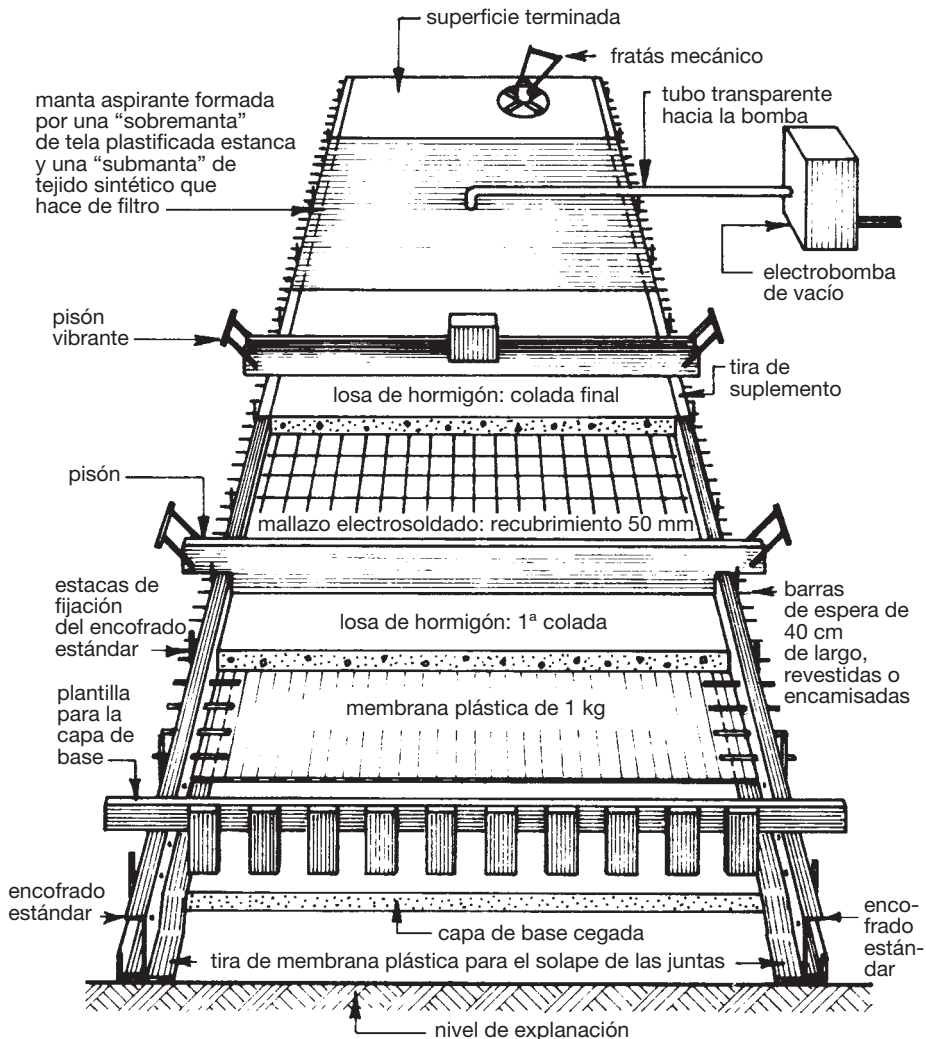
### Disposición tipo



**Acabado superficial:** la superficie del hormigón puede acabarse mediante llana o frátas mecánico, operación que se lleva a cabo cuando el hormigón todavía está en estado plástico, pero con la suficiente resistencia como para soportar el peso de la máquina y del operario, cuyas huellas no deben hundirse más de 3 mm. Otra alternativa posible es el pulido mecánico de la superficie, que se lleva a cabo a los pocos días de endurecido el hormigón, que previamente habrá sido nivelado y tratado con el frátas mecánico. El pulido elimina de 1 a 2 mm de hormigón de la superficie y su objeto es el de mejorar la textura superficial y no el de corregir posibles deficiencias en la nivelación.

**Escurrecimiento por vacío:** en ocasiones, cuando haya que dar un acabado superficial con el fratas mecánico, puede emplearse una bomba de vacío para acortar el lapso de tiempo de espera entre el apisonado y el fratasado mecánico. Este método es adecuado para losas de hasta 30 cm de grosor. La aspiración durará unos 3 min por cada 2,5 cm de profundidad del hormigón, lo que por lo general permitirá realizar el fratasado dentro de un plazo de tiempo de 20 o 30 min, a contar desde la terminación del apisonado. Las fuerzas aplicadas absorben el agua excedente por el procedimiento de comprimir la losa, con lo que se produce una reducción del canto de la misma de, aproximadamente, el 2 %. Por tanto, antes de apisonar, habrá que suplementar los encofrados laterales en previsión de la sobrecarga del hormigón.

### Detalles tipo



## Capas de mortero sobre soleras

**Capas de mortero para revestir soleras:** se utilizan para dar a la solera un acabado adecuado que permita recibir el pavimento especificado en proyecto.

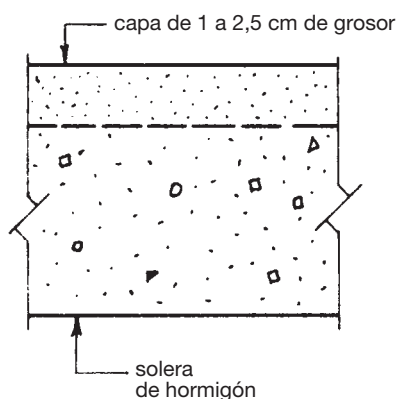
Conviene observar, sin embargo, que no siempre es necesario o deseable aplicar una capa de mortero para recibir un pavimento; existen técnicas para preparar la superficie del hormigón en el momento de moldearlo, lo que permitirá recibir directamente el pavimento sin interposición de la capa.

### Dosificaciones típicas de las capas de mortero

| Grosor de la capa | Cemento | Arena (< 5 mm) | Grava (> 5 mm < 10 mm) |
|-------------------|---------|----------------|------------------------|
| hasta 4 cm        | 1       | 3 a 4,5        | —                      |
| 4 a 7,5 cm        | 1       | 3 a 4,5        | —                      |
|                   | 1       | 1,5            | 3                      |

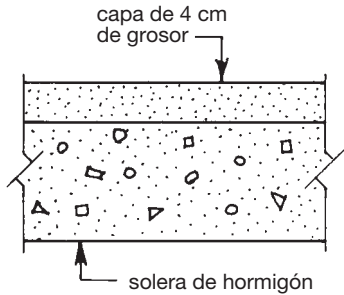
**Ejecución de las capas:** las capas de mortero no deben ejecutarse por compartimentos, pues puede provocar imperfecciones en los bordes; sin embargo, pueden tenderse en franjas de 3 m de anchura para recibir el pavimento. La nivelación se realiza con reglas niveladoras. Una buena práctica es empezar por rodear el perímetro de la zona de trabajo con una franja de 7,5 cm de anchura que tenga los bordes perfectamente escuadrados y proceder seguidamente con esta pauta a realizar el resto de la capa.

### Tipos de capa

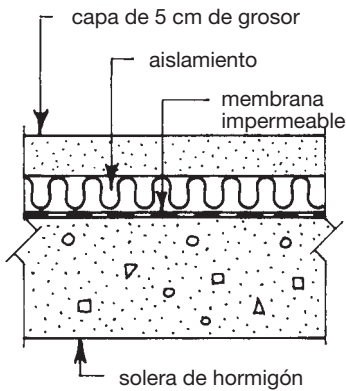


**Capas monolíticas:** son capas extendidas directamente sobre el hormigón de la solera durante las tres primeras horas desde la puesta en obra del hormigón. Antes de colocar cualquier capa, deberá eliminarse totalmente el agua superficial. La capa deberá realizarse desde caminos de tablonés para evitar pisar sobre el hormigón todavía fresco.

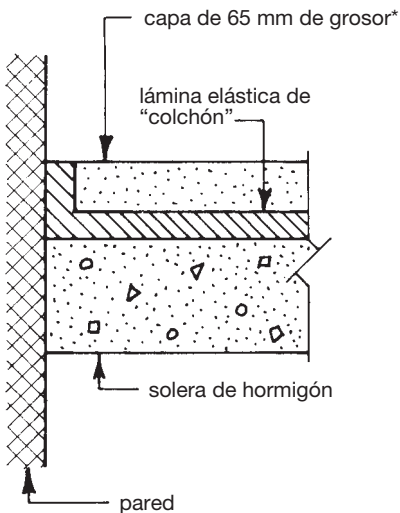
### Tipos de capa



**Capa sobre solera ya curada:** se extiende sobre la solera de hormigón una vez curada. La superficie de la solera debe estar limpia y ser lo suficientemente rugosa como para asegurar una ligazón adecuada, aunque también se le puede aplicar un agente ligante apropiado. También se puede pintar la superficie de contacto a brocha con una lechada de agua/cemento de consistencia cremosa, antes de extender la capa de mortero.



**Capas no ligadas:** capa extendida directamente sobre la membrana impermeable y el aislamiento. Si la losa de hormigón está en contacto directo con el terreno, se precisa un material aislante del tipo rígido. Esta operación debe realizarse con sumo cuidado para no dañar la membrana.



**Capas flotantes:** la capa elástica de "colchón", de 2,5 cm de grosor, se extiende sobre la solera de hormigón, con las juntas a tope y retornando sobre las paredes perimetrales. La chapa de mortero se extiende directamente sobre la capa elástica, sin llegar a contactar con las paredes. El objetivo principal de esta forma de ejecutar la chapa de mortero es mejorar las propiedades de aislamiento acústico del suelo.

\* Preferentemente armada con mallazo.



### Funciones primordiales:

1. Proporcionar una superficie plana con suficiente resistencia para soportar las cargas permanentes y las sobrecargas de uso impuestas por las personas y el mobiliario.
2. Reducir las pérdidas caloríficas de la planta inferior.
3. Proporcionar el aislamiento acústico necesario.
4. Proporcionar el requerido grado de resistencia al fuego.

**Construcción:** el forjado de piso de madera consiste en una serie de vigas apoyadas sobre paredes de carga; la escuadría de las vigas y la separación entre las mismas dependen de las cargas muertas y las sobrecargas que tienen que soportar.

**Dimensiones de las vigas:** se pueden utilizar tres métodos:

1. Normas de la edificación: el CTE\* establece que para el uso de vivienda hay que considerar una sobrecarga de uso mínima de 20 KN/m<sup>2</sup>, a la que deberá sumarse la concarga (peso propio + carga permanente).

2. Fórmula de cálculo:

$$M = \frac{f b d^2}{6} \text{ donde}$$

M = momento flector

f = esfuerzo en la fibra más alejada

d = canto

b = ancho de la viga (debe plantearse una hipótesis)

3. Fórmula empírica:

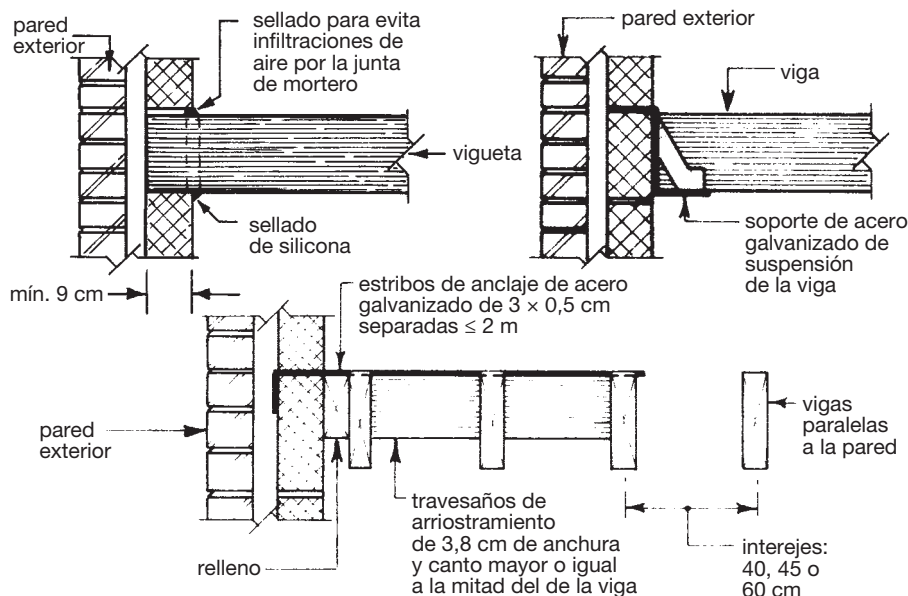
$$D = \frac{\text{luz en mm}}{24} + 50,$$

donde

D = canto de la viga en mm.

En esta fórmula empírica se ha supuesto que las vigas tienen una anchura de 50 mm y están separadas 400 mm entre ejes

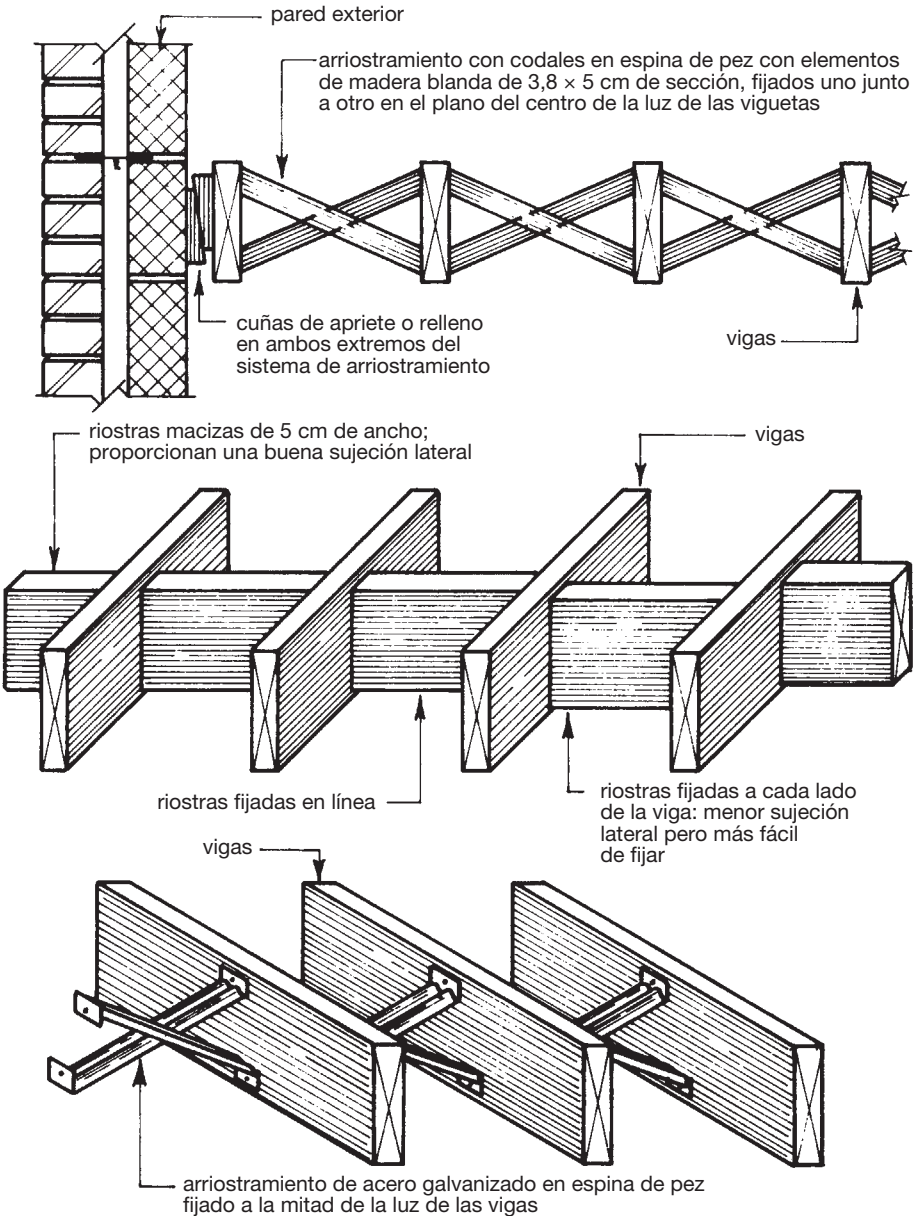
### Apoyo y sujeción lateral



\* DB-SE AE, Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación, del CTE.

**Arriostramiento:** en los forjados de madera se utiliza para restringir los movimientos debidos a alabeos y vibraciones que podrían dañar los acabados del techo. Se arriostra el forjado siempre que la luz exceda de 2,5 m; el arriostramiento se realizará perpendicularmente a las viguetas y en el punto medio de su luz.

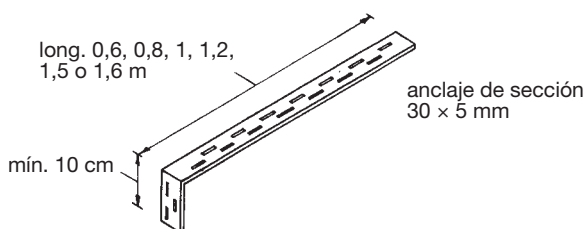
### Detalles tipo



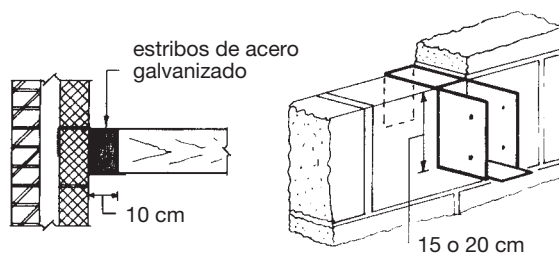
**Arriostramiento lateral:** los muros de fachada, cortafuegos, medianeros e interiores de carga deben tener sujeción horizontal de los forjados adyacentes, para coartar el movimiento lateral. De esta norma general pueden exceptuarse los muros de menos de 3 m de largo.

### Métodos:

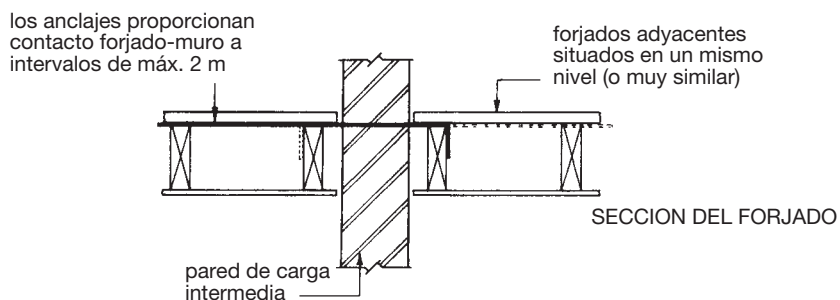
1. Extremo de apoyo de las viguetas de 9 cm, separadas 1,2 m como máximo. Véase pág. 626.
2. Estribos de anclaje de acero galvanizado cada  $\leq 2$  m, fijados perpendicularmente a las viguetas. Véase pág. 626.



3. Viguetas apoyadas sobre estribos de acero galvanizado.



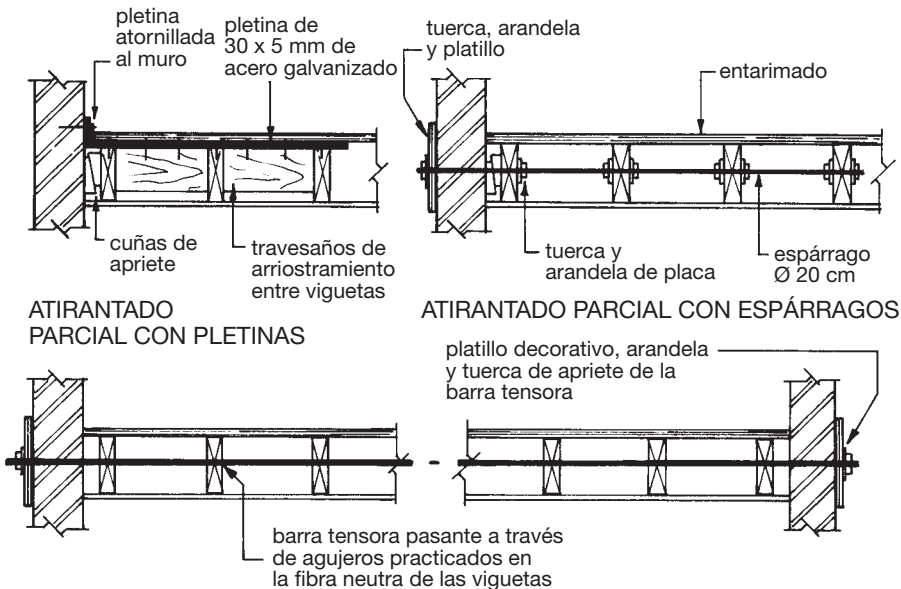
4. Sujeción lateral a otro forjado situado a su mismo nivel, contactando con el muro a intervalos  $\leq 2$  m.



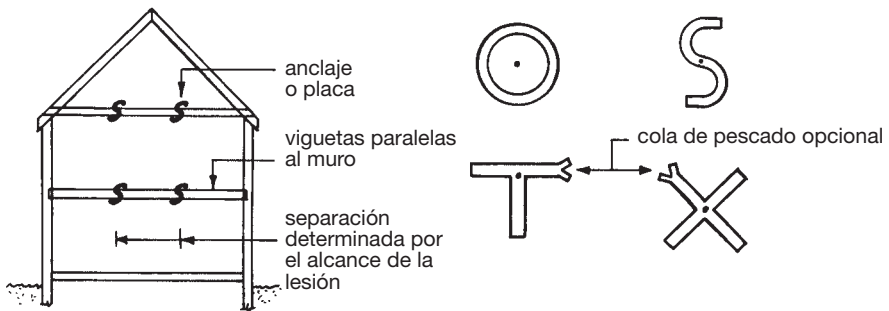
**Estabilidad del muro en la dirección perpendicular a las viguetas de piso y techo:** se logra empotrando las viguetas en los muros de albañilería o suspendiéndolas de colgaderos apropiados.

Los muros paralelos a las viguetas se estabilizan mediante anclajes de arriostramiento lateral. Muchos edificios antiguos, o construidos antes de las actuales normas de arriostramiento, a menudo muestran síntomas de abombamiento de los muros, debido a los efectos de cargas excéntricas y a muchos años de movimientos térmicos.

### Medidas correctoras



### ATIRANTADO TOTAL DEL EDIFICIO

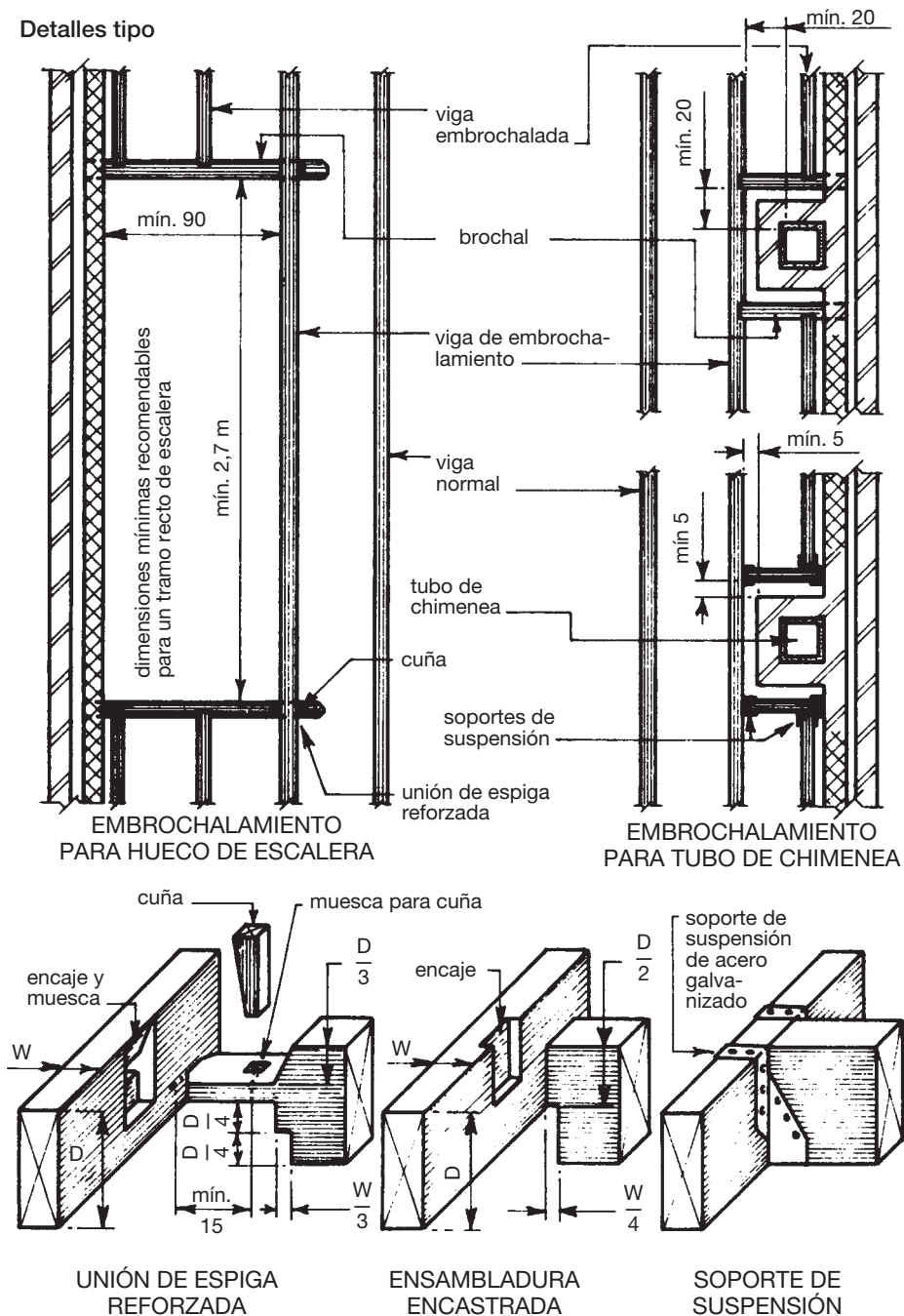


### UBICACIÓN DE PLETINAS Y TIRANTES DE ARRIOSTRAMIENTO

### PLATILLOS Y ANCLAJES DECORATIVOS DE USO COMÚN

**Brochales:** vigas de borde utilizadas para reforzar los huecos establecidos en el forjado; tienen el mismo canto que el resto, pero generalmente su anchura es 2,5 cm mayor.

**Detalles tipo**



Luces y cargas que pueden sostener las vigas de madera según sus escuadrías:

Carga estática del forjado y del pavimento,  
excluyendo el peso propio de las vigas (kg/m<sup>2</sup>)

| < 25                            |    |    | 25-50 |    |    | 50-125 |    |    |
|---------------------------------|----|----|-------|----|----|--------|----|----|
| Separación de las viguetas (cm) |    |    |       |    |    |        |    |    |
| 40                              | 45 | 60 | 40    | 45 | 60 | 40     | 45 | 60 |

Escuadría  
(mm × mm)

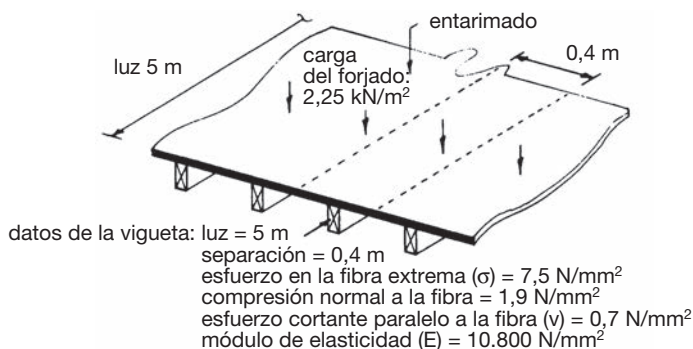
Luz libre máxima (m)

|          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 38 × 75  | 1,22 | 1,09 | 0,83 | 1,14 | 1,03 | 0,79 | 0,98 | 0,89 | 0,7  |
| 38 × 100 | 1,91 | 1,78 | 1,38 | 1,8  | 1,64 | 1,28 | 1,49 | 1,36 | 1,09 |
| 38 × 125 | 2,54 | 2,45 | 2,01 | 2,43 | 2,3  | 1,83 | 2,01 | 1,85 | 1,5  |
| 38 × 150 | 3,05 | 2,93 | 2,56 | 2,91 | 2,76 | 2,4  | 2,5  | 2,35 | 1,93 |
| 38 × 175 | 3,55 | 3,4  | 2,96 | 3,37 | 3,19 | 2,77 | 2,89 | 2,73 | 2,36 |
| 38 × 200 | 4,04 | 3,85 | 3,35 | 3,82 | 3,61 | 3,13 | 3,27 | 3,09 | 2,68 |
| 38 × 225 | 4,53 | 4,29 | 3,73 | 4,25 | 4,02 | 3,5  | 3,65 | 3,44 | 2,99 |
| 50 × 75  | 1,45 | 1,37 | 1,08 | 1,39 | 1,3  | 1,01 | 1,22 | 1,11 | 0,88 |
| 50 × 100 | 2,18 | 2,06 | 1,76 | 2,06 | 1,95 | 1,62 | 1,82 | 1,67 | 1,35 |
| 50 × 125 | 2,79 | 2,68 | 2,44 | 2,67 | 2,56 | 2,28 | 2,4  | 2,24 | 1,84 |
| 50 × 150 | 3,33 | 3,21 | 2,92 | 3,19 | 3,07 | 2,75 | 2,86 | 2,7  | 2,33 |
| 50 × 175 | 3,88 | 3,73 | 3,38 | 3,71 | 3,57 | 3,17 | 3,3  | 3,12 | 2,71 |
| 50 × 200 | 4,42 | 4,25 | 3,82 | 4,23 | 4,07 | 3,58 | 3,74 | 3,53 | 3,07 |
| 50 × 225 | 4,88 | 4,74 | 4,26 | 4,72 | 4,57 | 3,99 | 4,16 | 3,94 | 3,42 |
| 63 × 100 | 2,41 | 2,29 | 2,01 | 2,28 | 2,17 | 1,9  | 2,01 | 1,91 | 1,6  |
| 63 × 125 | 3    | 2,89 | 2,63 | 2,88 | 2,77 | 2,52 | 2,59 | 2,49 | 2,16 |
| 63 × 150 | 3,59 | 3,46 | 3,15 | 3,44 | 3,31 | 3,01 | 3,1  | 2,98 | 2,63 |
| 63 × 175 | 4,17 | 4,02 | 3,66 | 4    | 3,85 | 3,51 | 3,61 | 3,47 | 3,03 |
| 63 × 200 | 4,73 | 4,58 | 4,18 | 4,56 | 4,39 | 4    | 4,11 | 3,95 | 3,43 |
| 63 × 225 | 5,15 | 5,01 | 4,68 | 4,99 | 4,85 | 4,46 | 4,62 | 4,4  | 3,83 |
| 75 × 125 | 3,18 | 3,06 | 2,79 | 3,04 | 2,93 | 2,67 | 2,74 | 2,64 | 2,4  |
| 75 × 150 | 3,79 | 3,66 | 3,33 | 3,64 | 3,5  | 3,19 | 3,28 | 3,16 | 2,86 |
| 75 × 175 | 4,41 | 4,25 | 3,88 | 4,23 | 4,07 | 3,71 | 3,82 | 3,68 | 3,30 |
| 75 × 200 | 4,92 | 4,79 | 4,42 | 4,77 | 4,64 | 4,23 | 4,35 | 4,19 | 3,74 |
| 75 × 225 | 5,36 | 5,22 | 4,88 | 5,2  | 5,06 | 4,72 | 4,82 | 4,69 | 4,16 |

NOTAS:

1. En la zona del forjado que sostiene la bañera debe duplicarse la capacidad portante de las viguetas.
2. Sobre pesos de materiales de construcción, véanse págs. 34 y 35

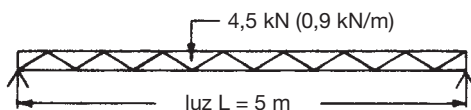
**Dimensionado de viguetas y vigas de madera:** las tablas y fórmulas de cálculo tienen sus limitaciones, de modo que cuando las cargas, las luces y/o las separaciones entre viguetas superan a las convencionales, es preciso recurrir al cálculo. A continuación se facilita un ejemplo de guía para determinar las dimensiones, el momento flector, la flecha y la resistencia al esfuerzo cortante de una viga:



Carga total (P) por vigueta =  $5 \times 0,4 \text{ m} \times 2,25 \text{ kN/m}^2 = 4,5 \text{ kN}$

o bien:  $\frac{4,5 \text{ kN}}{5 \text{ m de luz}} = 0,9 \text{ kN/m}$

Resistencia a la flexión:



Las fórmulas del momento flector se muestran en la pág. 512.

$$M = \frac{PL}{8} = \frac{\sigma bd^2}{6}$$

Donde: P = carga total = 4,5 kN (4.500 N)  
 L = luz = 5 m (5.000 mm)  
 $\sigma$  = esfuerzo en la fibra extrema de la madera = 7,5 N/mm²  
 b = anchura de la vigueta, estimado 50 mm  
 d = canto de la vigueta, desconocido

$$\text{Así pues: } M = \frac{PL}{8} = \frac{\sigma bd^2}{6}$$

se convierte en:

$$\text{canto } d = \sqrt{\frac{6PL}{8\sigma b}} = \sqrt{\frac{6 \times 4.500 \times 5.000}{8 \times 7,5 \times 50}} = 212 \text{ mm}$$

La escuadría comercial que más se aproxima a este canto es la de 5 x 22,5 cm.

**Dimensionado de viguetas y vigas de madera:** al diseñar las vigas no basta con calcular sus dimensiones, sino que es preciso comprobar la flecha, dotarlas de un apoyo adecuado y comprobar su resistencia al esfuerzo cortante.

**Flecha:** debe ser mínima para evitar posibles daños en el falso techo y en el pavimento. La flecha máxima admisible varía en función del uso del edificio. Para los casos corrientes, normalmente basta con fijarla en  $0,003 \times \text{luz}$ . Así pues, para el ejemplo anterior, la flecha máxima admisible sería:

$$0,003 \times 5.000 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$$

La fórmula del cálculo de la flecha para una viga simplemente apoyada que soporta una carga uniformemente repartida (véase pág. 514) es:

$$\frac{5PL^3}{384EI} \text{ donde } I = \frac{bd^3}{12} ; I = \frac{50 \times 225^3}{12} = 4,75 \times 10^7$$

$$\text{Por lo tanto, la flecha en el punto medio} = \frac{5 \times 4.500 \times 5.000^3}{384 \times 10.800 \times 4,75 \times 10^7} = 14,27 \text{ mm}$$

NOTA: aunque por cálculo la viga proyectada sea suficiente, pues la flecha máxima de 14,27 < 15 mm, sería prudente elegir una sección algo más ancha o de mayor canto, en previsión de posibles cambios de uso.

**Apoyo seguro:**

$$= \frac{\text{carga en el extremo de la viga: } P/2}{\text{compresión perpendicular a la fibra} \times \text{ancho}} = \frac{4.500/2}{1,9 \times 50} = 24 \text{ mm},$$

por tanto, el apoyo empotrado en la pared (mín 9 cm) o en un estribo de acero galvanizado son suficientemente seguros.

**Resistencia al esfuerzo cortante:**

Nos viene dada por la fórmula

$$V = \frac{2bdv}{3},$$

donde:  $V$  = carga vertical en el extremo de la viga =  $P/2$

$v$  = resistencia al esfuerzo cortante paralelo a la fibra =  $0,71 \text{ N/mm}^2$

Despejando:

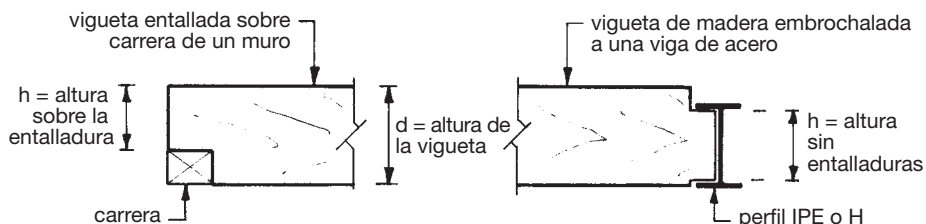
$$bd = \frac{3V}{2v} = \frac{3 \times 2.250}{2 \times 0,71} = 4.753 \text{ mm}^2 \text{ de sección mínima}$$

Nuestra sección es  $bd = 50 \times 225 \text{ mm} = 11.250 \text{ mm}^2$

Por tanto, la escuadría escogida de  $5 \times 22,5 \text{ cm}$  satisface holgadamente el requisito de resistencia al esfuerzo cortante máximo que se produce en los apoyos.



### Situaciones tipo



Es necesario asegurar que arriba y/o debajo de una entalladura haya madera suficiente para resistir el esfuerzo cortante horizontal o el paralelo a la fibra. Para comprobar si una vigüeta o viga tiene una adecuada resistencia al esfuerzo cortante:

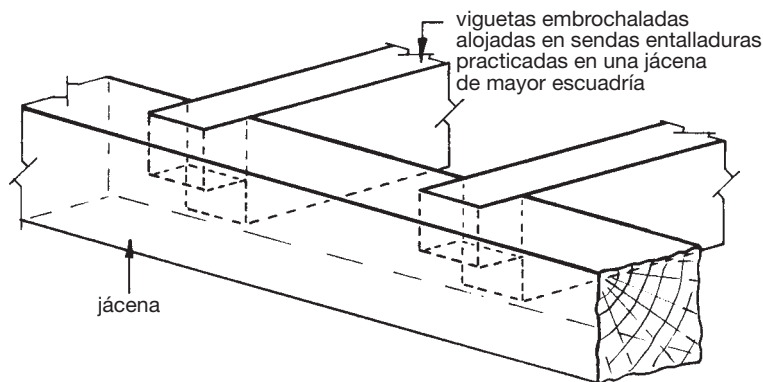
$$v = (V3d)/(2bh^2)$$

Utilizando los datos de las dos páginas anteriores para diseñar una vigüeta de madera con una escuadría  $5 \times 22,5$  cm, en este caso con una entalladura de 5 cm, dejando una altura libre de 17,5 cm:

$$v = (2.250 \times 3 \times 225)/(2 \times 50 \times 175 \times 175) = 0,496 \text{ N/mm}^2$$

Si suponemos, como en la página anterior, que la resistencia al esfuerzo cortante paralelo a la fibra es de  $0,71 \text{ N/mm}^2$ , entonces la resistencia al esfuerzo cortante obtenida por cálculo es suficiente.

### Jácena



Es una viga de mayor escuadría que soporta la carga de vigüetas de sección inferior, directamente o alojadas en entalladuras como las que se muestran en la figura. Es una solución constructiva anticuada que se empleaba para sostener una pared de obra o las vigüetas de un forjado en aberturas grandes. Su uso está asociado con la apertura o ampliación de huecos, tales como escaparates, en obras de reforma. Hoy día se suele recurrir al acero o el hormigón armado.

A efectos de protección contra incendios, los forjados se clasifican según su altura relativa respecto al nivel del terreno:

| Altura de la planta superior sobre el terreno | Resistencia al fuego (portante)                    |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Menos de 5 m                                  | 30 min (60 min para forjados de compartimentación) |
| Más de 5 m                                    | 60 min (30 min para una vivienda triplex)          |

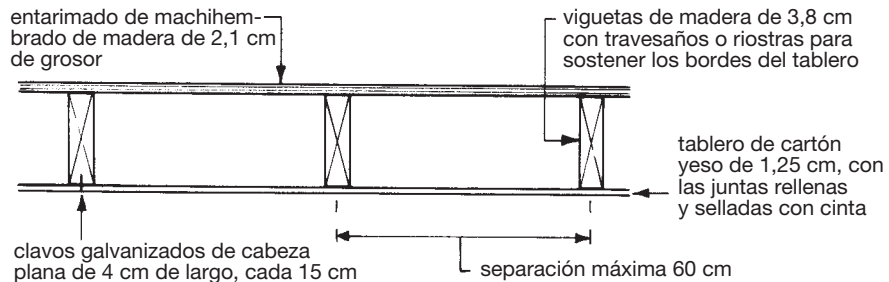
Las normativas contra incendios de los diversos países recogen ensayos de resistencia al fuego con relación a la capacidad portante, la integridad y el aislamiento, así como métodos para determinar la resistencia al fuego de elementos constructivos portantes.

**Integridad:** capacidad de un elemento constructivo para resistir la penetración del fuego y la capacidad para soportar cargas en un incendio.

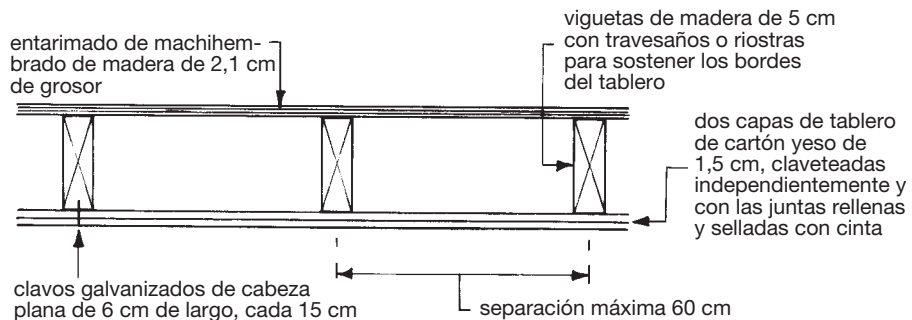
**Aislamiento:** capacidad de un elemento constructivo para resistir la penetración del calor de manera que el fuego no se extienda por radiación y conducción.

## Casos tipo

### RESISTENCIA AL FUEGO 30 min

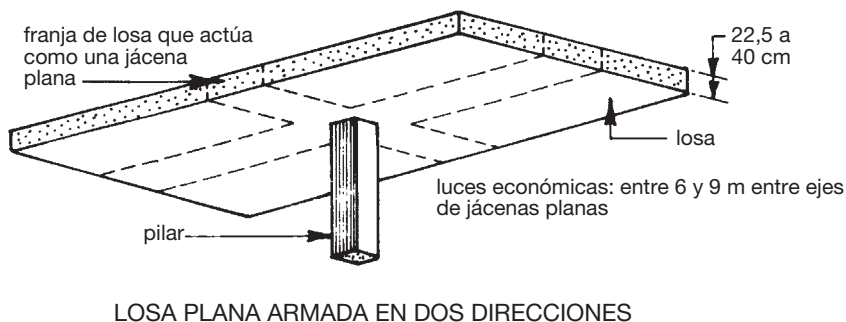
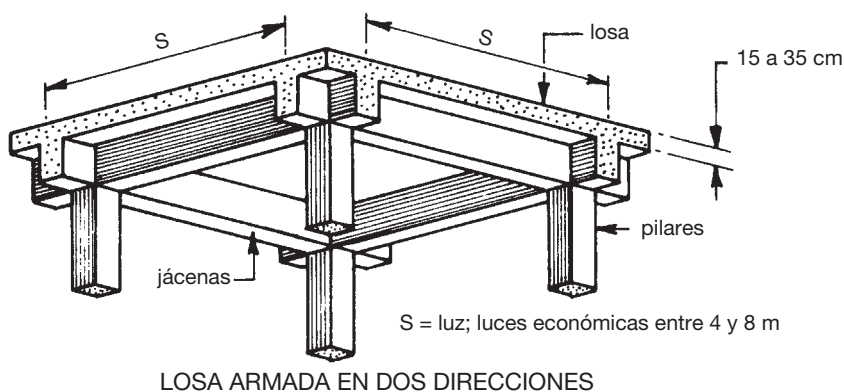
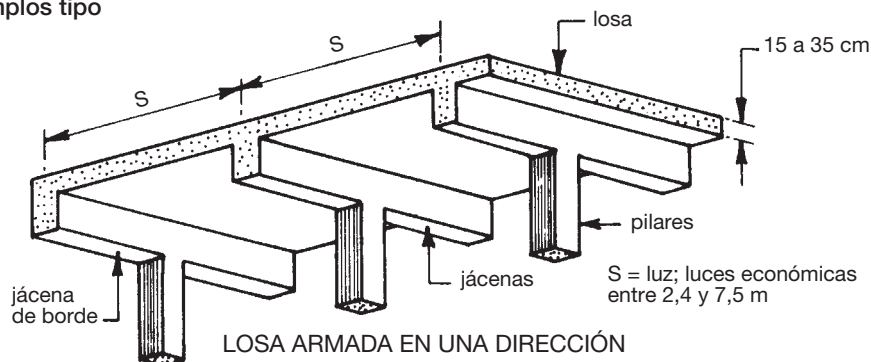


### RESISTENCIA AL FUEGO 60 min



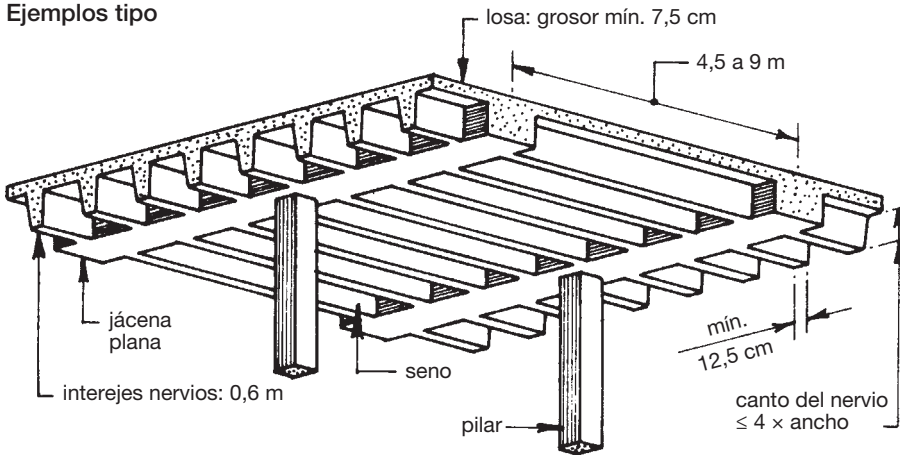
**Forjados de hormigón armado in situ:** generalmente los forjados a base de losa de hormigón armado in situ resultan poco económicos para luces superiores a 5 m. Para superar este problema, el diseño puede incorporar jácenas de canto en una o dos direcciones. Generalmente, tales jácenas se apoyan sobre pilares que transmiten sus cargas a los cimientos. La desventaja de este sistema con jácenas es el notable aumento del canto global del forjado y la mayor complejidad del encofrado y las armaduras. Para reducir el canto global del conjunto, pueden usarse jácenas planas, cuyo canto se va incorporado al de la losa. Por lo general, este método comporta un mayor canto de losa y un armado complejo, en especial en las cabezas de los pilares.

### Ejemplos tipo

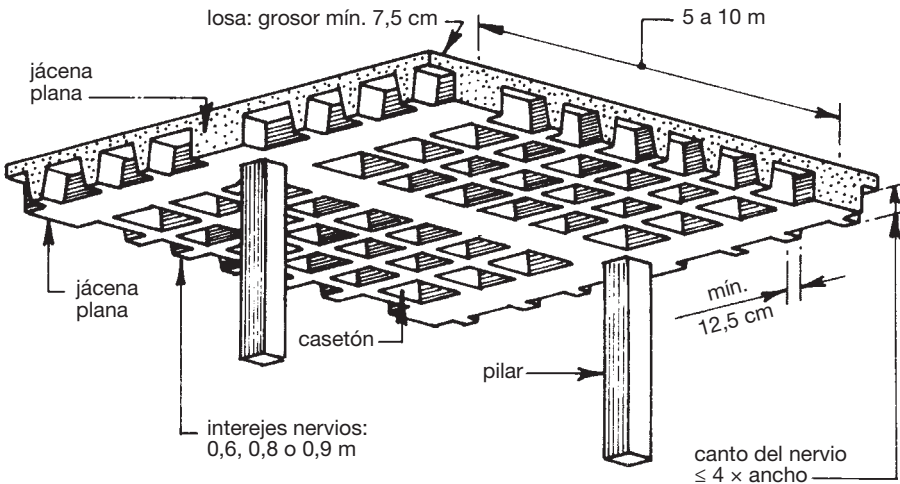


**Forjados nervados:** para reducir el canto total de los forjados formados por losa plana y jácenas de canto puede usarse un forjado nervado. El concepto básico es reemplazar las jácenas de canto, muy separadas, por vigas o nervios bastante apretados y de menor canto, cada uno de los cuales solamente soportará una pequeña porción de carga. Este tipo de forjados puede ser monodireccional o bidireccional. Los primeros reciben comúnmente el nombre de forjados nervados, mientras que los segundos se suelen llamar forjados reticulares. Los forjados nervados suelen moldearse utilizando un encofrado recuperable compuesto de casetones prefabricados metálicos, fibra de vidrio o polipropileno que se colocan temporalmente sobre un tablero de madera o contrachapado, sostenido mediante un conjunto de travesaños, riostras y puntales. Véase pág. 468.

### Ejemplos tipo



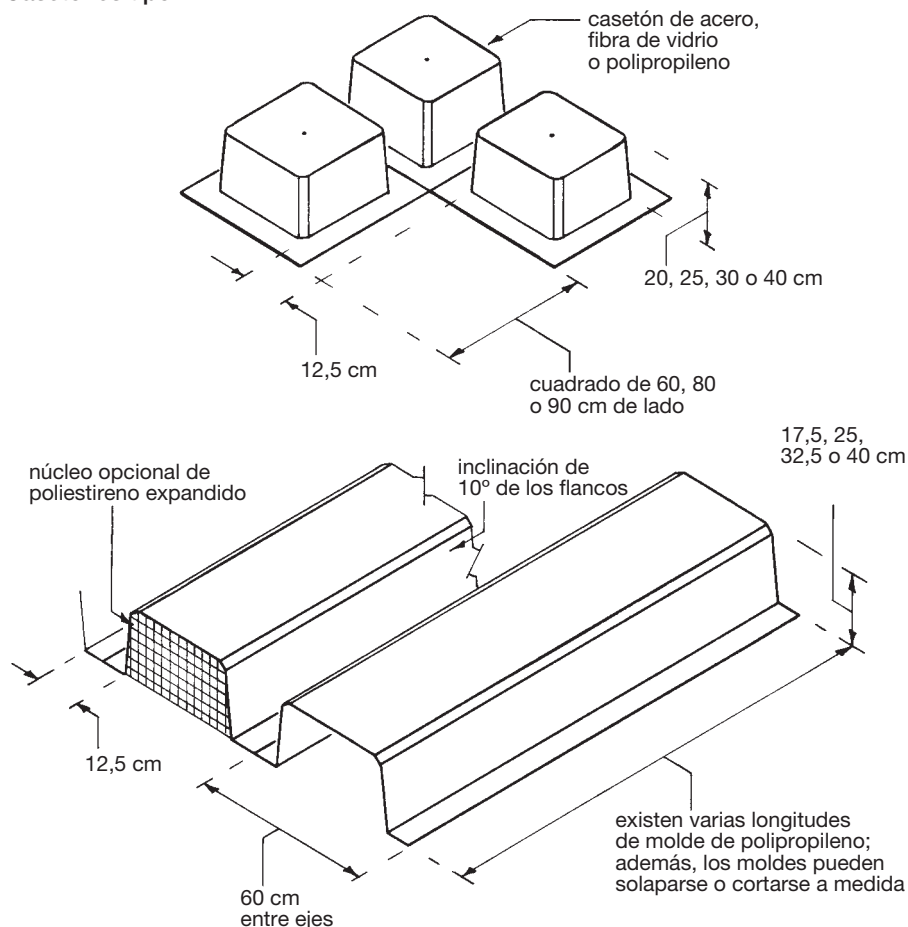
FORJADO NERVADO MONODIRECCIONAL



FORJADO NERVADO BIDIRECCIONAL O FORJADO RETICULAR

**Forjados nervados:** estos forjados permiten salvar mayores luces y son capaces de soportar mayores cargas por unidad de peso que las losas planas. Ello supone una reducción considerable del peso propio, lo que se traduce en la disminución de los costes de otros elementos de la estructura y la cimentación. La distribución regular de huecos creada por los casetones produce un efecto de panal que permite dejarlos a la vista en algunos proyectos de carácter utilitario, como garajes. En otros edificios, como centros comerciales, suele ser preferible colocar un falso techo. El acabado de “cubeta” tiene la ventaja de crear un hueco continuo muy útil para pasar los cables y tuberías de los servicios. Si se trata de pasar los conductos de aire acondicionado, sería aconsejable disponer un falso techo.

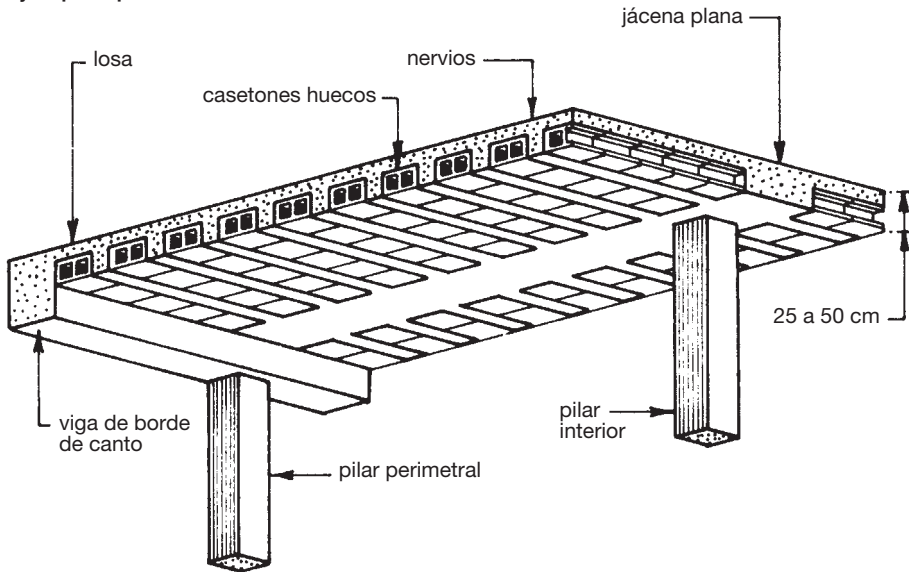
### Casetones tipo



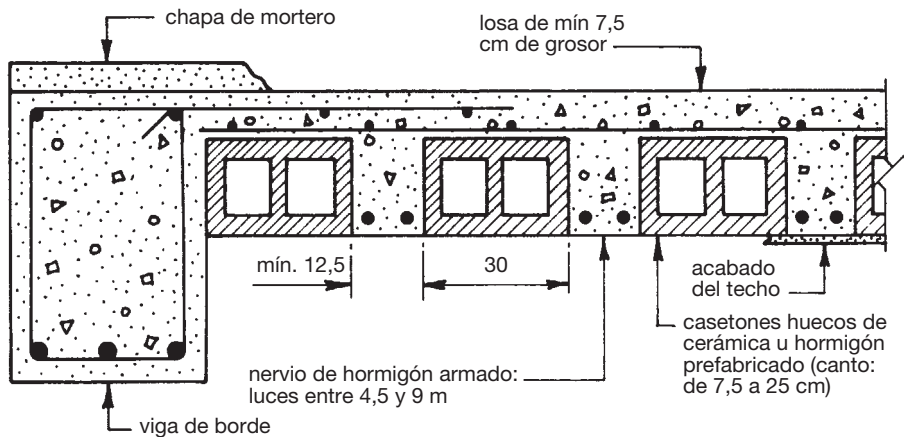
NOTA: después de retirar la estructura provisional se procede a limpiar los casetones con una herramienta plana o con aire comprimido.

**Forjados nervados con casetones huecos:** en esencia, son forjados nervados en los que los casetones no se recuperan, sino que permanecen en obra como encofrados perdidos. La principal ventaja de estos forjados es que presentan una cara inferior totalmente plana, muy adecuada para la aplicación directa del enyesado o enfosecado. Los huecos de los casetones pueden emplearse para alojar servicios de pequeño diámetro. Como antes, estos forjados pueden ser uni o bidireccionales, siendo el primero de ellos el formato más corriente.

#### Ejemplo tipo



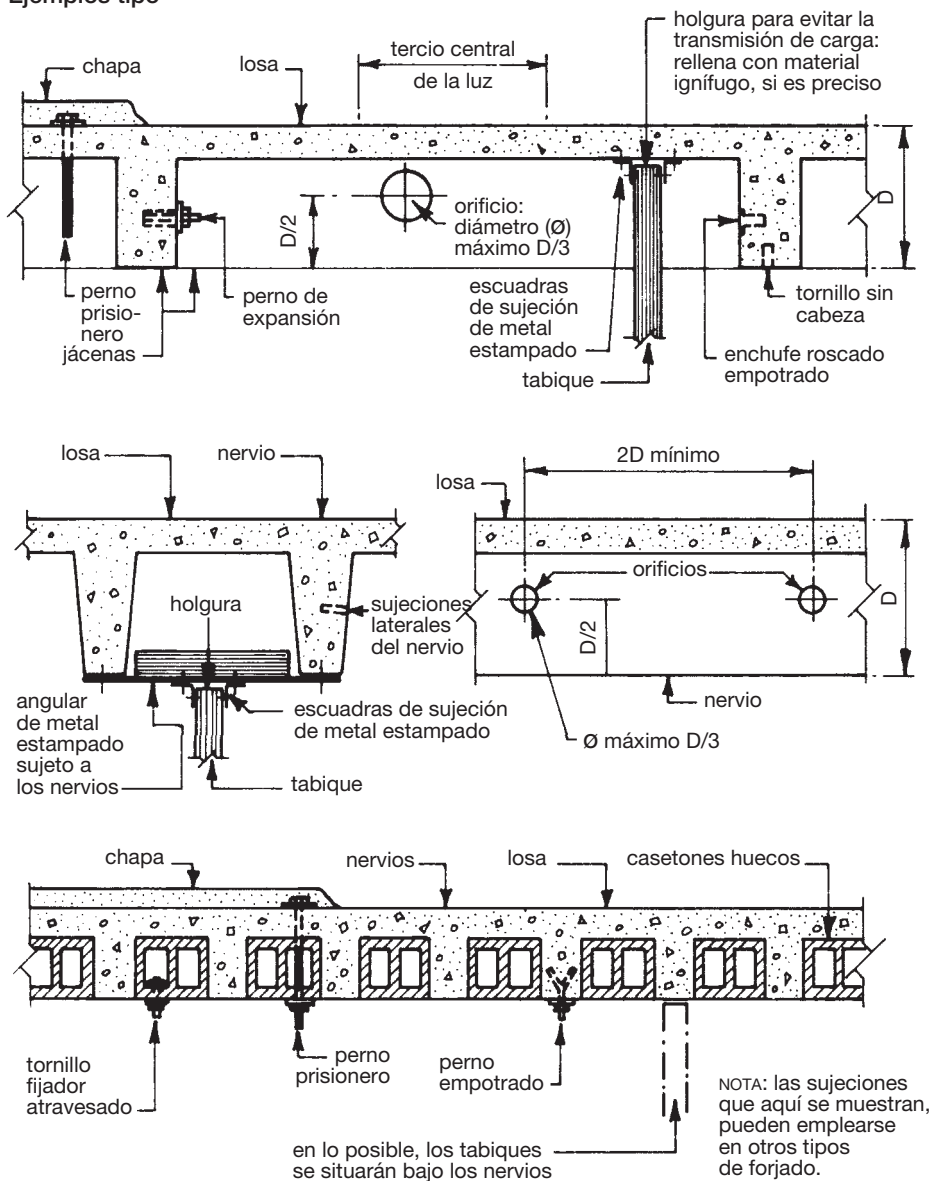
#### FORJADO NERVADO UNIDIRECCIONAL CON CASETONES HUECOS



#### SECCIÓN CARACTERÍSTICA

**Sujeciones del falso techo y de los conductos de instalaciones:** en ocasiones, es necesario disponer conductos de instalaciones por los huecos comprendidos entre los nervios y la losa, o colgar un falso techo. Si los conductos discurren perpendicularmente a los nervios, convendrá dejar pasatubos en el hormigón antes del moldeado. Existen muchos tipos de fijación, algunos de ellos diseñados para ir empotrados en el hormigón, mientras que otros se fijan al hormigón ya curado. Cualquiera que sea el tipo de fijación, su instalación se realizará sin perjudicar la integridad estructural del forjado.

## Ejemplos tipo



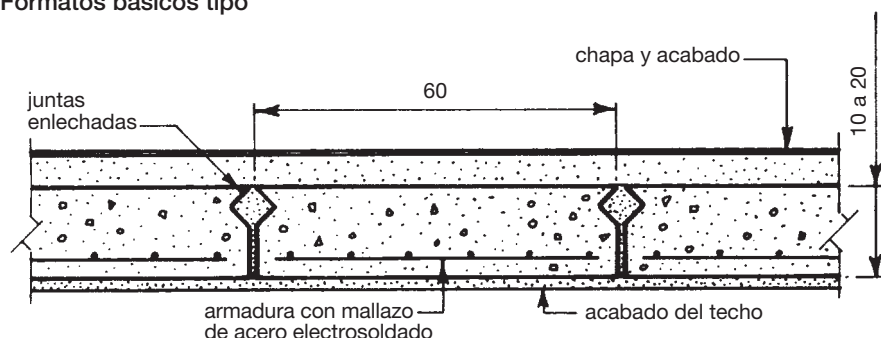
**Forjados prefabricados de hormigón :** existen diversos formatos básicos y suponen una opción alternativa a los forjados de madera y a los de hormigón moldeado in situ. Las principales ventajas de los forjados de hormigón prefabricado son:

1. Eliminación de los encofrados, aunque ciertos sistemas exijan algún grado de apuntalamiento.
2. Eliminación del tiempo de curado del hormigón, por lo que el forjado queda disponible como plataforma de trabajo antes que en otros sistemas.
3. Como los componentes son prefabricados, el control de calidad es superior al de otros sistemas.

Las principales desventajas de los forjados de hormigón prefabricado comparados con los de hormigón armado moldeados in situ son:

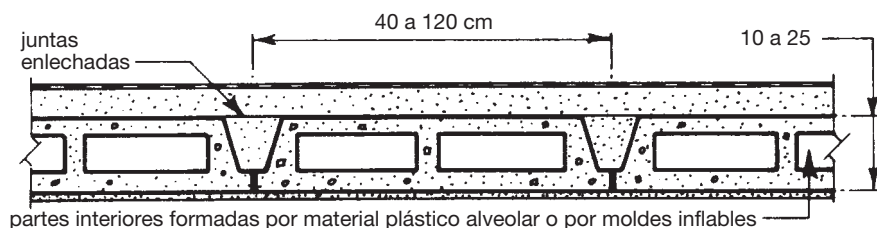
1. Menor flexibilidad en cuanto a diseño.
2. La formación de grandes aberturas en el forjado para paso de conductos, chimeneas y huecos de escalera, exige comúnmente la ejecución de zunchos de hormigón moldeado in situ en torno a los huecos.
3. Exigen una mayor precisión en los replanteos para poder acomodar los elementos prefabricados sin tener que hacer alteraciones o retoques.

### Formatos básicos tipo



para sobrecargas de uso de  $1,5 \text{ kN/m}^2$  las luces no deben ser superiores a 4,4 m.

**LOSA MACIZA DE HORMIGÓN AIREADO:** se aplica principalmente para forjados de cubierta

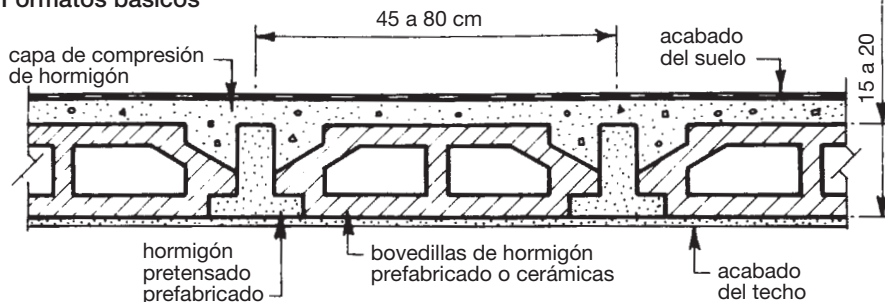


**PLACAS HUECAS:** luces de hasta 10 m

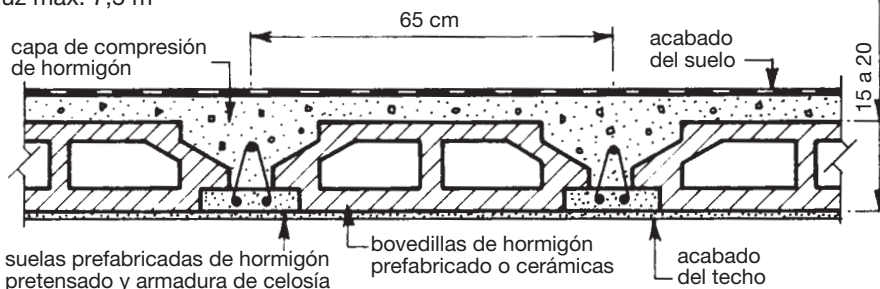


## Forjados prefabricados de hormigón

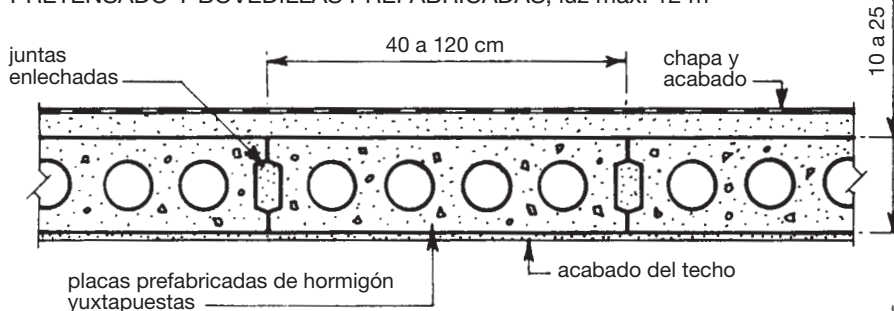
### Formatos básicos



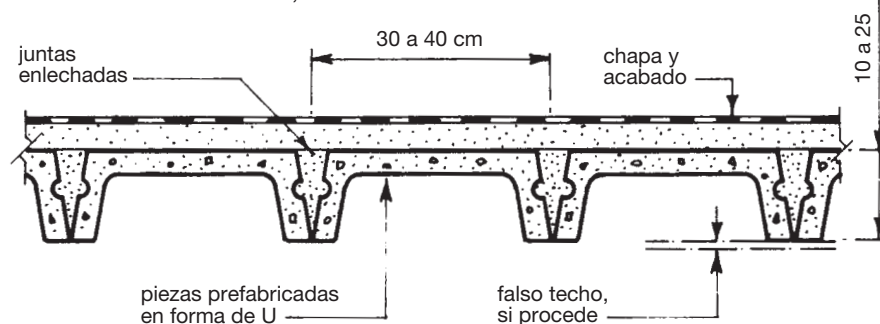
### FORJADO DE VIGAS PRETENSADAS PREFABRICADAS Y BOVEDILLAS; luz máx. 7,5 m



### FORJADO DE VIGUETAS SEMIRRESISTENTES CON SUELA DE HORMIGÓN PRETENSADO Y BOVEDILLAS PREFABRICADAS; luz máx. 12 m

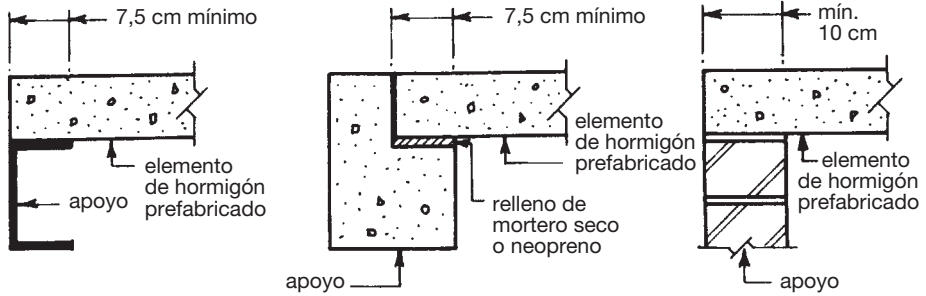


### PLACAS PREFABRICADAS; luz máx. 10 m



### PIEZAS PREFABRICADAS EN FORMA DE U; luz máx. 6,75 m

### Consideraciones sobre los apoyos



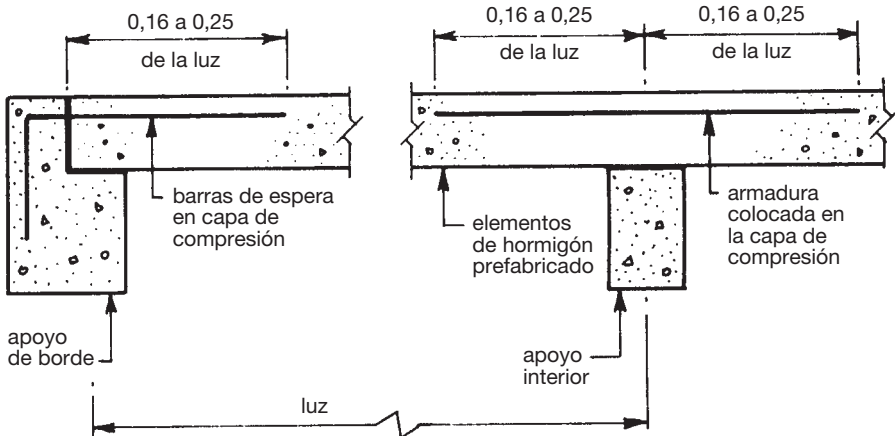
APOYO DE ACERO

APOYO DE HORMIGÓN

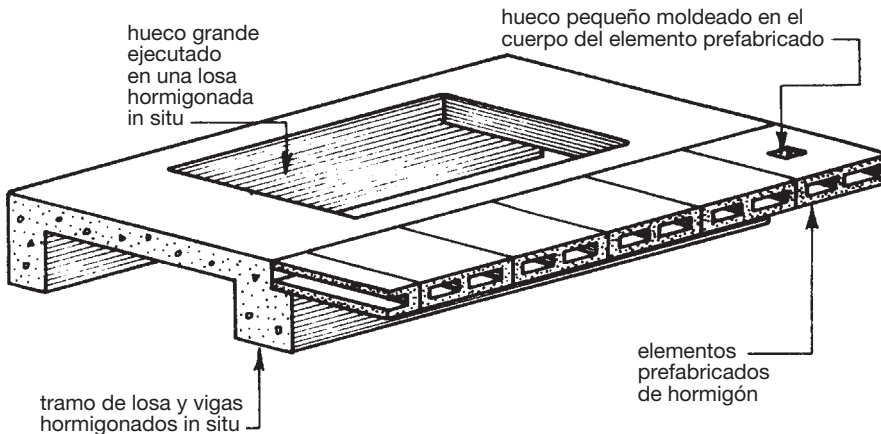
APOYO DE FÁBRICA

NOTA: las fisuras o desperfectos en los extremos de las vigas y/o borde de los apoyos reducen la longitud efectiva de apoyo.

### Consideraciones sobre la sujeción lateral y la continuidad estructural



### Consideraciones sobre los huecos en el forjado

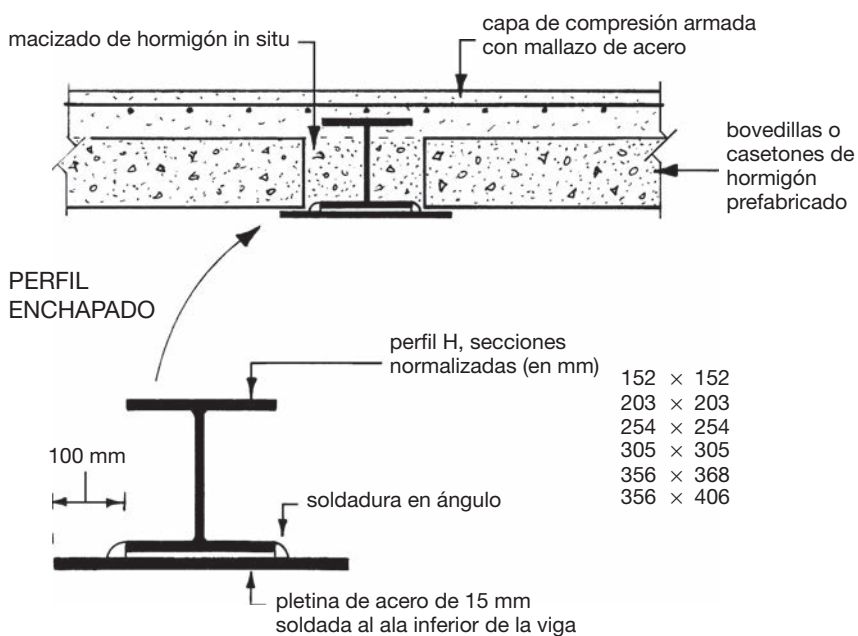


## Forjados mixtos de hormigón prefabricado con vigas de acero laminado

Las vigas de acero laminado pueden emplearse como un medio de apoyo integral para los forjados de hormigón prefabricado, y constituyen una alternativa que ahorra espacio, comparado con las vigas colgadas (de canto) de hormigón armado o los muros de obra. Solo quedará visible el ala inferior de la viga metálica.

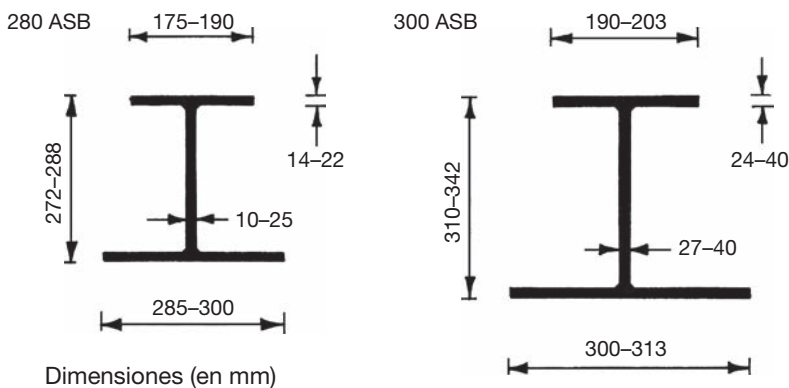
Para mejorar la resistencia, se puede soldar al ala inferior de la viga una pletina de acero suplementaria, produciendo un perfil compuesto o enchapado.

### FORJADO MIXTO

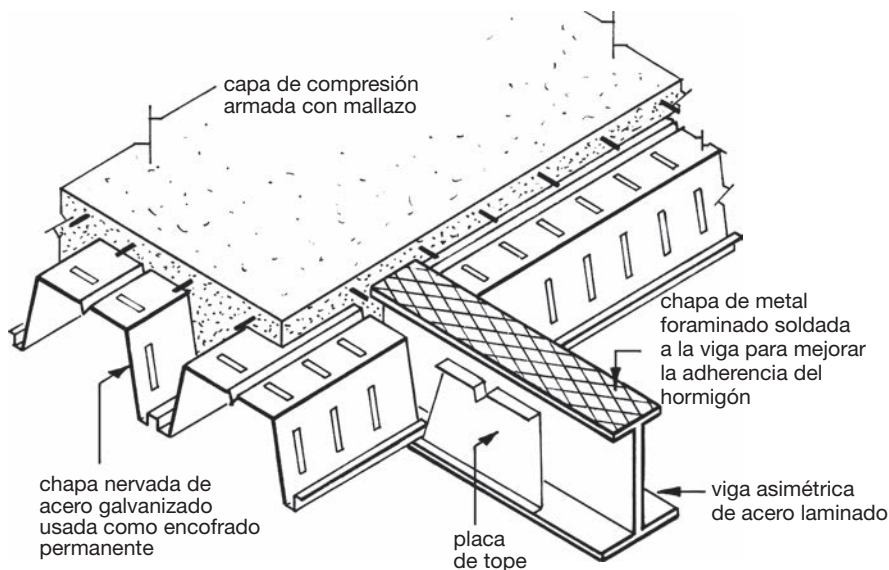


Es una solución constructiva de aplicaciones similares a la tratada en la página anterior. Esta alternativa hecha a medida se suele usar en combinación con forjados ligeros de chapa metálica nervada (chapa colaborante), del tipo que se muestra en la pág. 469.

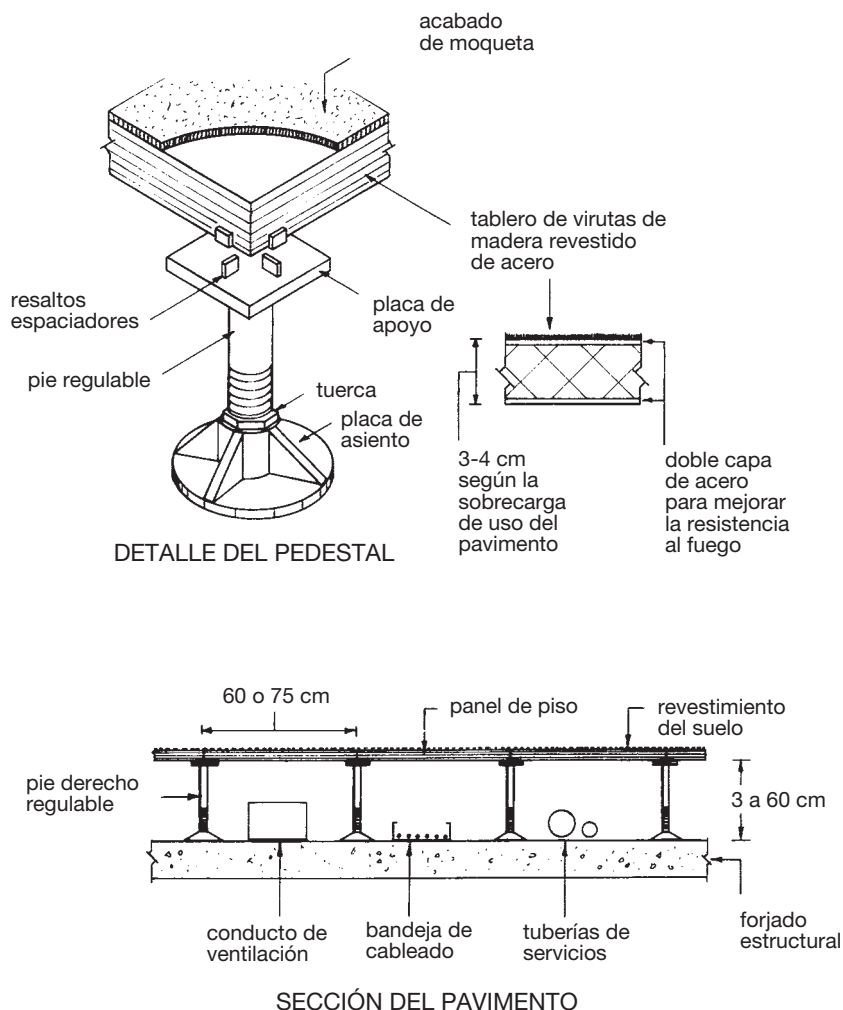
**Medidas de la gama de perfiles asimétricos normalizados**



**Ejemplo**



**Pavimentos elevados:** también llamados suelos técnicos, fueron desarrollados en respuesta al auge de la arquitectura *high-tech* en la década de 1970. Han demostrado su eficacia y flexibilidad en la instalación del cableado de los ordenadores y periféricos, así como de otros muchos servicios relacionados con la electrónica y la comunicación. El sistema es una combinación de pies o pedestales regulables que sostienen una variedad de materiales de pavimentación. Entre la base y la superficie inferior del pavimento se crea un espacio técnico, llamado plenum, para el alojamiento de cualquier infraestructura técnica. La altura del pedestal varía de 3 a 60 cm, aunque se pueden obtener alturas mayores a expensas de la altura libre de la estancia. El pavimento suele consistir en baldosas cuadradas independientes de unos 60 cm de lado, aunque también puede ser de tablero contrachapado o de virutas de madera ligadas con resina, atornillado directamente a pedestales más juntos, o incluso a un conjunto reticular de travesaños de acero galvanizado con sección en forma de omega, sujetos a los soportes en cada intersección. Cada pedestal está compuesto de una columna o varilla roscada y un conjunto de base y cabeza de acero o aluminio fundido.



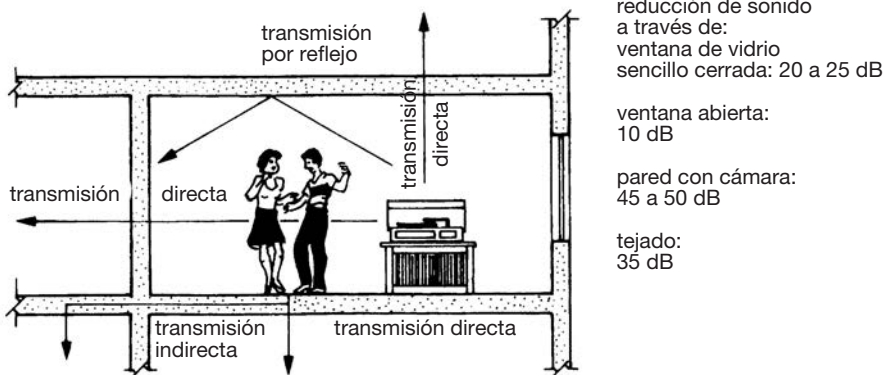
**Aislamiento acústico:** el sonido puede definirse simplificado como unas vibraciones del aire que registra el oído humano. Todos los sonidos son producidos por un objeto vibrante que hace que las minúsculas partículas de aire a su alrededor vibren al unísono. Estas partículas de aire desplazadas chocan con otras adyacentes a ellas, haciéndolas vibrar al unísono con el objeto vibrante. Esta reacción en cadena continua crea una onda de sonido que se desplaza a través del aire hasta que, a una cierta distancia, el movimiento de partículas de aire es tan pequeño que se hace inaudible al oído humano.

Los sonidos pueden ser de impacto o aéreos, dependiendo de la fuente que los haya producido. Los sonidos de impacto se crean cuando la masa de una estructura entra en vibración por contacto directo, mientras que los aéreos solo hacen entrar en vibración a la masa de la estructura cuando esta es alcanzada por la onda emitida. Entonces, las vibraciones inducidas por la onda sonora al golpear en la masa de la estructura ponen en movimiento el aire de las habitaciones adyacentes; es decir, transmiten el ruido, causando las naturales molestias, impidiendo dormir o mantener una conversación normal. Por tanto, el objetivo del aislamiento acústico es reducir este sonido transmitido hasta un nivel aceptable.

En España, estas cuestiones están reguladas por el “Código técnico de la edificación” (CTE), “Documento básico. Protección contra el ruido” (DB-HR), donde se define como objetivo básico limitar el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de un edificio, su construcción, uso y mantenimiento.

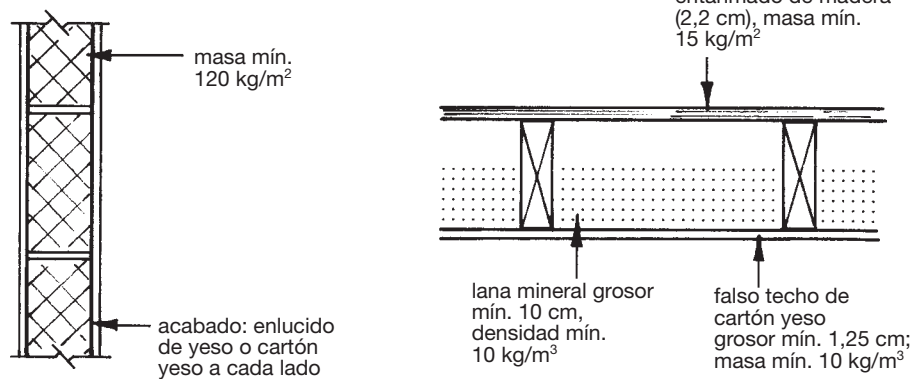
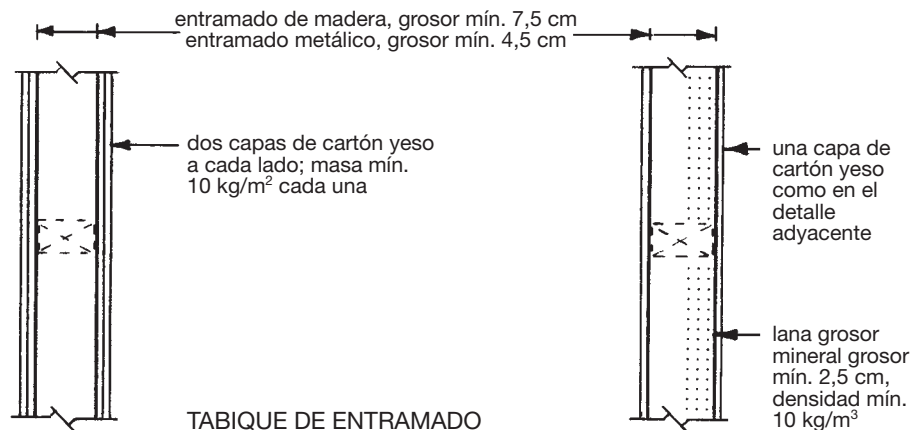
Para cumplir dicho objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de modo que los elementos constructivos que conforman los recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo y de impacto, y de las vibraciones de las instalaciones propias del edificio y para limitar el ruido reverberante en los recintos. El DB-HR especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido.

#### Fuentes típicas de transmisión del sonido



La norma británica establece condiciones de aislamiento contra el ruido aéreo para las paredes interiores y forjados que separan dormitorios de baños y otras habitaciones. El aislamiento contra el ruido de impacto puede ser mejorado mediante la interposición de una alfombra.

#### Detalles tipo



TABIQUE DE BLOQUE DE HORMIGÓN

FORJADO TRADICIONAL DE MADERA

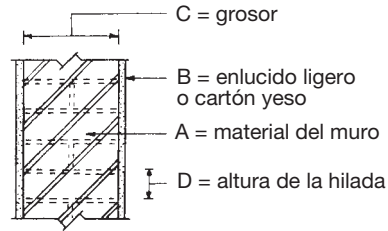
#### FORJADOS DE HORMIGÓN (véase pág. 644)

Forjado de placas prefabricadas: masa mín.  $180 \text{ kg/m}^2$  con cualquier pavimento (cara superior) y cualquier revestimiento de techo (cara inferior).

Forjado de viguetas pretensadas y bovedillas de hormigón vibrado: masa mín.  $220 \text{ kg/m}^2$ , chapa de mortero de 4 cm (cara superior) y falso techo de cartón yeso de 1,25 cm sujeto a listones de madera.

### Muros de separación. Tipos

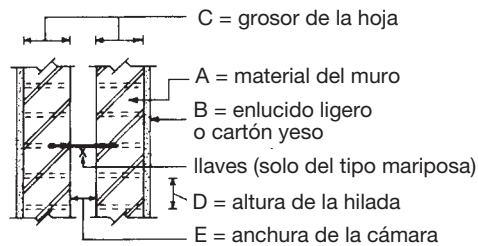
1. Albañilería maciza.
2. Albañilería con cámara.
3. Albañilería entre paneles aislantes.
4. Entramado de madera.



**Tipo 1:** confía el aislamiento únicamente a la masa.

| Material A         | Densidad de A (kg/m <sup>3</sup> ) | Acabado B             | Masa combinada A + B (kg/m <sup>2</sup> ) | Grosor C (mm) | Altura D (mm) |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|---------------|---------------|
| ladrillo perforado | 1.610                              | 13 mm enlucido ligero | 375                                       | 215           | 75            |
| "                  | "                                  | 12,5 mm cartón yeso   | "                                         | "             | "             |
| bloque de hormigón | 1.840                              | 13 mm enlucido ligero | 415                                       | "             | 110           |
| "                  | 1.840                              | 12,5 mm cartón yeso   | "                                         | "             | 150           |
| hormigón in situ   | 2.200                              | opcional              | 415                                       | 190           | n/a           |

**Tipo 2:** confía el aislamiento a la masa y al material aislante.

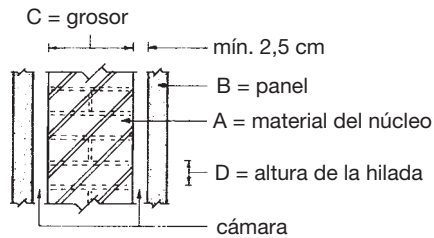


| Material A                | Densidad de A (kg/m <sup>3</sup> ) | Acabado B                  | Masa combinada A + B (kg/m <sup>2</sup> ) | Grosor C (mm) | Altura D (mm) | Anchura cámara E (mm) |
|---------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------|
| ladrillo macizo           | 1.970                              | 13 mm enlucido ligero      | 415                                       | 102           | 75            | 50                    |
| bloque de hormigón        | 1.990                              | "                          | "                                         | 100           | 225           | "                     |
| bloque de hormigón ligero | 1.375                              | " o 12,5 mm de cartón yeso | 300                                       | 100           | 225           | 75                    |



**Tipo 3:** confía el aislamiento a:

- (a) tipo de material y masa del núcleo,
- (b) aislamiento, y
- (c) masa de paneles independientes.

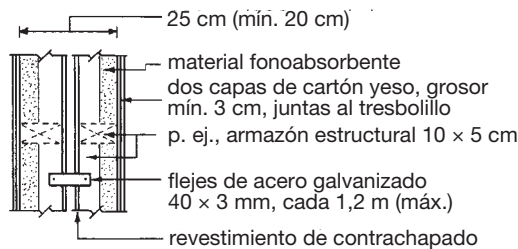


| Material del núcleo A                | Densidad de A (kg/m³) | Masa A (kg/m²) | Grosor C (mm) | Altura D (mm) | Anchura cámara (mm) |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------|---------------|---------------|---------------------|
| ladrillo hueco                       | 1.290                 | 300            | 215           | 75            | n/a                 |
| bloque de hormigón                   | 2.200                 | 300            | 140           | 110           | n/a                 |
| bloque de hormigón ligero            | 1.400                 | 150            | 200           | 225           | n/a                 |
| muro de ladrillo o bloque con cámara | cualquiera            | cualquiera     | 2 × 100       | el apropiado  | 50                  |

**Materiales del panel B**

- (i) Cartón yeso con un núcleo celular, más el enlucido de acabado, masa 18 kg/m². Todas las juntas selladas. Fijados solo al suelo y techo.
- (ii) Dos hojas de cartón yeso de 1,25 cm cada una, con juntas al tresbolillo. Marco de apoyo o grosor total 3 cm.

**Tipo 4:** confía el aislamiento a la masa, la independización del entramado estructural y la absorción del sonido.



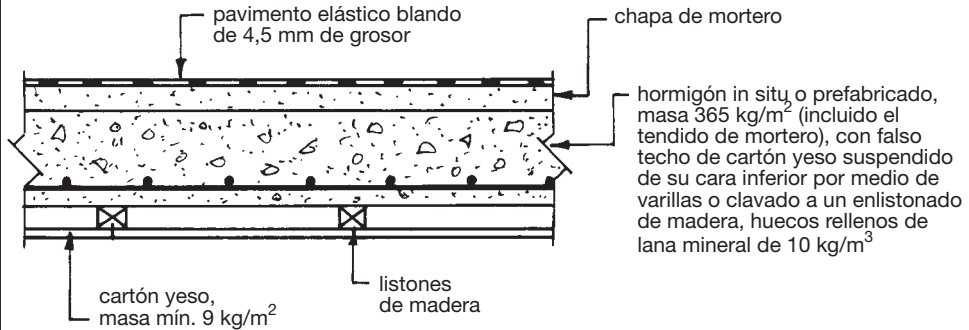
**Material absorbente:** forrado de placas de fibra mineral sin revestir con una densidad mínima de 10 kg/m³, ubicado en la cámara o en el entramado.

| Grosor (mm) | Ubicación                                              |
|-------------|--------------------------------------------------------|
| 25          | Suelto en el interior de la cámara                     |
| 50          | Fijado en el interior de uno de los marcos del armazón |
| 2 × 25      | Cada manta aislante dentro del marco correspondiente   |

### Suelos aislados. Tipos

1. Base de hormigón con pavimentado blando.
2. Base de hormigón con revestimiento flotante.
3. Base de madera con revestimiento flotante.

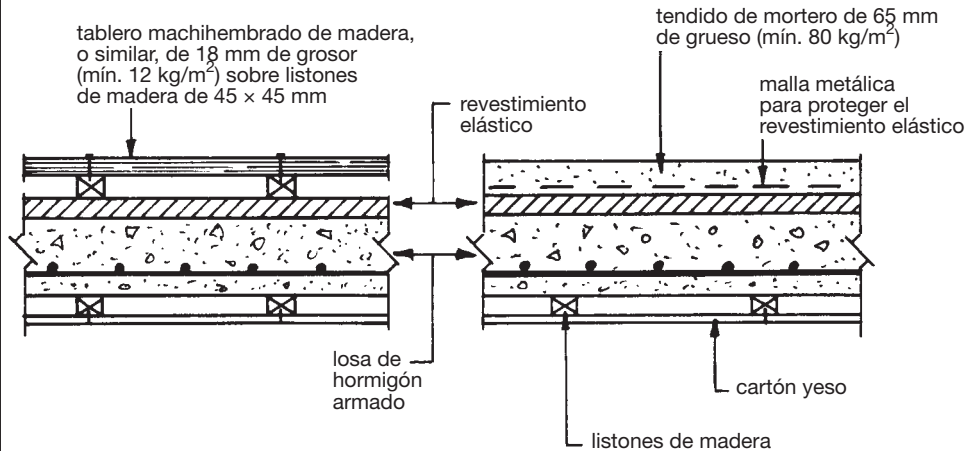
**Tipo 1:** el aislamiento respecto al ruido aéreo depende de la masa del hormigón y el techo. El aislamiento respecto al ruido de impacto depende de la dureza del revestimiento.



**Tipo 2:** el aislamiento respecto al ruido aéreo depende principalmente de la masa del hormigón y, parcialmente, de la masa del pavimento flotante y el falso techo. El aislamiento respecto al ruido de impacto depende del revestimiento elástico, que independiza el pavimento flotante de la base, y también del aislamiento del falso techo.

Bases: Como tipo 1, pero masa total mínima de  $300 \text{ kg/m}^2$ .

### Pavimentos flotantes

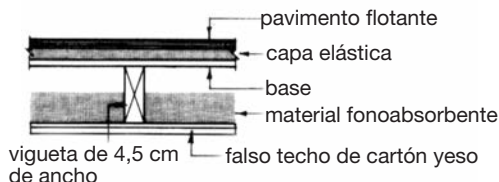


### Revestimientos elásticos

- (a) Fibra mineral revestida de papel, 2,5 cm de grosor, densidad  $36 \text{ kg/m}^3$ .  
Piso de madera: cara inferior del revestimiento revestida de papel.  
Chapa de mortero: cara superior del revestimiento protegida con papel, para evitar el contacto del mortero con el revestimiento.
- (b) Suelo de chapa de mortero solo: plancha precomprimida de poliestireno expandido de 1,3 cm de grosor, o 0,5 cm de espuma de polietileno extruido, de densidad  $30\text{-}45 \text{ kg/m}^3$ , extendida sobre una capa de mortero de nivelación, como medida de protección.

Tipo 3: el aislamiento respecto al ruido aéreo depende de la construcción del suelo, el poder absorbente de los materiales, la cantidad de relleno y, en parte, el pavimento flotante. El aislamiento respecto al ruido de impacto depende principalmente de la capa elástica que independiza el pavimento flotante de la estructura.

### Suelo de entarimado



NOTA: masa mínima por unidad de superficie = 25 kg/m<sup>2</sup>.

**Pavimento flotante:** entarimado de madera machihembrada o similar, de 1,8 cm de grosor, ligado a una base de cartón yeso de 1,9 cm clavada a las viguetas o listones. Alternativamente, dos capas de tablero de virutas de madera ligadas con cemento, grosor total 2,4 cm, colocadas a rompejuntas, encoladas y atornilladas juntas.

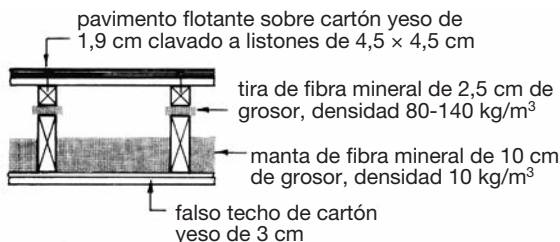
**Capa elástica:** fibra mineral de 2,5 cm de grosor, densidad 60-100 kg/m<sup>3</sup>.

**Base:** entarimado de madera o similar de 1,2 cm clavado a las viguetas.

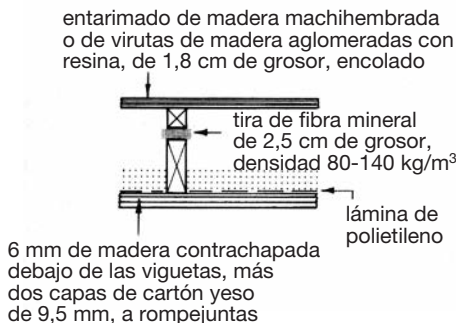
**Material fonoabsorbente:** manta de fibra mineral de 10 cm de grosor, densidad mínima 10 kg/m<sup>3</sup>.

**Falso techo:** dos capas de cartón yeso, grosor total 3 cm, a rompejuntas.

### Forjado nervado

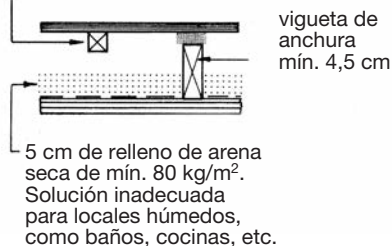


### Forjado nervado con relleno de arena seca



listones de mín.  
4,5 x 4,5 cm

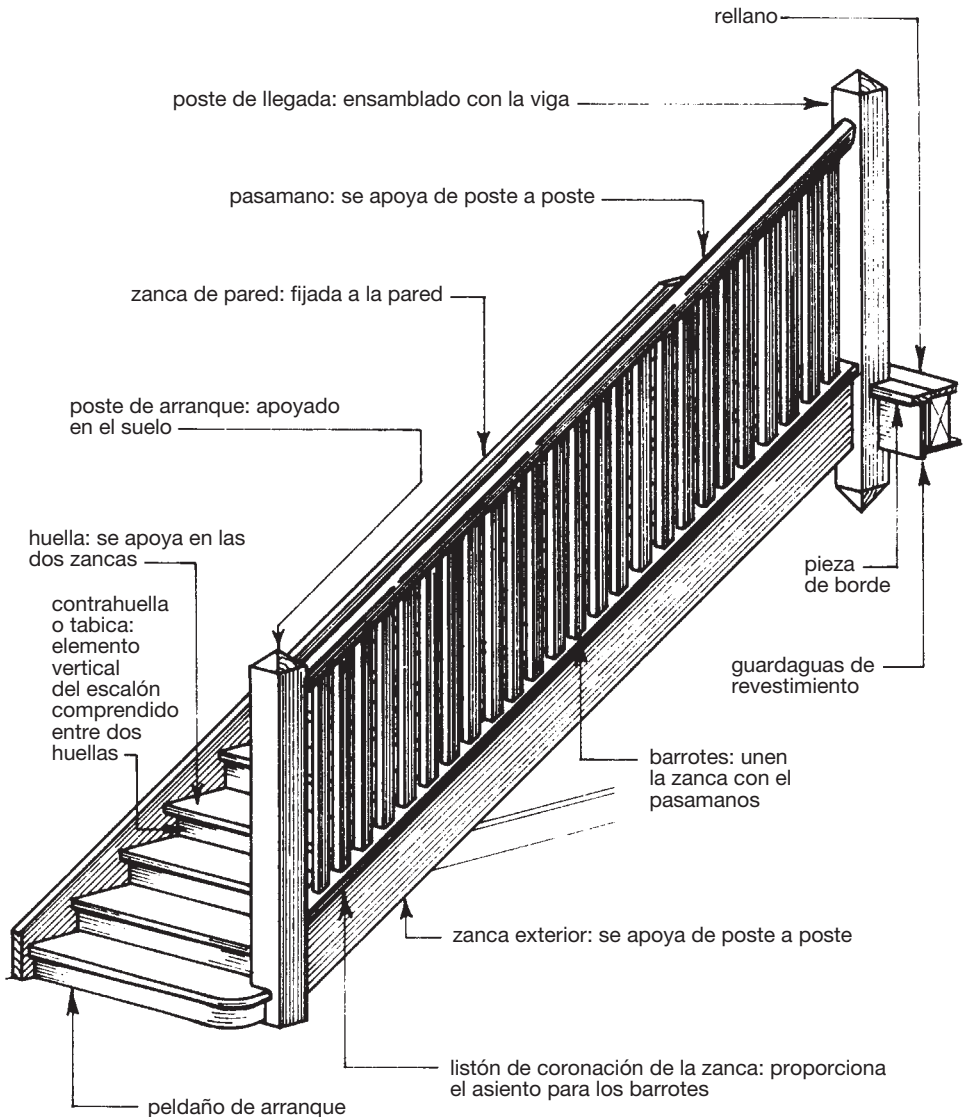
Alternativa



**Funciones principales:**

1. Servir como medio de circulación entre niveles distintos.
2. Servir como medio de comunicación fiable entre niveles distintos.
3. Facilitar el tránsito entre niveles distintos.
4. Proporcionar un medio de transportar cosas y muebles de un nivel a otro.

**Partes constitutivas**

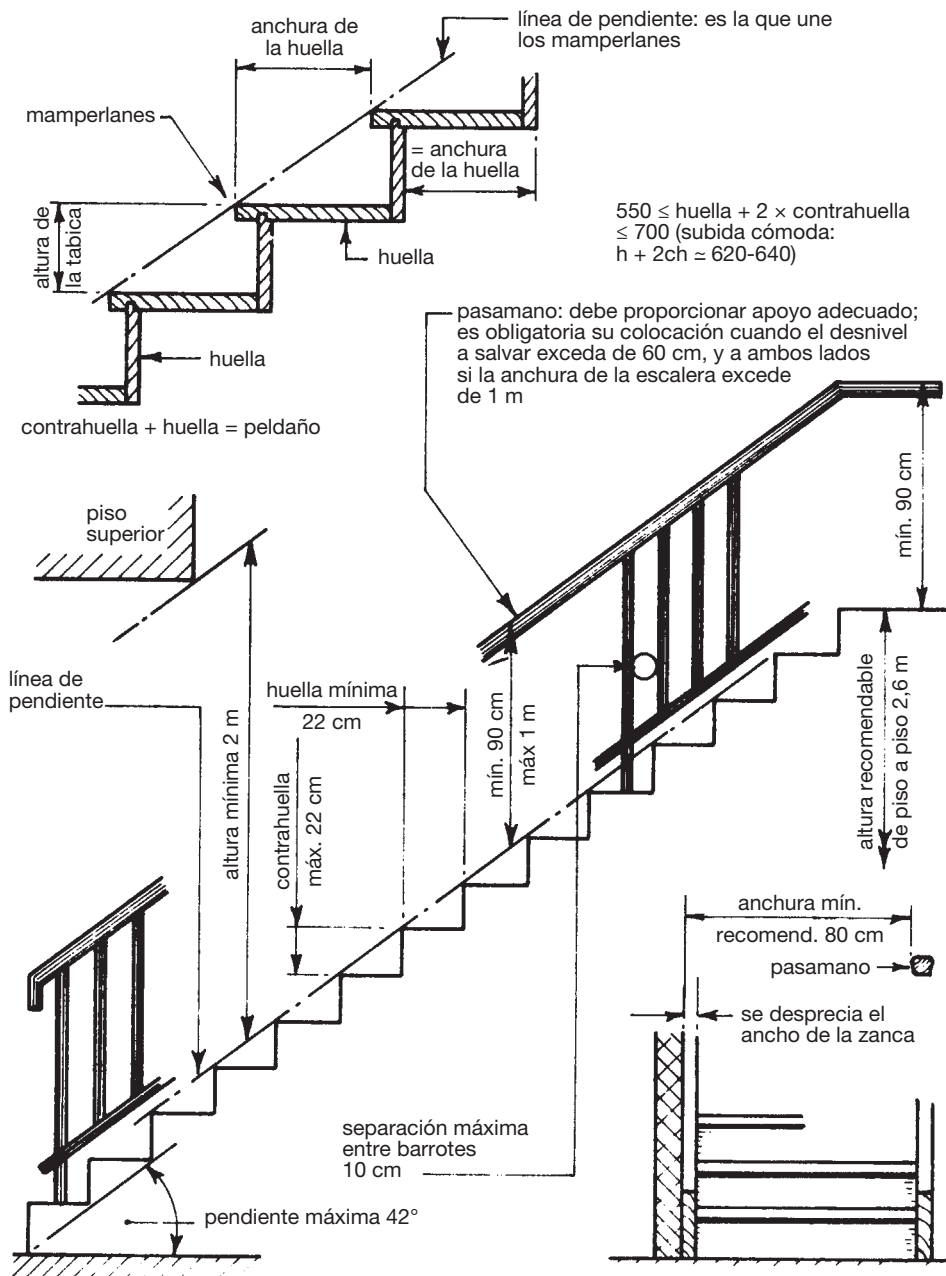


ESCALERA DE UN TRAMO RECTO

## Escaleras domésticas de un tramo recto. Dimensiones críticas

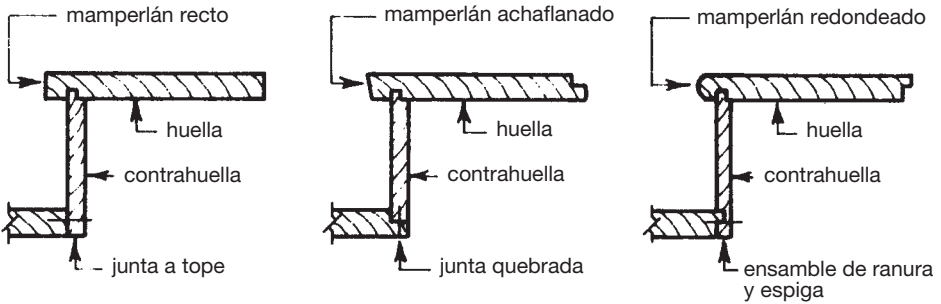
Todas las medidas indicadas son las mínimas requeridas para escaleras de viviendas unifamiliares.

### Terminología

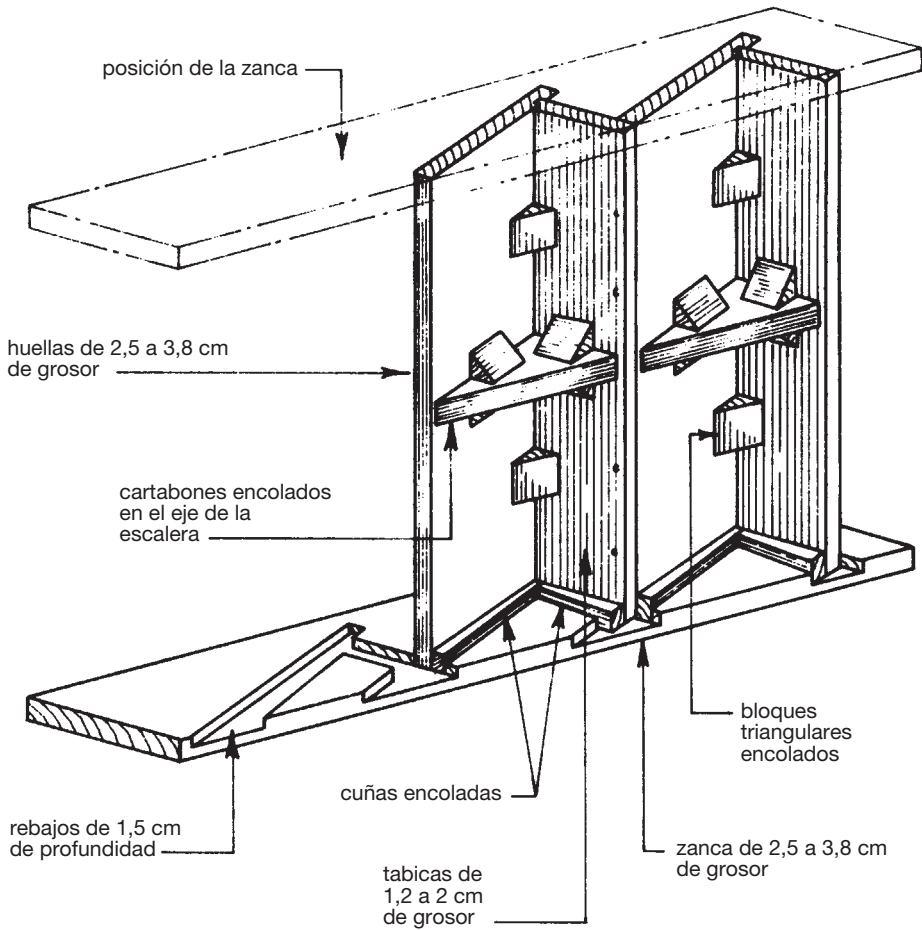


NOTA: las dimensiones que aparecen en estas páginas se corresponden con la normativa británica.

### Formatos de peldaños

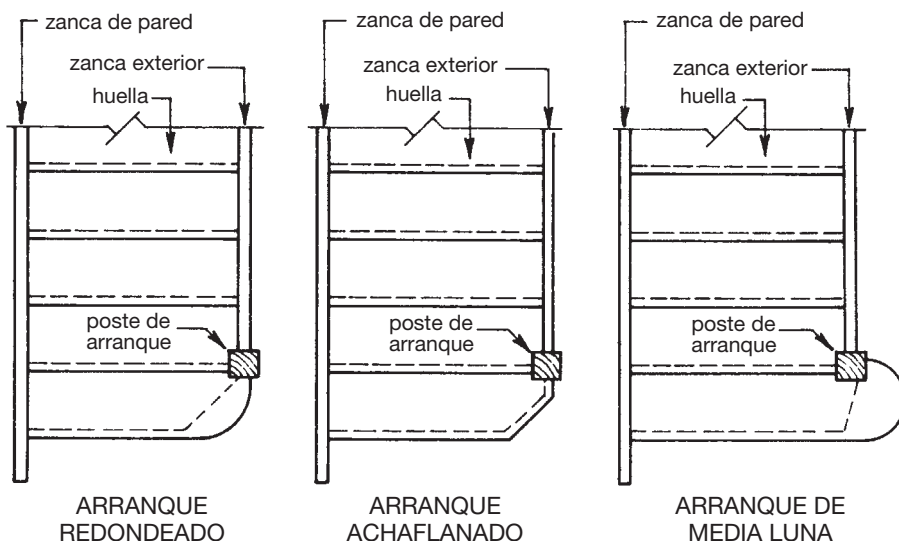


NOTA: los tipos de mamperlán y de junta son intercambiables entre los distintos formatos de peldaño.

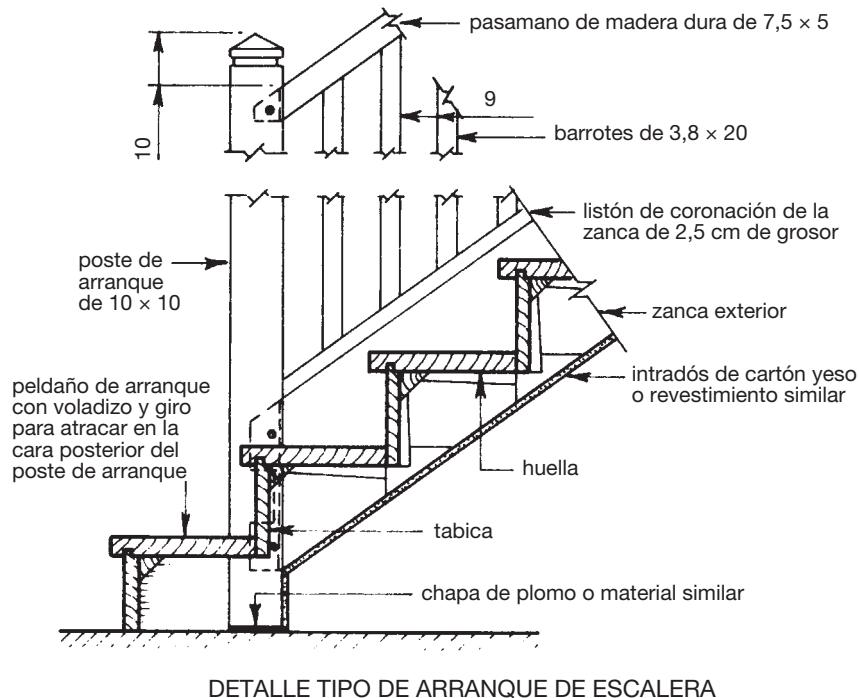


### CONSTRUCCIÓN DE ESCALERA DE UN TRAMO RECTO

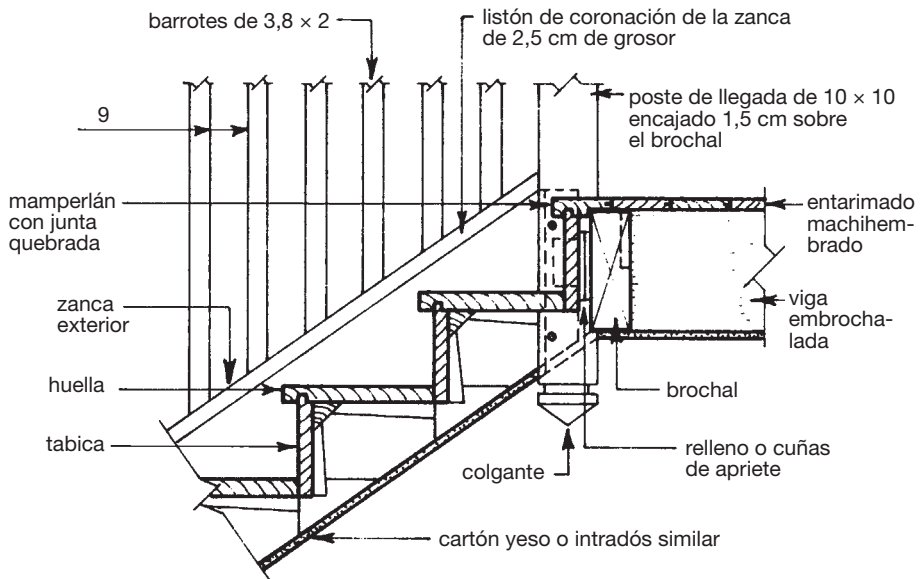
### Disposiciones del peldaño de arranque



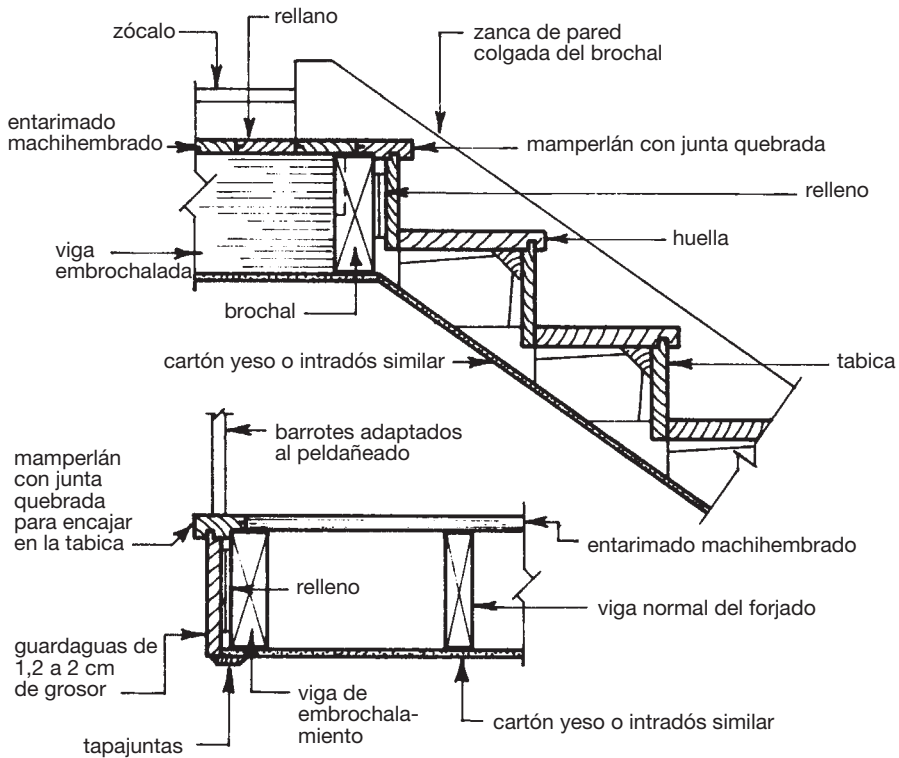
Es corriente diseñar el peldaño de arranque en voladizo, para permitir una unión segura entre la zanca exterior y la cara posterior del poste de arranque y para facilitar el giro de la persona que sube o baja la escalera.



## Detalles de escalera de madera de un tramo recto



DETALLE TIPO DE POSTE DE LLEGADA



DETALLES TÍPICOS DE RELLANO Y HUECO DE ESCALERA

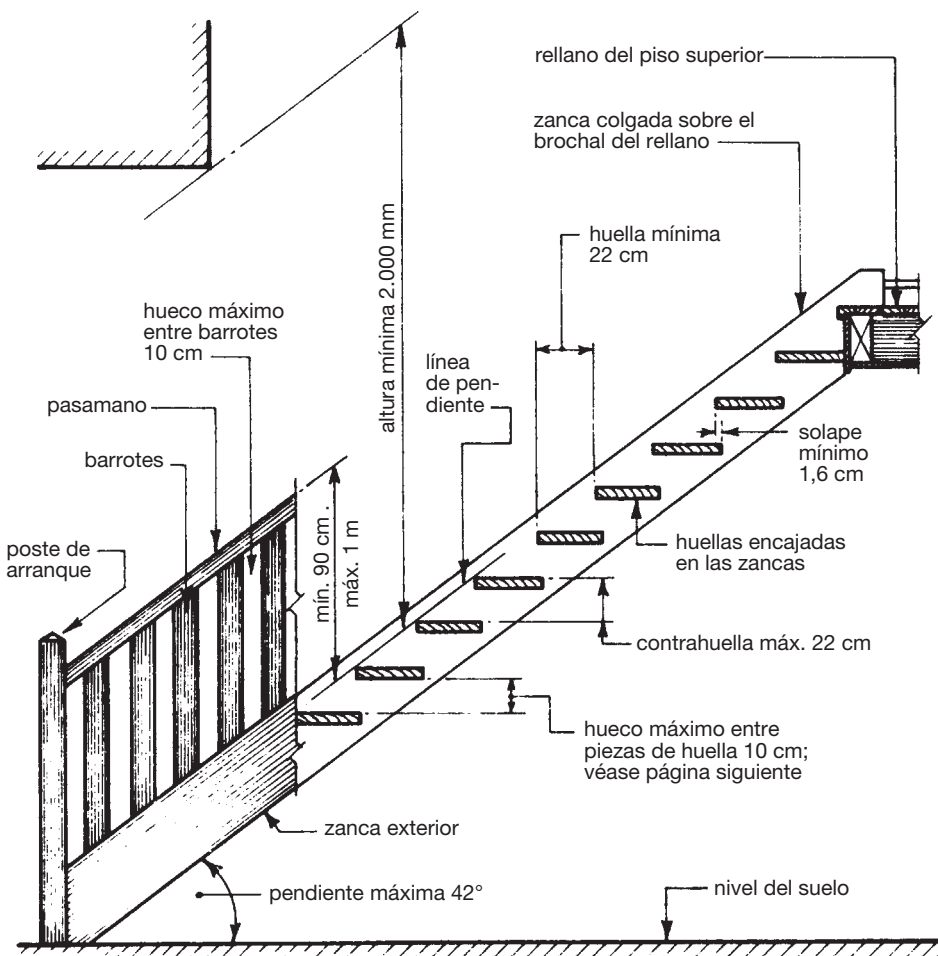


## Escaleras de madera sin tabicas

**Escaleras de madera sin tabicas:** estas escaleras se construyen con los mismos principios básicos que las escaleras normales, pero sin las tabicas o piezas de contrahuella. No tienen grandes ventajas sobre las escaleras tradicionales, a excepción de su mayor ligereza y su estética elegante.

Deben cumplir las mismas normas generales de proyecto que las escaleras tradicionales.

### Requisitos tipo de escaleras en casas particulares

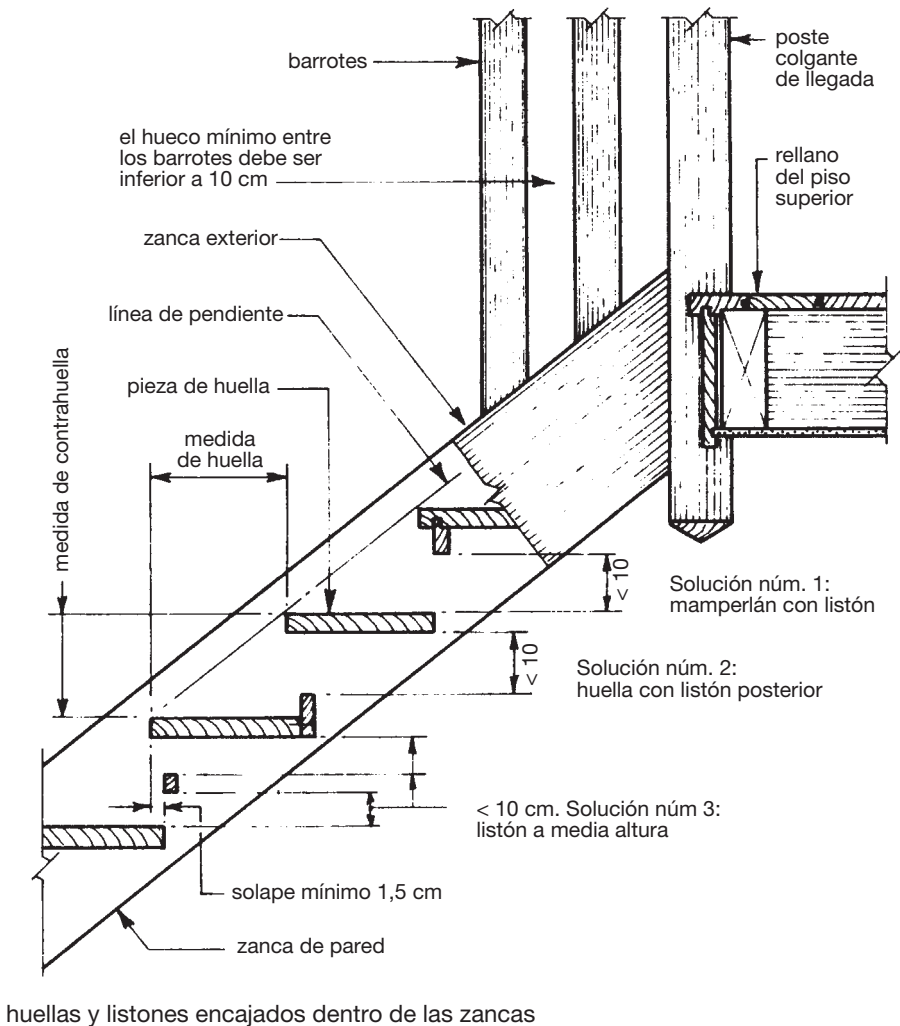


La anchura útil mínima recomendable para todo tipo de escaleras es de 80 cm, aunque es recomendable que entre paredes, o entre la pared y el eje del pasamanos, exista una distancia libre de obstáculos de 90 cm (véase también pág. 654). No obstante, excepcionalmente, para acceso a espacios de uso limitado, como un desván, es aceptable una anchura libre de 60 cm.

$$550 \leq \text{huella} + 2 \times \text{contrahuella} \leq 700 \text{ (subida cómoda: } h + 2ch \approx 620-640)$$

**Proyecto y construcción:** debido a la limitación a 10 cm del hueco entre dos huellas consecutivas y a la limitación de la relación entre huella y contrahuella (véase página anterior), estas escaleras generalmente resultan impracticables en edificios residenciales, ya que si se usaran las dimensiones mínimas resultaría una pendiente muy baja, de  $27,5^\circ$ , y si se empleara una pendiente aceptable, para respetar la restricción de 10 cm habría que disponer unas huellas demasiado anchas.

### Soluciones posibles



## Escaleras reducidas de peldaños alternados

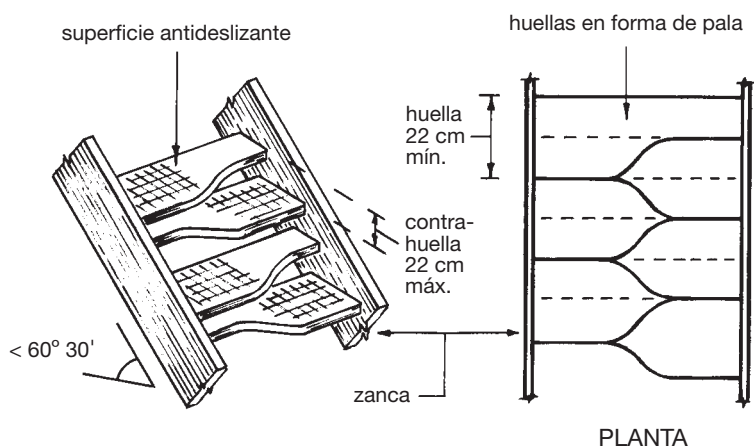
**Aplicación:** escalera de un tramo recto proyectada únicamente para acceder a un altillo con una sala habitable y un cuarto de baño o un aseo. El aseo no debe ser el único de la vivienda.

**Resultados prácticos:** uso económico del espacio, conseguido gracias a la acusada pendiente de la escalera (de unos 60°) y a la disposición de los peldaños alternados.

**Seguridad:** la pendiente y el perfil de esta escalera difieren sustancialmente de los de las escaleras convencionales, y solo son aceptables por las ordenanzas de la edificación en virtud de la “familiaridad y regularidad de uso” por los ocupantes de la vivienda.

### Características adicionales

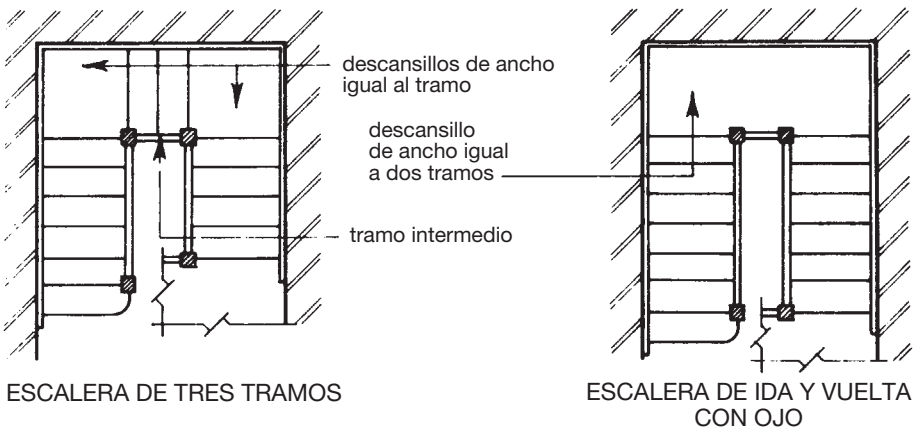
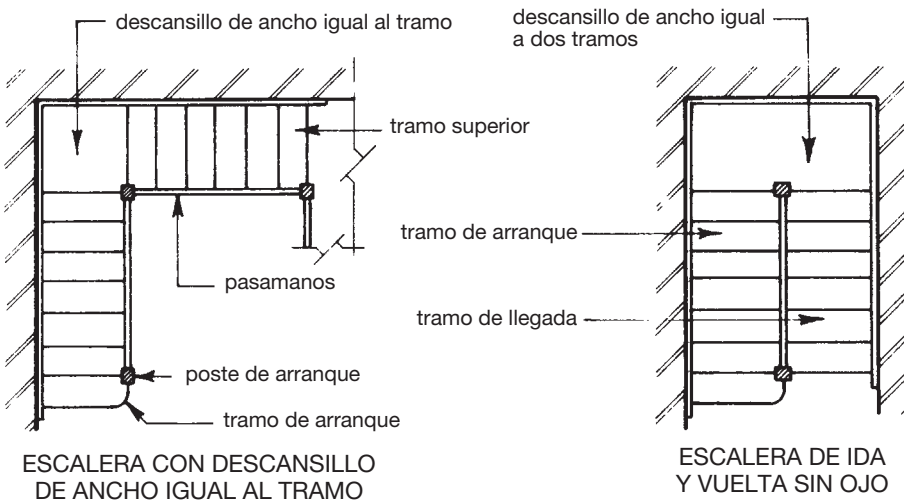
- Huella de material antideslizante.
- Pasamanos a ambos lados.
- Huella mínima 22 cm.
- Contrahuella máxima 22 cm.
- Relación entre el ancho y el alto:  $(2 \times \text{contrahuella} + \text{huella})$  comprendida entre 55 y 70 cm.
- Si en la casa hay niños menores de cinco años, los huecos de la tabica deben estar convenientemente barrados, de manera que no dejen un hueco mayor de 10 cm.



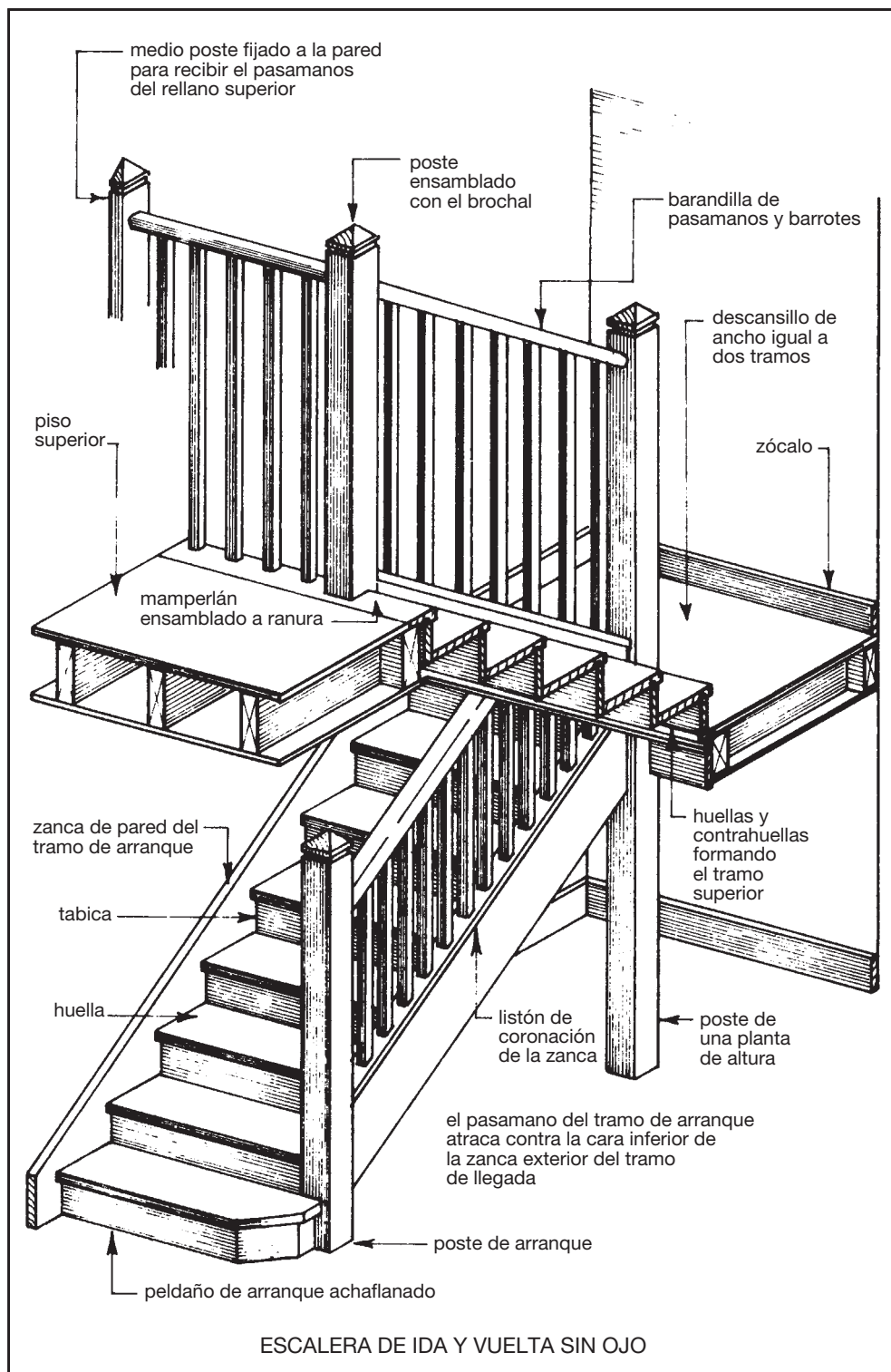
**Escaleras de madera con descansillos:** estas escaleras deben cumplir los mismos requisitos mínimos que las de un solo tramo recto. Las escaleras de un solo tramo recto son sencillas, de fácil construcción e instalación, pero por cuestiones de proyecto, a veces es necesario introducir cambios de dirección o conseguir mayor compacidad en planta, para lo que hay que recurrir a rellanos intermedios o descansillos.

**Descansillos:** por proyecto y construcción son análogos a los pisos de madera, pero debido a que las luces son más reducidas, también pueden serlo las secciones de madera empleadas. Los descansillos pueden proyectarse para solucionar giros de 90° o de 180° y pueden estar ubicados en cualquier punto entre las dos plantas.

### Disposiciones tipo

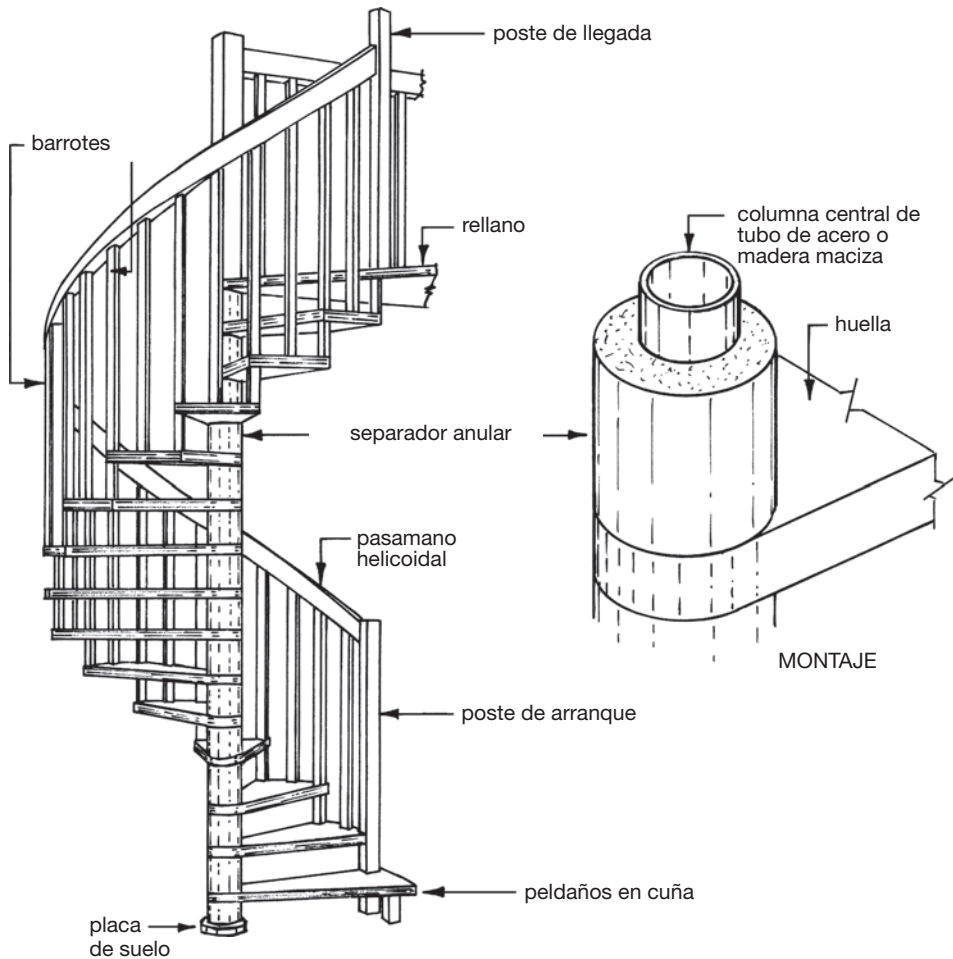


## Escaleras de madera con descansillos



Para ambientes domésticos, una escalera de caracol de 80 cm de anchura útil ofrece una alternativa de acceso a la planta superior de la vivienda y ahorro de espacio. Si su anchura útil es de solo 60 cm, debe limitarse a dar acceso a espacios de uso más esporádico, como un desván.

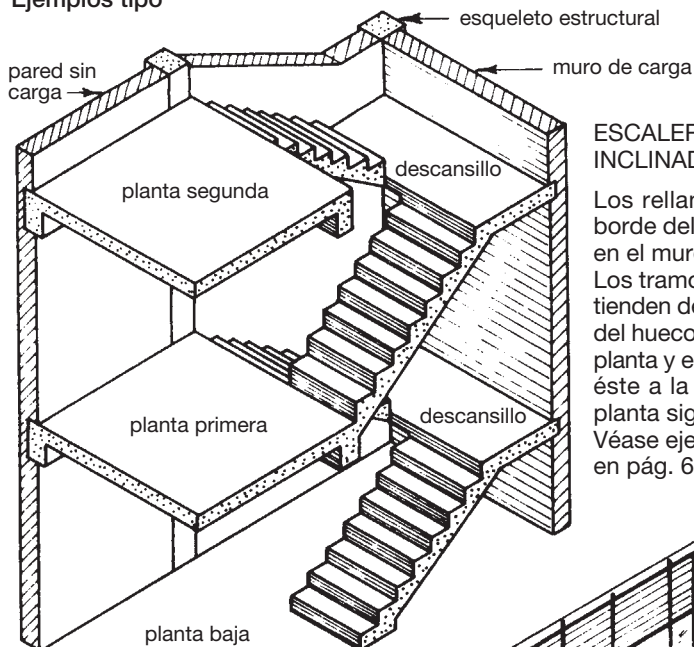
#### Componentes de una escalera de caracol de madera



NOTA: la anchura útil se mide entre pasamanos o entre columna central y pasamano. Si se usan zancas, entonces la medición se realiza entre zancas.

**Escaleras de hormigón armado in situ:** el hormigón armado es adaptable a una gran variedad de tipos y disposiciones de escaleras. En España el proyecto y la ejecución de escaleras debe cumplir el "Código técnico de la edificación" (CTE), "Documento básico. Seguridad de utilización frente al riesgo de caídas" (DB-SU1), además de la normativa referente a la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas.

### Ejemplos tipo

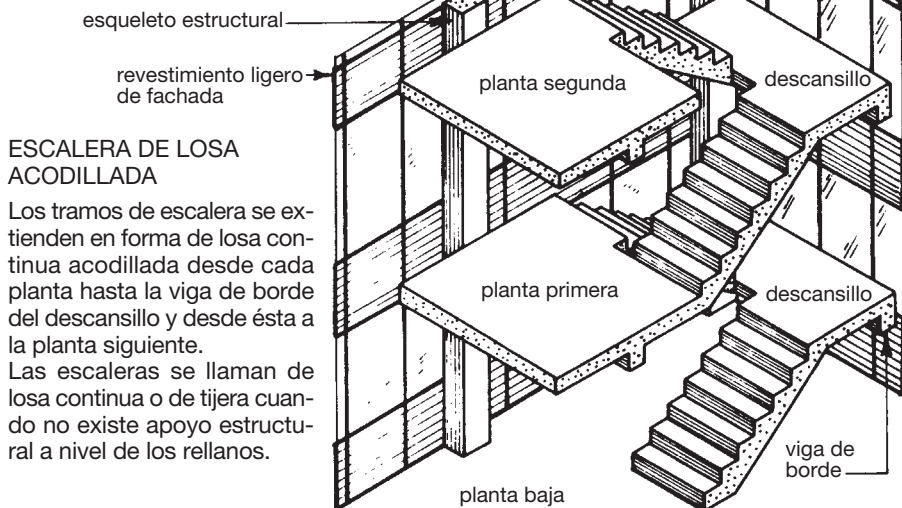


#### ESCALERA DE LOSA INCLINADA

Los rellanos se apoyan en el borde del hueco de escalera y en el muro de carga.

Los tramos de escalera se extienden desde la viga de borde del hueco de escalera de cada planta y el descansillo, y desde éste a la viga de borde de la planta siguiente.

Véase ejemplo detallado en pág. 667.

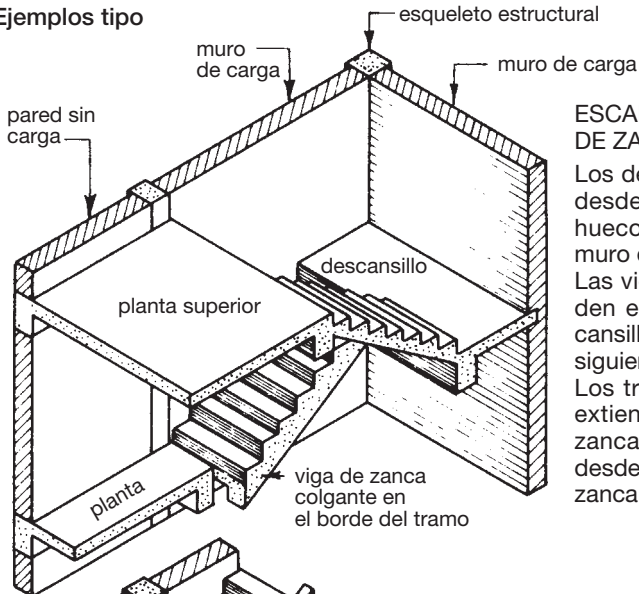


#### ESCALERA DE LOSA ACODILLADA

Los tramos de escalera se extienden en forma de losa continua acodillada desde cada planta hasta la viga de borde del descansillo y desde ésta a la planta siguiente.

Las escaleras se llaman de losa continua o de tijera cuando no existe apoyo estructural a nivel de los rellanos.

### Ejemplos tipo

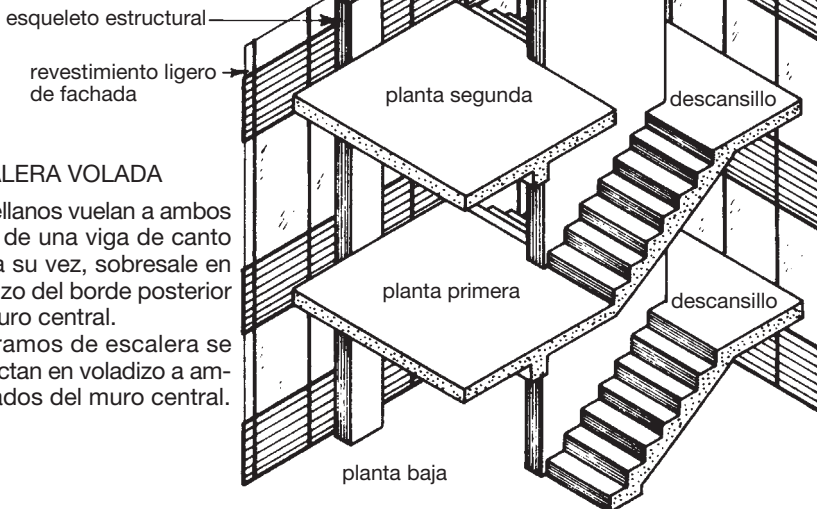
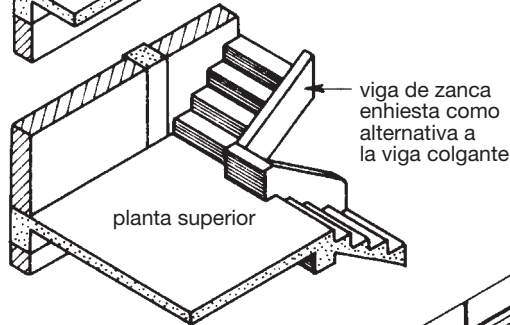


#### ESCALERA CON VIGA DE ZANCA

Los descansillos se extienden desde la viga de borde del hueco de escalera hasta el muro de carga.

Las vigas de zanca se extienden entre la planta y el descansillo y entre este y la planta siguiente.

Los tramos de la escalera se extienden desde la viga de zanca al muro de carga o desde viga de zanca a viga de zanca.



#### ESCALERA VOLADA

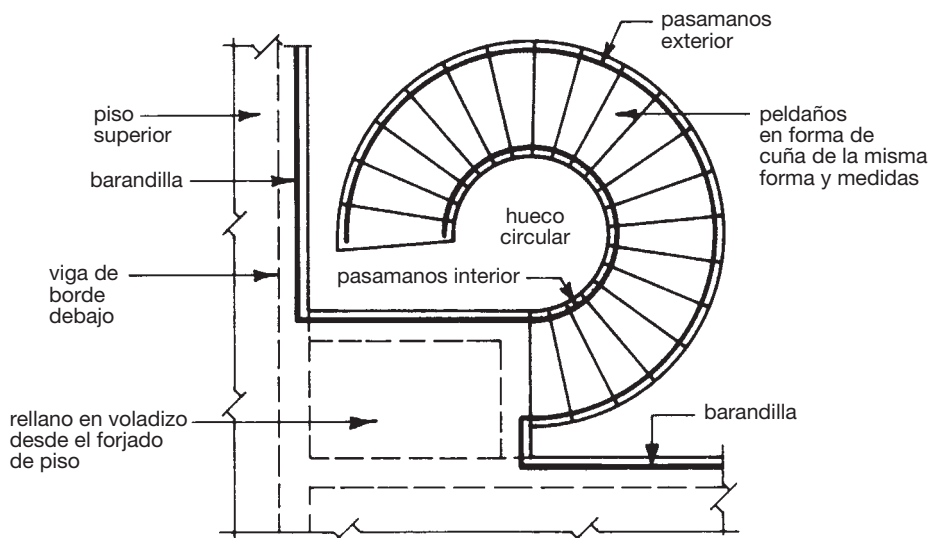
Los rellanos vuelan a ambos lados de una viga de canto que, a su vez, sobresale en voladizo del borde posterior del muro central.

Los tramos de escalera se proyectan en voladizo a ambos lados del muro central.

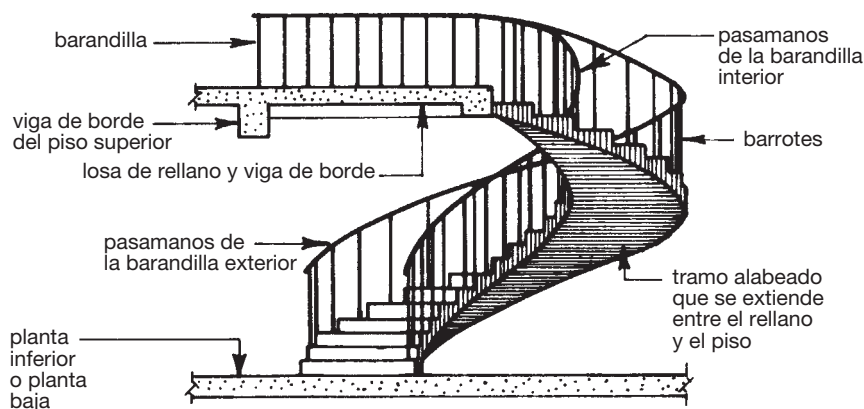


**Escaleras de caracol y helicoidales:** estas escaleras de hormigón in situ son estéticamente agradables, aunque de construcción costosa. Por esta razón, suele reservarse su uso a edificios de prestigio, generalmente como medio de enlace entre plantas dentro de un mismo departamento. Las escaleras de caracol describen una hélice en torno a un pilar central, mientras que las helicoidales tienen la misma forma pero con ojo hueco. El ojo de las escaleras helicoidales suele tener planta circular o elíptica, y el encofrado se construye en torno a un núcleo de madera.

### Ejemplo tipo de escalera helicoidal

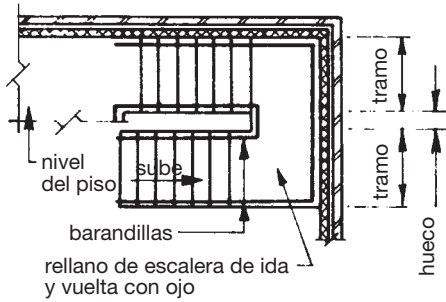


PLANTA



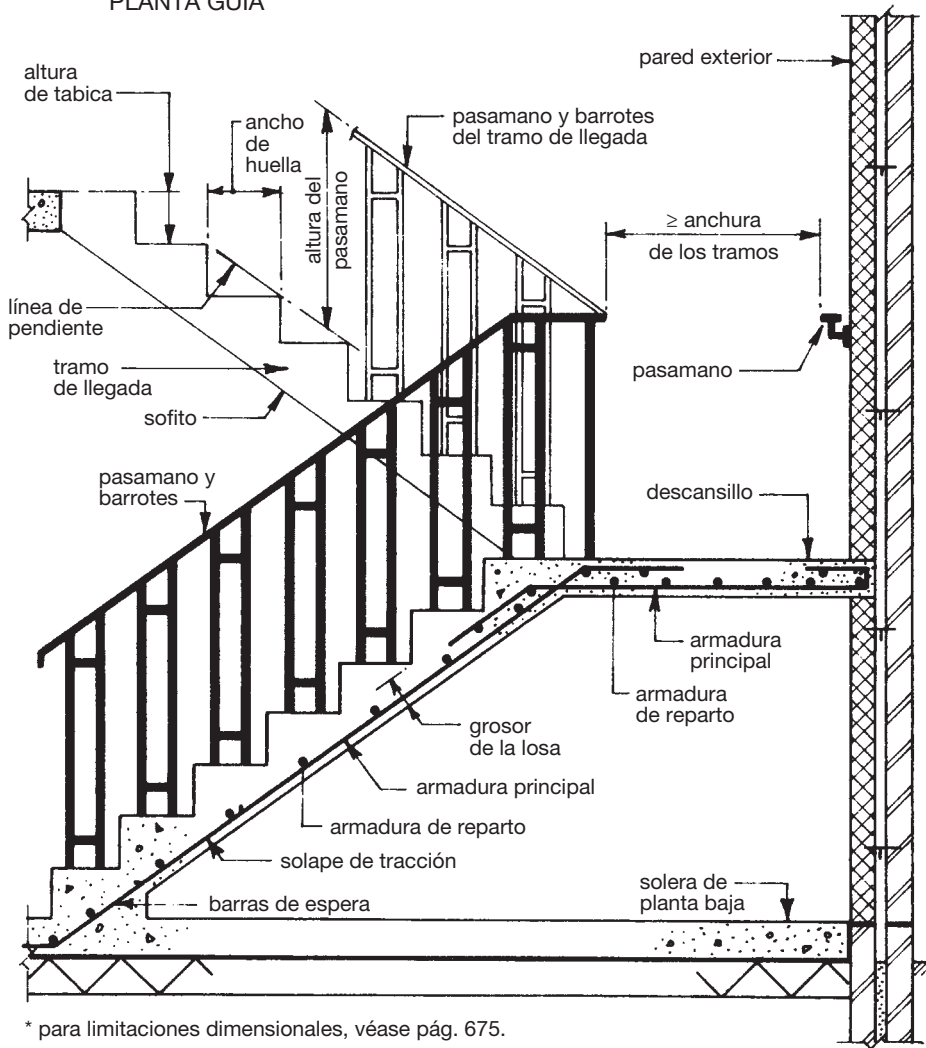
SECCIÓN POR EL RELANO

Losa de escalera de hormigón armado. Detalles tipo



NOTA: las contrahuellas del tramo de llegada no coinciden en planta con las del tramo de arranque. Con ello se consigue que la intersección de los sofitos de los tramos con el del rellano sea una línea recta sin quiebros.

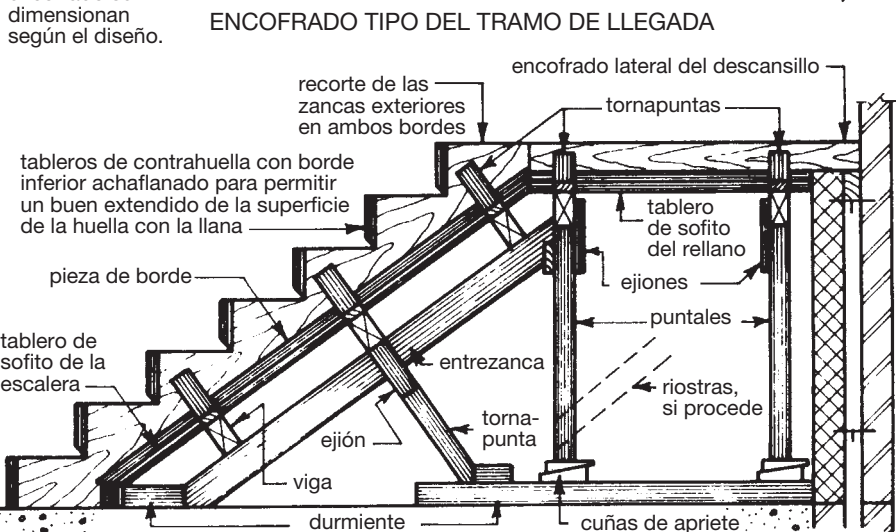
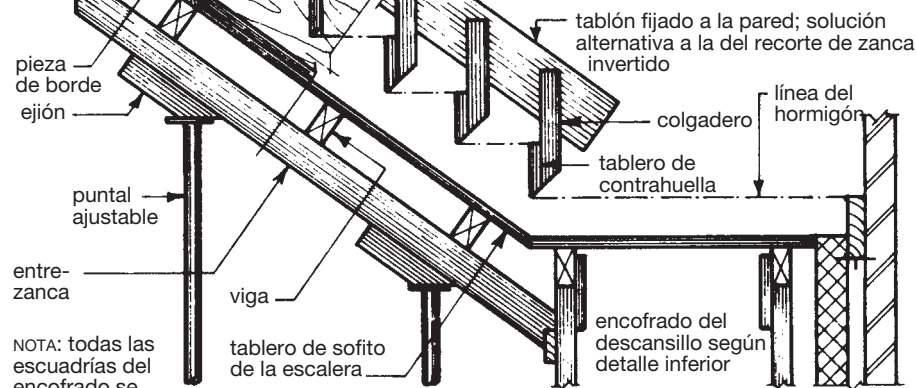
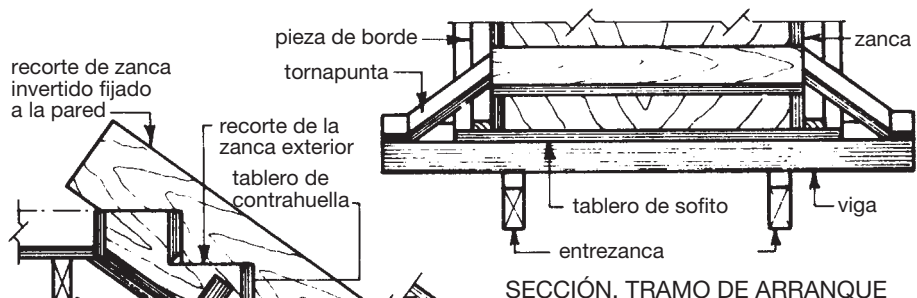
PLANTA GUÍA



\* para limitaciones dimensionales, véase pág. 675.

**Encofrado de escalera de hormigón armado in situ:** algunos detalles específicos varían de una escalera a otra, pero los principios básicos de cada formato permanecen constantes.

**Detalles del encofrado** (véase planta guía en la pág. 667)

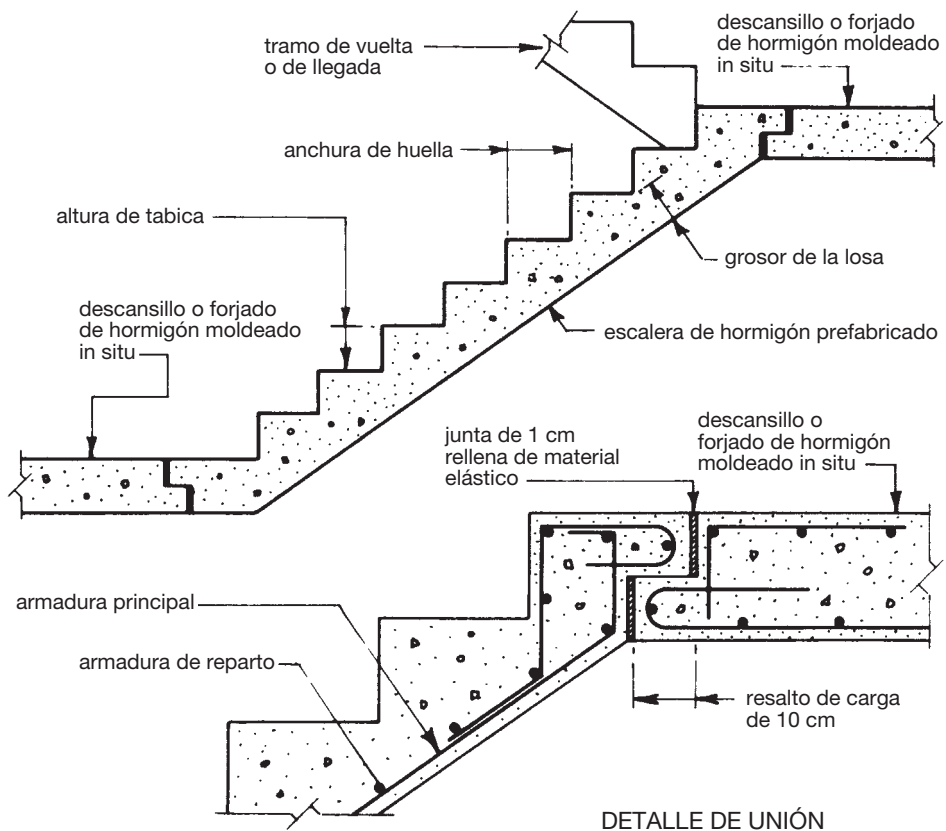


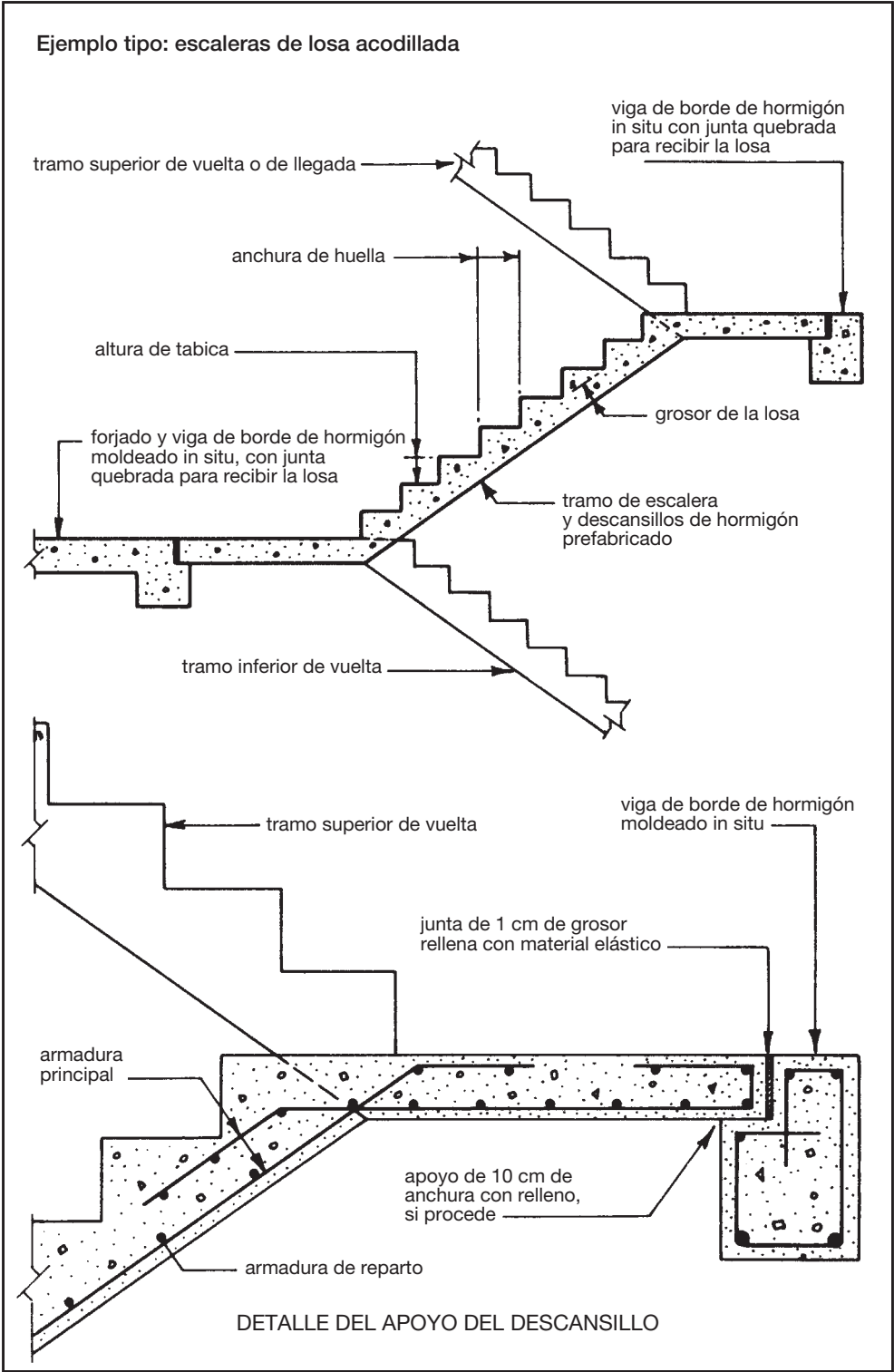
**Escaleras de hormigón prefabricado:** la utilización del hormigón prefabricado es aplicable prácticamente a todos los formatos de escaleras hormigonadas in situ y está sujeta a los mismos requisitos funcionales y normativos. Para que resulte económicamente interesante, la producción debe ser lo suficientemente grande como para justificar el elevado coste de los moldes. Por tanto, lo más habitual es que el proyectista tenga que adaptarse a alguno de los modelos estándar producidos por los fabricantes.

Seguidamente, se citan algunas de las posibles ventajas de las escaleras de hormigón prefabricado:

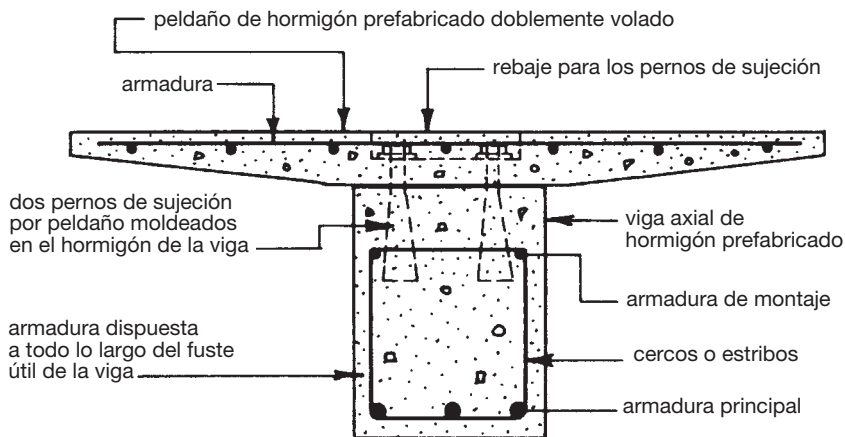
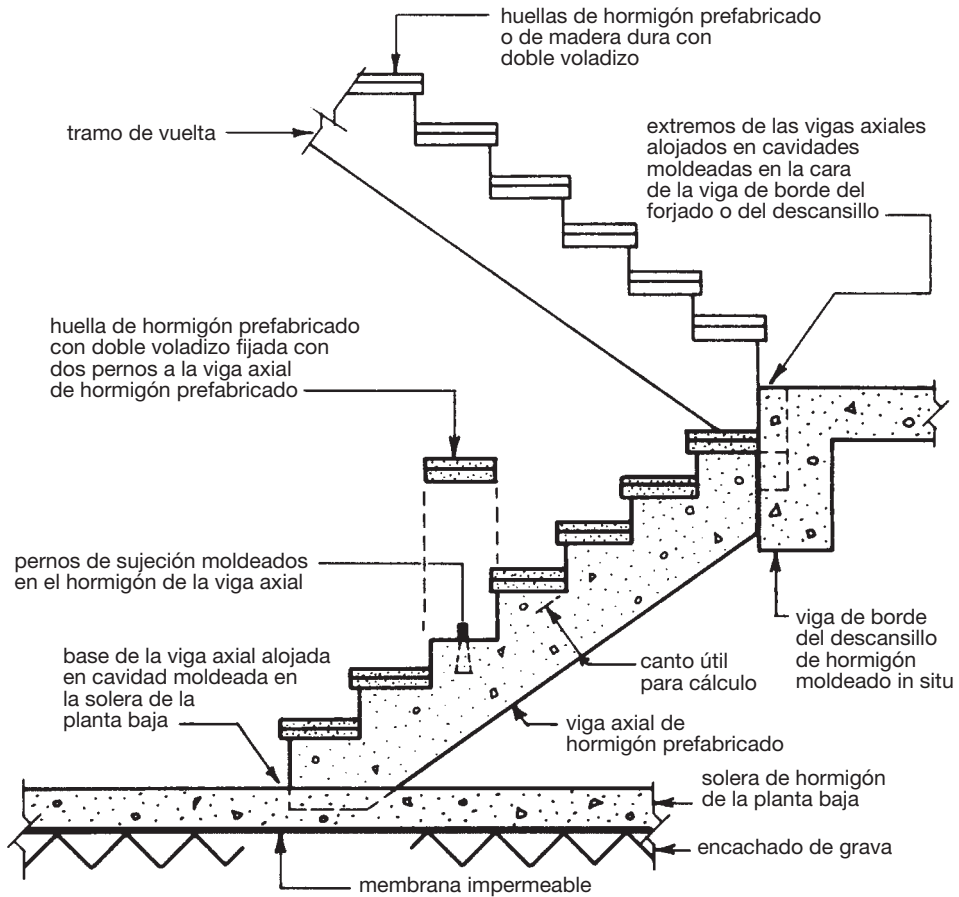
1. Buen control de calidad sobre el producto acabado.
2. Ahorro de espacio en obra, pues no es preciso montar ni almacenar encofrados.
3. El montaje de las escaleras puede realizarse cuando se quiera, una vez terminados los forjados, de modo que puede emplazarse en el hueco de escalera, si interesa, un montacargas para subir o bajar materiales.

### Ejemplo tipo



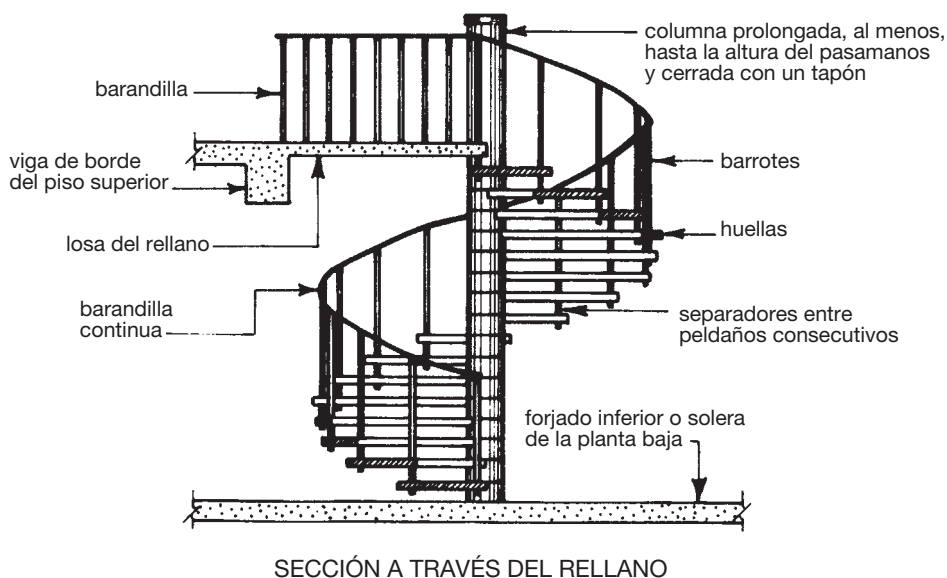
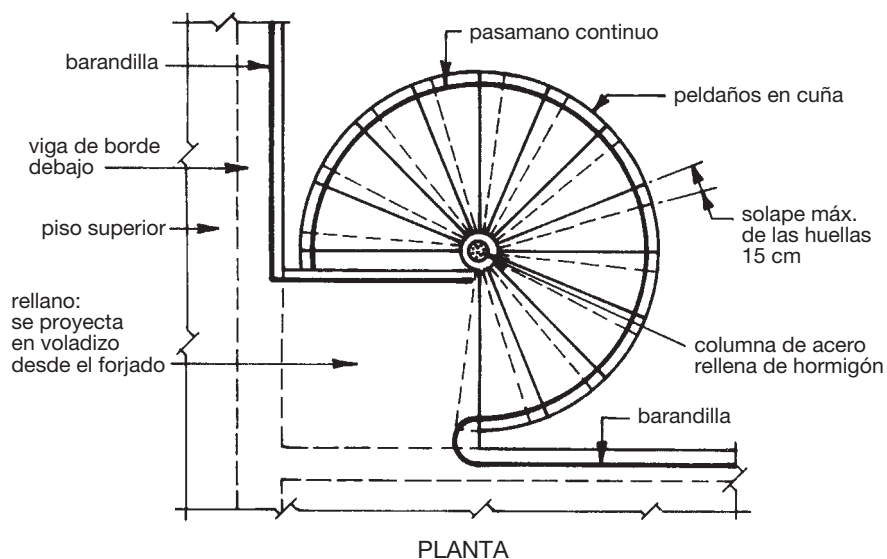


**Ejemplo tipo: escaleras sin tabicas y con huellas doblemente voladas sustentadas sobre viga axial**



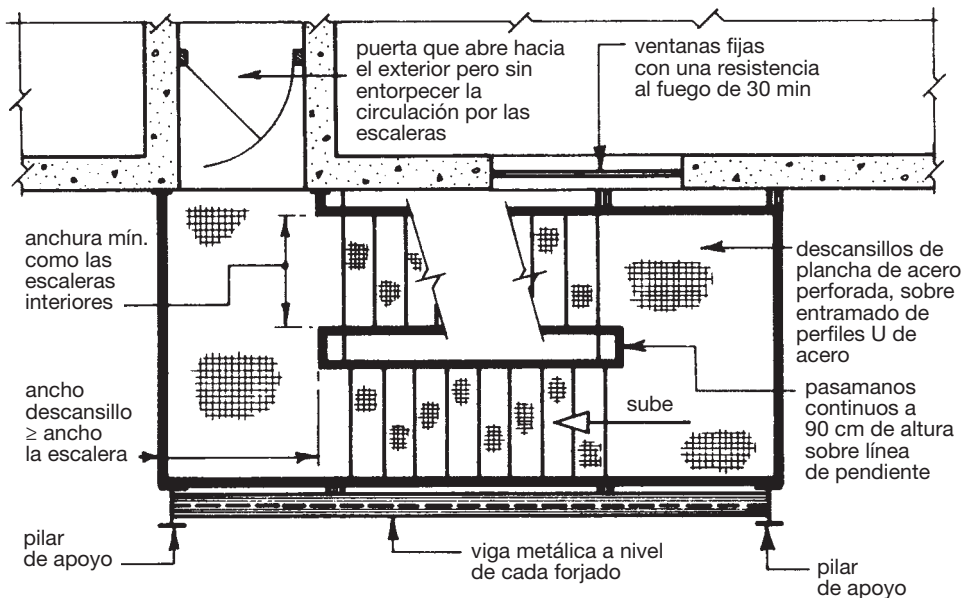
**Escaleras de caracol de hormigón prefabricado:** esta forma de escalera se construye normalmente sin tabica, y la planta de la huella tiene forma de ojo de cerradura. Cada huella tiene un cilindro hueco en su vértice, de altura igual a la de la contrahuella del peldaño, que se encaja sobre una columna central de acero rellena de hormigón en masa. El extremo exterior del peldaño presenta unos orificios por los que pasan los barrotes para fijarse en la cara inferior del peldaño anterior; para mantener la distancia entre peldaños consecutivos se usan separadores huecos.

### Ejemplo tipo

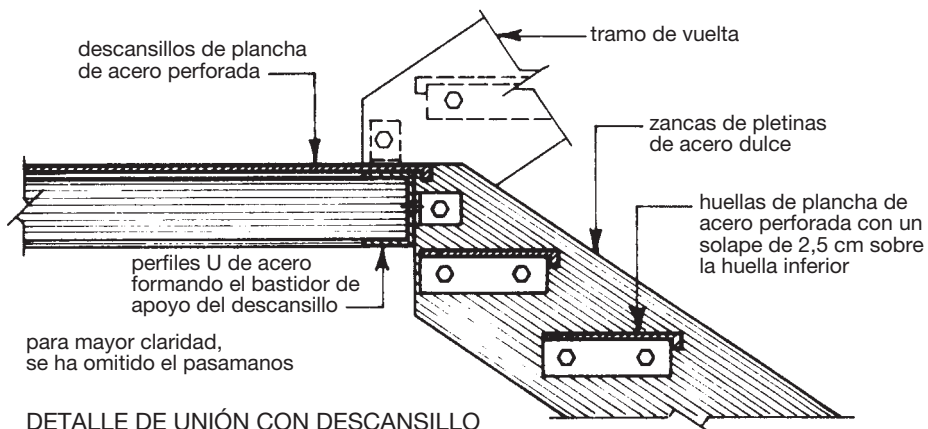


**Escaleras metálicas:** funcionalmente pueden utilizarse como escaleras de incendios o para interiores; pueden ser de hierro colado, de acero dulce o de aleación de aluminio. La mayor parte de las escaleras de incendios se construye en hierro colado o acero dulce. Gran parte de la escaleras metálicas se construye a medida y, por tanto, suelen ser más caras que las de hormigón de similares características. Su ventaja principal reside en la eliminación del encofrado, mientras que su mayor inconveniente es la necesidad de un mantenimiento regular que se traduce en forma de pintura en las de hierro colado y de acero dulce.

**Ejemplo tipo: escalera de incendios exterior de dos tramos rectos**



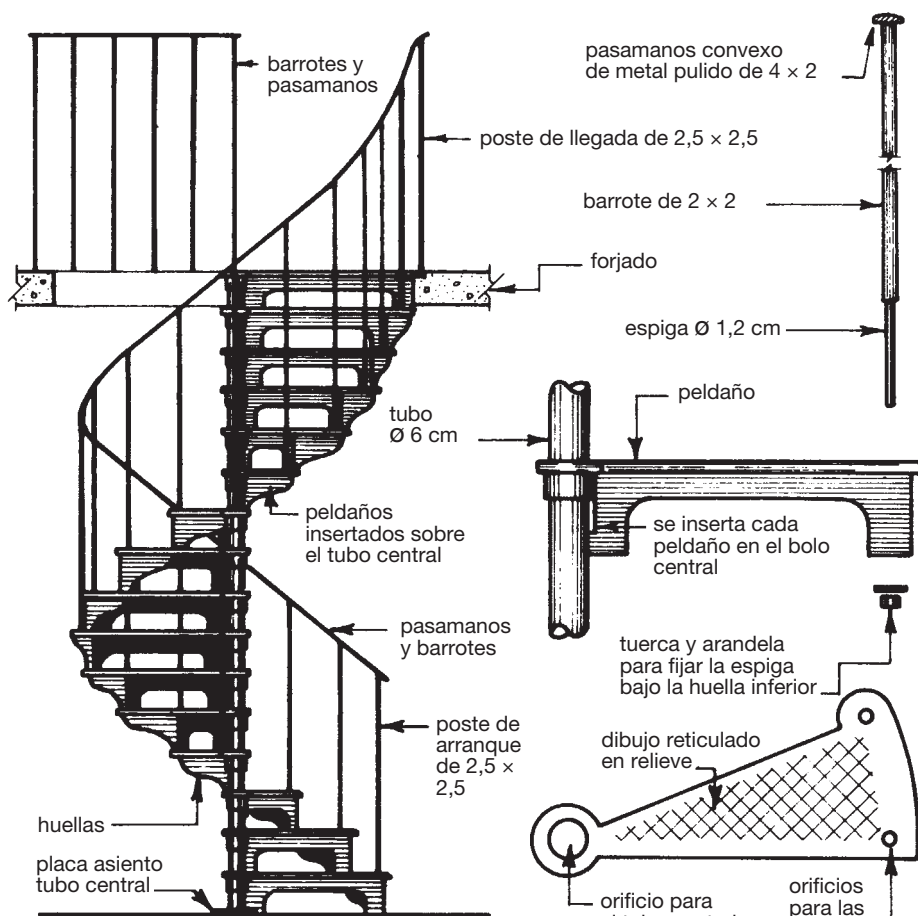
PLANTA



DETALLE DE UNIÓN CON DESCANSILLO

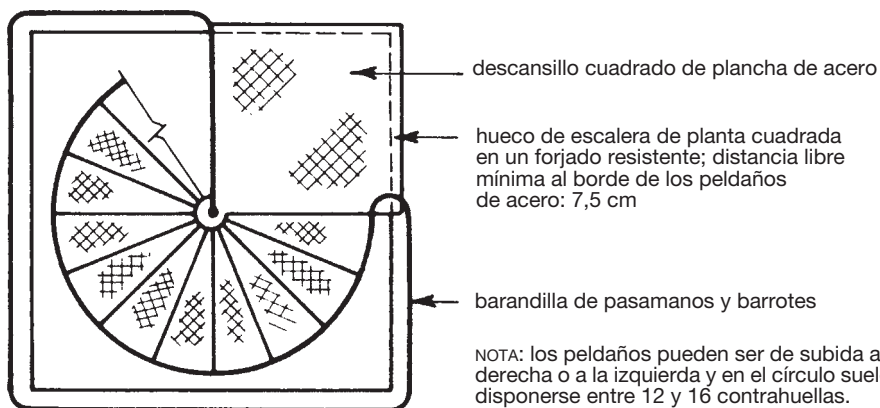


Ejemplo tipo: escaleras de caracol de acero



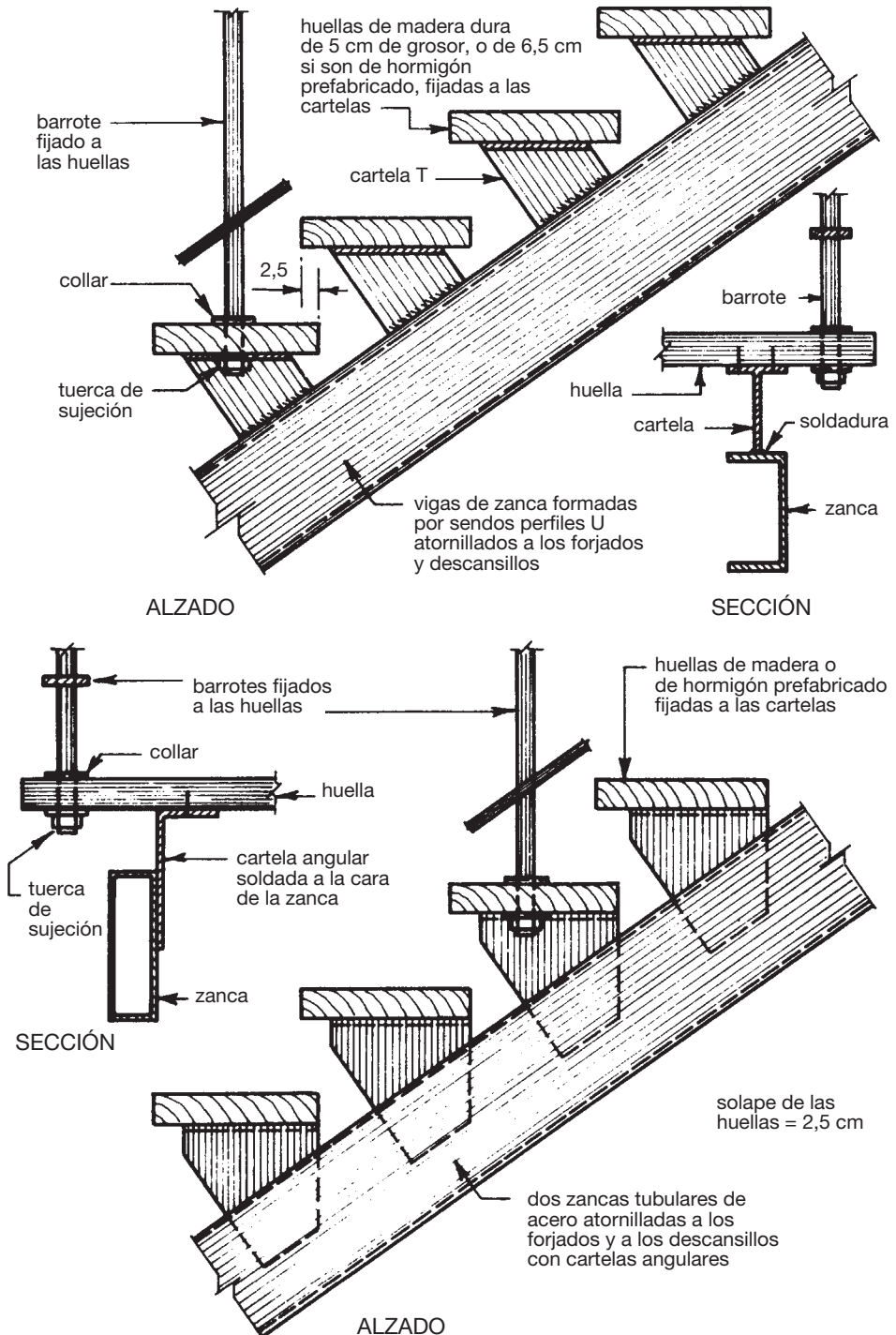
ALZADO

DETALLES DE MONTAJE



PLANTA

Ejemplos tipo: escaleras de zanca metálica

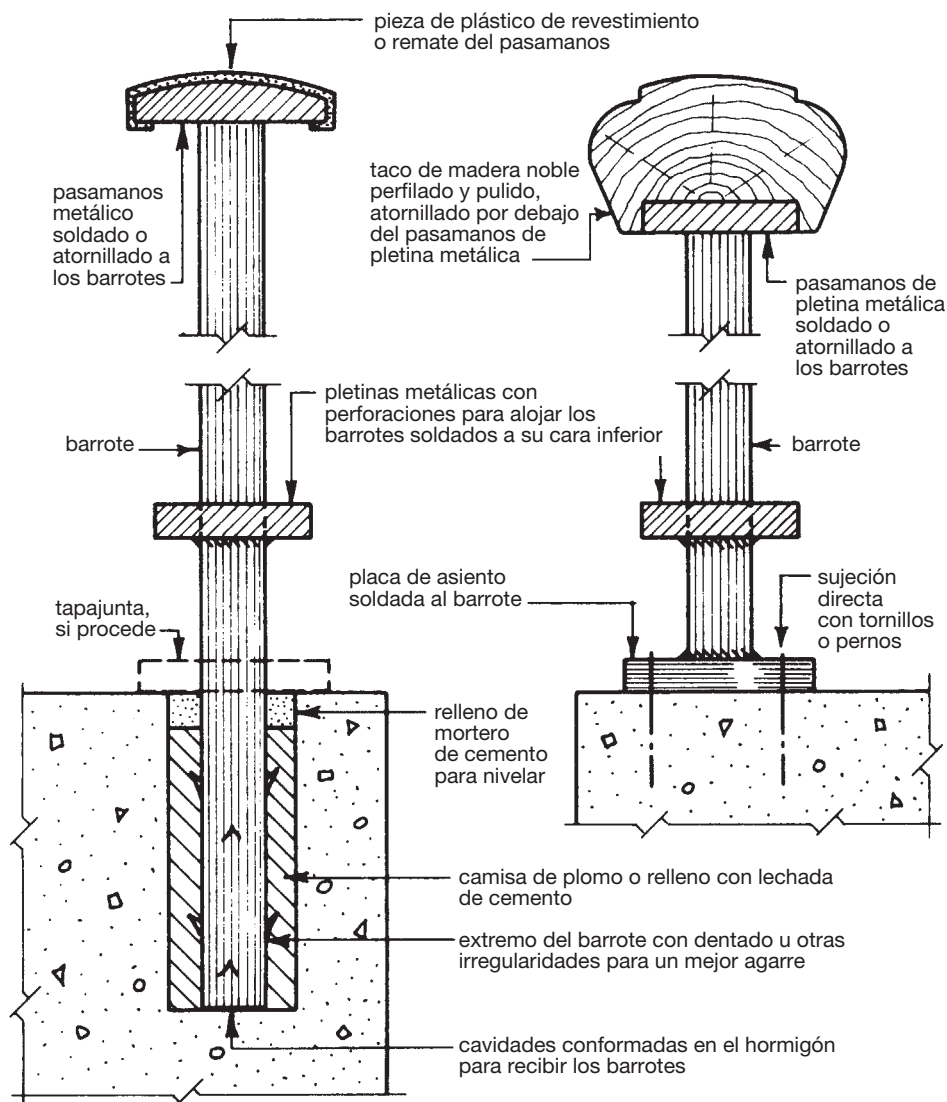


## Barrotes y pasamanos

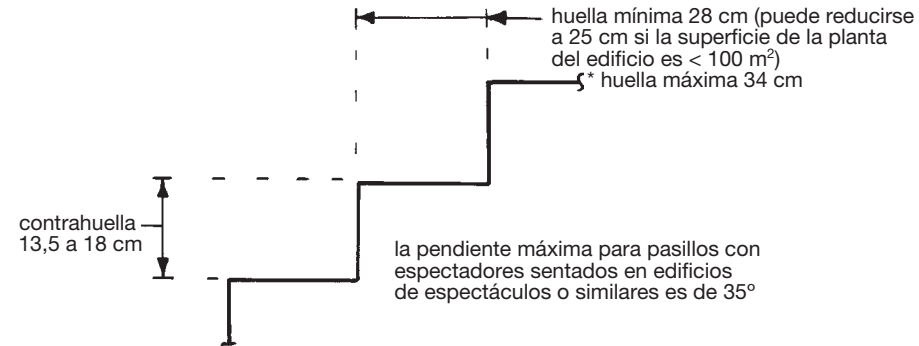
**Barrotes y pasamanos:** en las escaleras de incendios deben ser de materiales incombustibles y el pasamano debe tener una sección que proporcione a la mano un agarre cómodo. El pasamano puede recubrirse o rematarse con algún material combustible, como la madera o el plástico.

En la mayor parte de los casos, la colocación de las barandillas se realiza una vez instalada la escalera, generalmente alojando los balaustres en cavidades diseñadas al efecto para acogerlos o mediante algún sistema de fijación superficial.

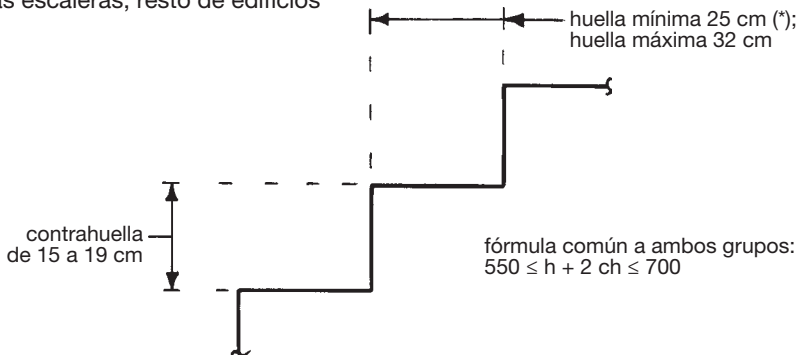
### Detalles tipo



**Escaleras institucionales y para lugares de concurrencia pública:** dan servicio a lugares donde se prevea un gran número de personas.



Otras escaleras, resto de edificios



Las medidas de huella y contrahuella en ambas situaciones pueden estar sujetas al cumplimiento de otras normas que en ocasiones son más exigentes, como las ordenanzas municipales o la normativa regional o local de accesibilidad y barreras arquitectónicas. Atendiendo a esta exigencia mayor, según la situación, se podrían revisar los datos anteriores de la siguiente manera:

Huella (peldaños exteriores): mín. 28 cm (preferible  $\geq 30$  cm).

Huella (escaleras): mín. 25 cm.

Contrahuella: máx. 17 cm.

#### Otros requisitos de tipo general para las escaleras:

Evitar peldaños en cuña.

Anchura mín. entre paredes o pasamanos: 1,2 m.

Longitud mín. de los rellanos superior e inferior  $\geq$  anchura de la escalera.

Pasamanos a ambos lados.

Sección preferible del pasamano: circular u ovalada.

Evitar la ubicación de puertas que abran hacia los rellanos.

Tabicas completas, sin huecos.

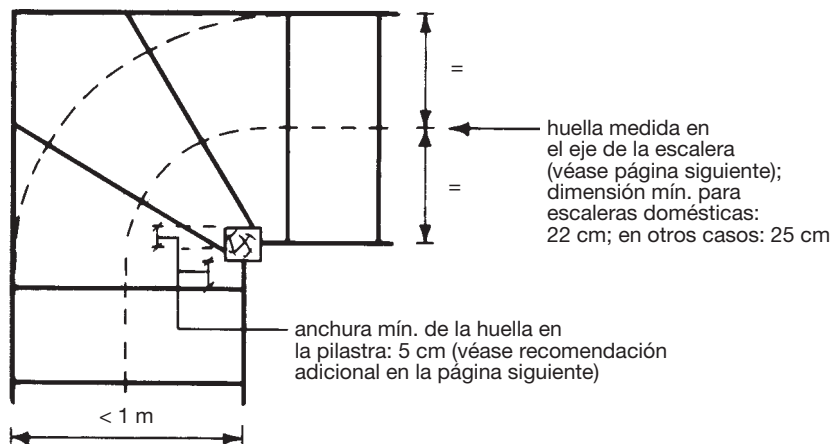
Bordes de los peldaños señalados con franjas de color destacado de 5,5 cm de anchura en huella y tabica.

Evitar los peldaños con bordes volados; de ser necesarios, el vuelo será  $\leq 2,5$  cm.

Tramos de 12 peldaños como máximo; excepcionalmente, 16, en ciertos locales pequeños.

Huellas y rellanos de superficie antideslizante.

### Medición de la huella



Para escaleras de anchura superior a 1 m, la huella se mide a 27 cm de cada lado de la escalera.

### Requisitos adicionales:

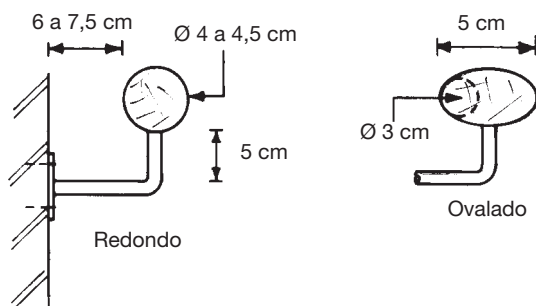
Huella de los escalones en cuña  $\geq$  huella de los escalones de lados paralelos.

Las longitudes de los rellanos curvos se miden sobre el eje de la escalera.

Para el diseño de los peldaños, aplicar la fórmula:  $55 \text{ cm} \leq \text{huella más doble de la contrahuella} \leq 70 \text{ cm}$  ( $550 \text{ mm} \leq h + 2 \text{ ch} \leq 70 \text{ cm}$ ).

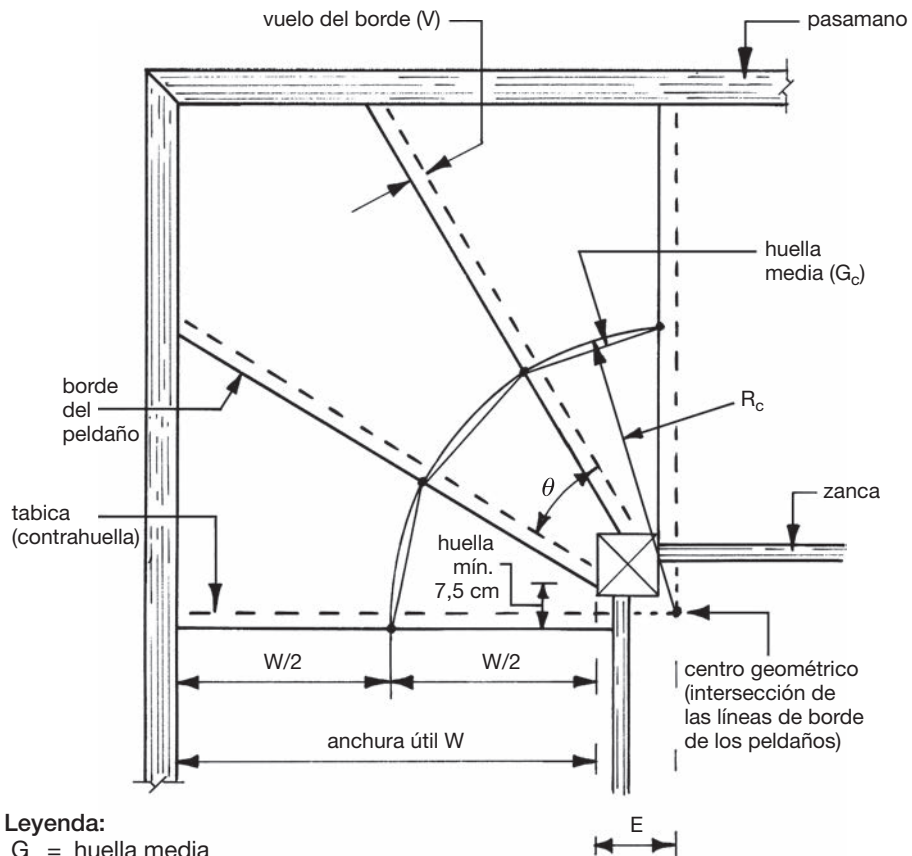
Para otras limitaciones de huella y contrahuella, consultar las págs. 677 y 655).

### Sección del pasamano



**Requisitos básicos:**

- Las prolongaciones de los bordes de todos los peldaños deben concurrir en un punto, el centro geométrico.
- La huella media debe ser uniforme y mayor o igual que la huella de los peldaños rectangulares adyacentes.
- La huella media  $\geq$  huella del peldaño rectangular adyacente.
- Huella media  $\leq 70 \text{ cm} - (2 \times \text{contrahuella})$  en cm.
- Huella en la pilastra  $\geq 7,5 \text{ cm}$ .
- El ángulo de los peldaños ahusados debe ser uniforme.
- Anchura útil  $\geq 77 \text{ cm}$ .



**Legenda:**

- G<sub>c</sub> = huella media  
 R<sub>c</sub> = radio del arco dado por la ecuación (véase página siguiente)  
 $\theta$  = ángulo formado por cada escalón  
 W = anchura útil  
 E = distancia entre el punto de concurrencia de los bordes de los peldaños y el extremo del ancho libre  
 V = vuelo del borde del peldaño

## Peldaños en forma de cuña y escaleras compensadas (2)

Para comprobar si el diseño de las escaleras compensadas cumple con las dimensiones recomendadas, es preciso tomar medidas de los dibujos a escala o realizar ciertos cálculos.

### Cálculos:

$$G_c = 2 R_c \text{ sen } (\theta \div 2),$$

$$\text{Donde } R_c = \sqrt{[(W \div 2) + E]^2 + (V)^2}$$

Ejemplo:

$$W = 77 \text{ cm}$$

$$E = 15 \text{ cm}$$

$$V = 1,6 \text{ cm}$$

$$R_c = \sqrt{[(770 \div 2) + 150]^2 + (16)^2}$$

$$R_c = \sqrt{(385 + 150)^2 + 256}$$

$$R_c = \sqrt{(535)^2 + 256}$$

$$R_c = \sqrt{286.225 + 256} = \sqrt{286.481} = 535 \text{ mm}$$

$$G_c = 1.070 \times (0,5 \div 2) = 267 \text{ mm}$$

En la mayoría de los casos, la escalera compensada es de la modalidad en L, con un giro en planta de 90°. Por tanto, el ángulo  $\theta$ , formado por la prolongación de bordes de los tres escalones, será de 30°; es decir,  $\theta = \text{ángulo} \div N$ , donde  $N$  = número de escalones compensados. Para cuatro peldaños,  $\theta = 90^\circ \div 4 = 22,5^\circ$ .

Si el ángulo de los brazos de la escalera es distinto a 90°, entonces  $\theta = (180 - \text{ángulo}) \div N$ .

Por ejemplo, si el ángulo entre los brazos de la escalera es de 120° con dos peldaños compensados,  $\theta = (180 - 120) \div 2 = 30^\circ$ .

**Recomendaciones de la norma británica:**

| Tipo de escalera <sup>1</sup> | Anchura útil <sup>2</sup> | Contra-huella | Huella interior mín. <sup>3</sup> | Huella exterior máx. <sup>4</sup> | Huella media mín. <sup>5</sup> | 2 × contrahuella + huella |
|-------------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| A                             | 600                       | 170-220       | 120                               | 350                               | 145                            | 480-800                   |
| B                             | 800                       | 170-220       | 120                               | 350                               | 190                            | 480-800                   |
| C                             | 800                       | 170-220       | 150                               | 350                               | 230                            | 480-800                   |
| D                             | 900                       | 150-190       | 150                               | 450                               | 250                            | 480-800                   |
| E                             | 1000                      | 150-190       | 150                               | 450                               | 250                            | 480-800                   |

Todas las dimensiones en milímetros.

<sup>1</sup> Véase página siguiente.

<sup>2</sup> Anchura útil mínima.

<sup>3</sup> 27 cm tomada en horizontal desde el pasamano interior o la cara interior del espigón en caso de no haber pasamano.

<sup>4</sup> 27 cm tomada en horizontal desde el pasamano exterior o zanca exterior (adoptar el valor más pequeño).

<sup>5</sup> Centro de la anchura útil.

**Altura libre:** medida desde la línea de pendiente (uniendo tres bordes de peldaño consecutivos pasando por el eje de la escalera) hasta cualquier obstáculo superior. Normalmente 2 m, pero también puede ser aceptable 1,9 m a menos de 15 cm desde el eje del espigón.

**Rellano:** el ángulo mínimo subtendido en el centro de la escalera es 60°. Para rellanos intermedios, el ángulo mínimo es 45° o una superficie plana  $\geq$  dos huellas (adoptar la superficie mayor).

**Orientación sobre cargas:** (núm. de huellas  $\times$  0,2) + (1,5 para el rellano)

Ejemplo para 14 huellas:

$$= (14 \times 0,2) + (1,5) = 4,3 \text{ kN.}$$



## Puertas y marcos de puertas

Las funciones principales de las puertas son:

1. Proporcionar un medio de acceso y de salida.
2. Mantener la continuidad de la pared cuando están cerradas.
3. Proporcionar un nivel de privacidad y seguridad.

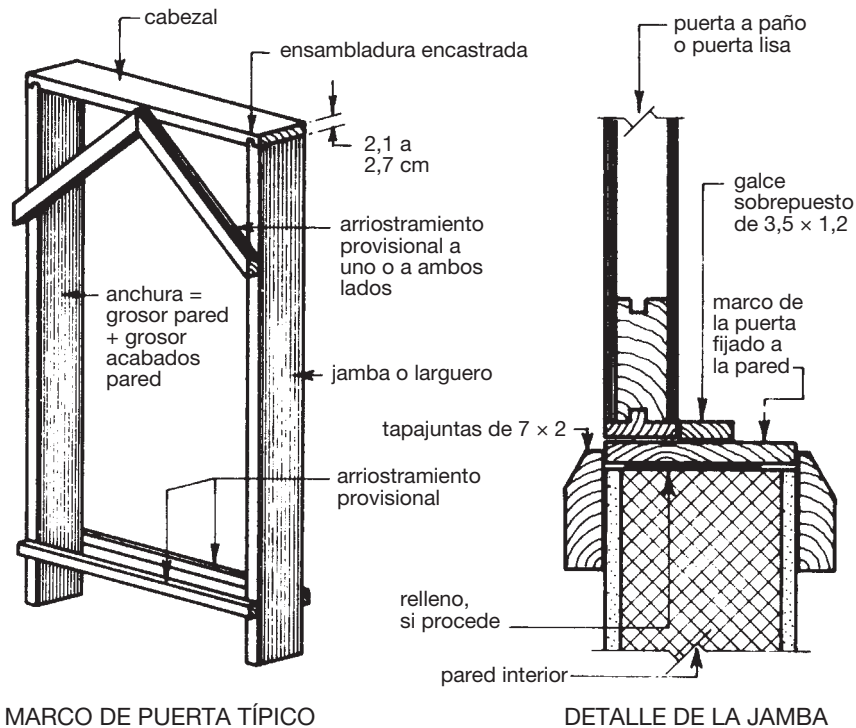
La elección del tipo de puerta puede venir determinada por:

1. Posición: interior o exterior.
2. Propiedades requeridas: resistencia al fuego, acristalada para dejar pasar la luz o la visión a su través, etc.
3. Aspecto: lisa o de tableros, pintada o barnizada, etc.

**Listados de carpintería:** su objetivo y preparación es similar a los estudiados para las ventanas en pág. 349.

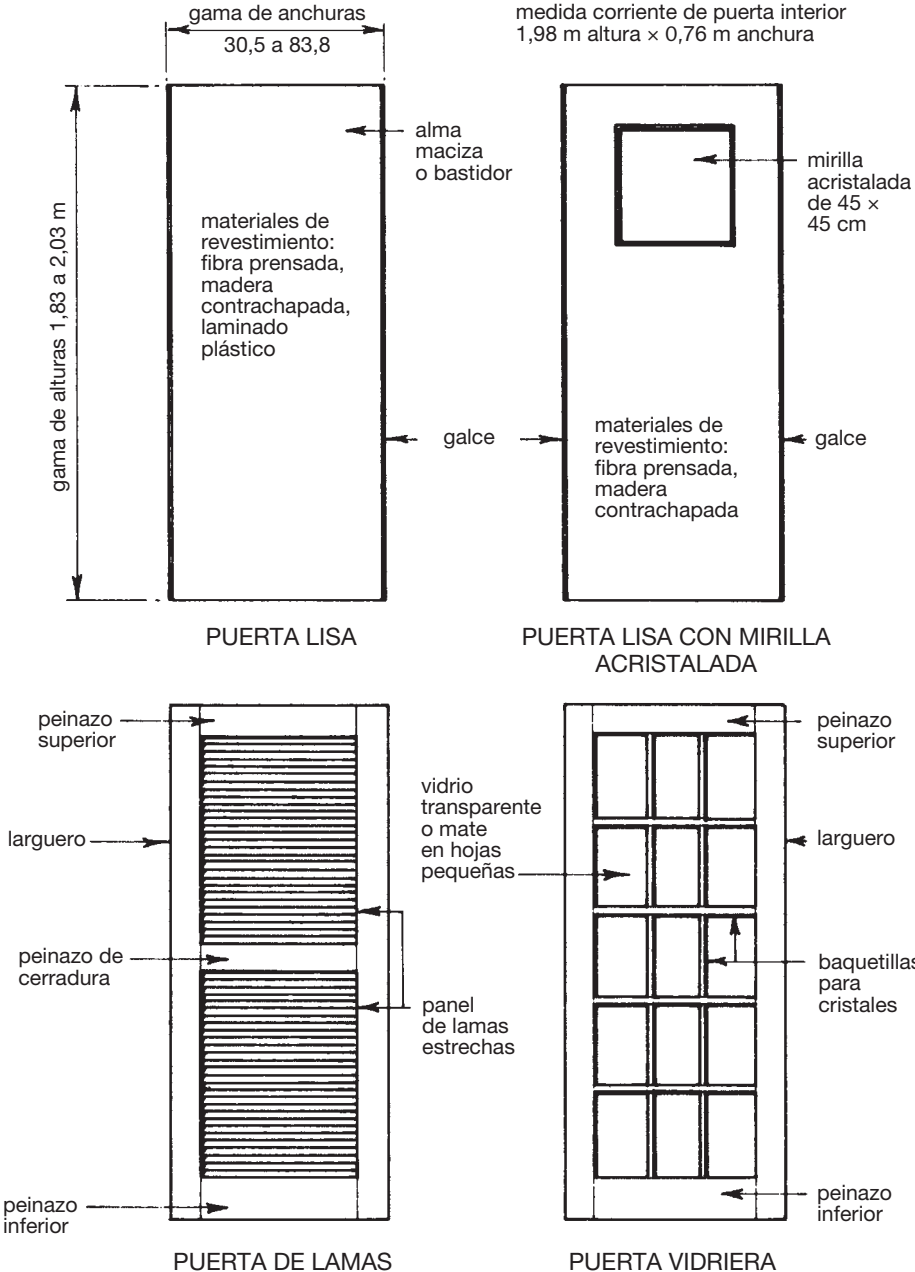
**Puertas interiores:** estas puertas suelen ser ligeras y se fijan generalmente a un marco normal de madera; en caso de puertas pesadas, pueden colgarse de marcos similares a los de las puertas exteriores. Como método alternativo, se pueden usar bastidores que tengan la altura total de la planta.

### Detalles de marcos de puertas



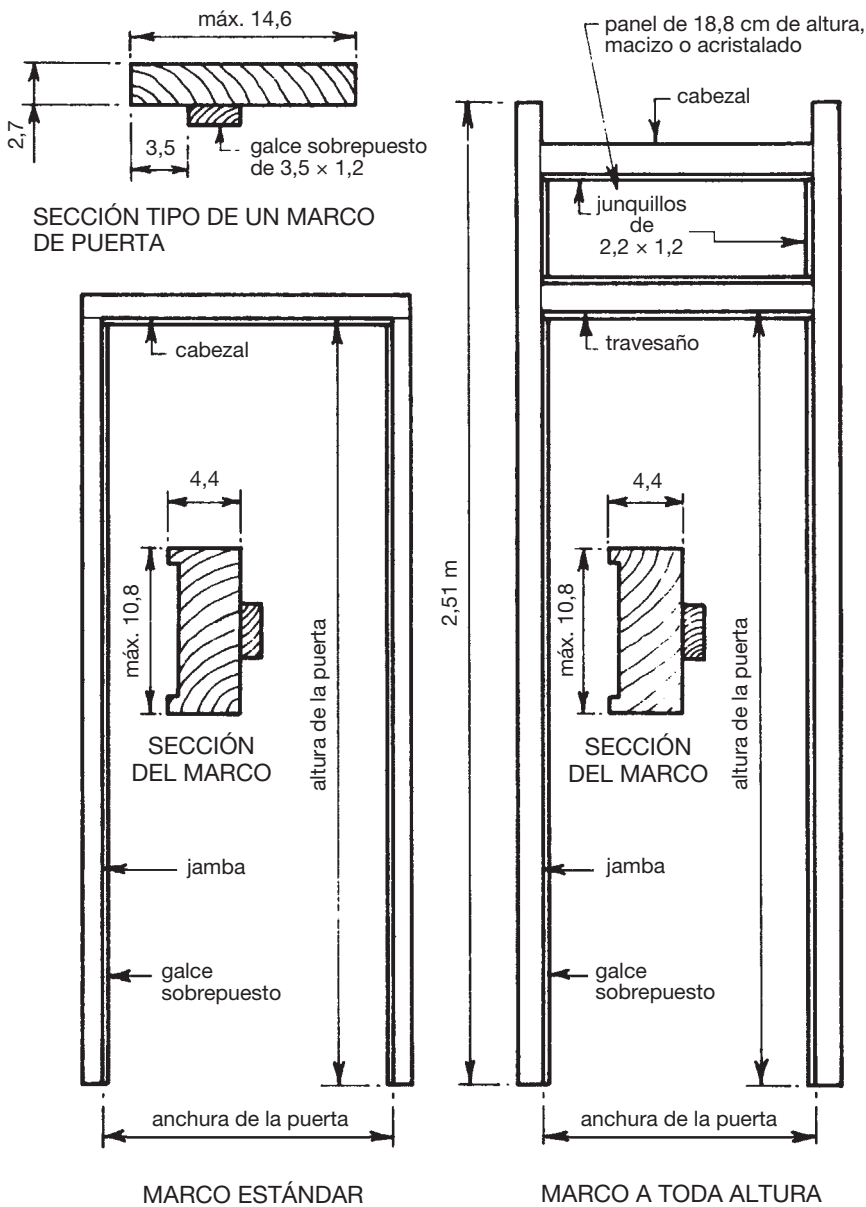
**Puertas interiores:** su construcción es similar a la de las puertas exteriores, pero generalmente son más delgadas y, por tanto, más ligeras.

### Ejemplos tipo



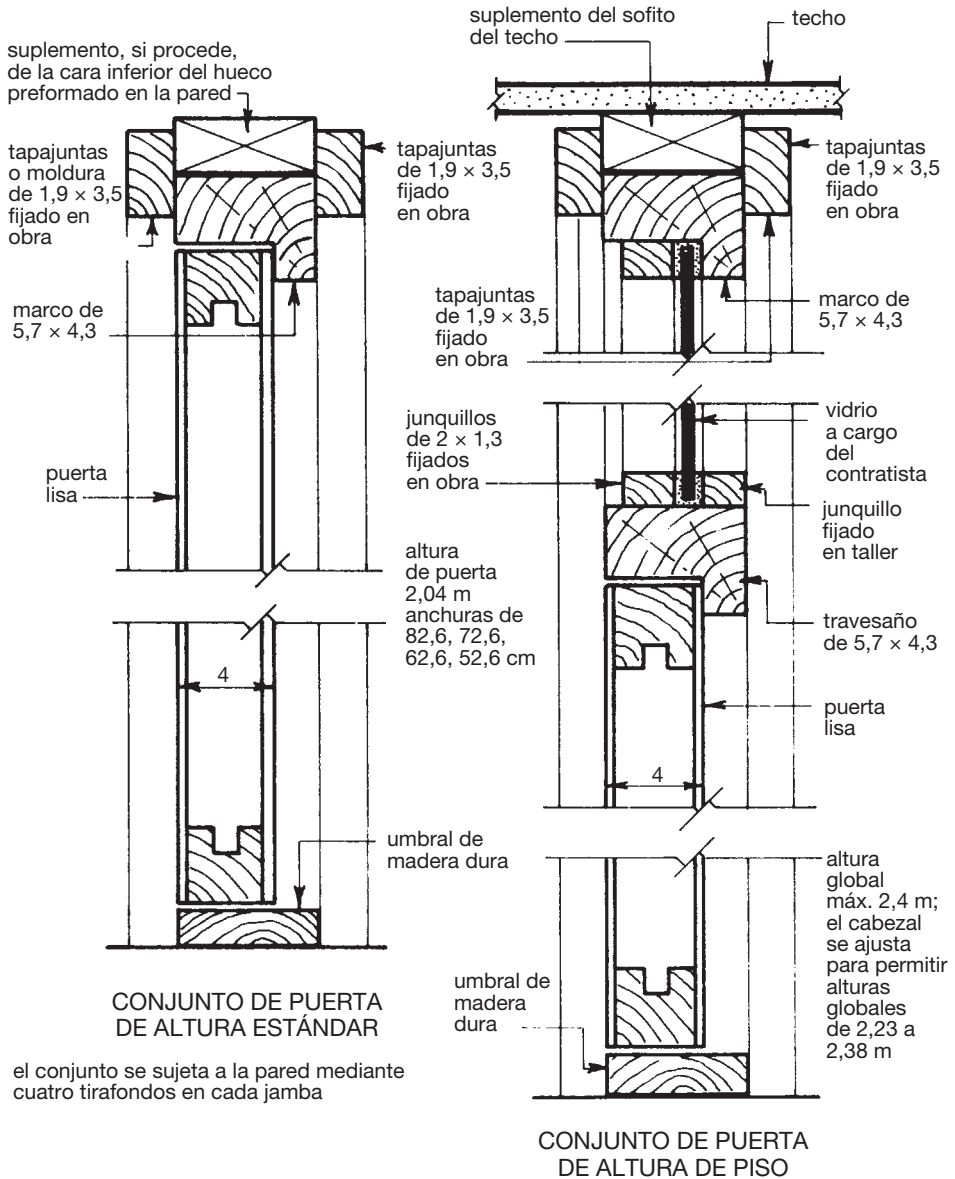
**Puertas y marcos interiores:** su construcción es similar a la de las puertas exteriores pero generalmente tiene los galces sobrepuestos y carecen de escupidor. Los marcos se dimensionan de acuerdo con los grosores de los diversos tipos de tabique y sus acabados. Generalmente, los marcos con galces sobrepuestos se emplean para las puertas domésticas interiores ligeras.

**Ejemplos tipo**



**Conjuntos prefabricados de puertas:** producidos y montados en fábrica, se suministran completos con marco, molduras y herrajes. Las puertas se cuelgan de los marcos mediante bisagras de pasador para facilitar las operaciones de cuelgue y descuelgue. Están disponibles en las dos versiones de altura estándar y altura de piso, y para los grosores normales de paredes y tabiques.

### Ejemplos tipo



## Conjuntos prefabricados de puertas ignífugas

**Conjunto prefabricado de puerta ignífuga:** es una “unidad completa de marco y hoja u hojas, suministrada con todas sus partes esenciales por una misma fuente”. La diferencia entre un conjunto prefabricado de puerta y un conjunto prefabricado de puerta ignífuga estriba en que la segunda se suministra con un certificado de resistencia al fuego para la unidad completa. Cuando se suministra como un conjunto de elementos para montar en obra recibe el nombre de kit (juego de piezas para armar).

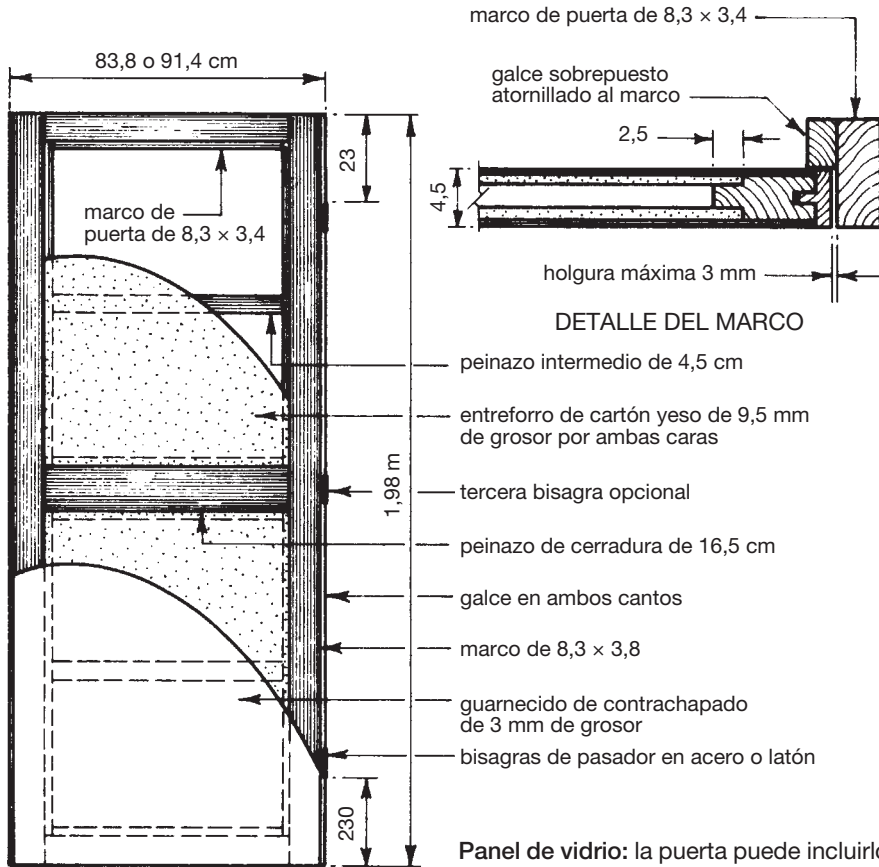
**Puerta ignífuga montada:** es un “conjunto completo instalado, que incluye marco y una o más hojas, junto con su cerrajería esencial, suministrado por fuentes independientes”. Siempre y cuando ese conjunto cumpla los requisitos y las normas contra incendios, una puerta ignífuga de estas características es una alternativa aceptable al conjunto prefabricado de puerta ignífuga.

Los conjuntos prefabricados de puerta ignífuga son generalmente más caros que las puertas ignífugas montadas, pero estas permiten una mayor flexibilidad en la elección de los componentes, aunque el tiempo de montaje en obra suele ser mayor.

**Puerta ignífuga:** una puerta ignífuga no es meramente la hoja. Cuando se habla de puerta ignífuga hay que entender, además de la hoja, el marco, la cerrajería, el acristalamiento, un núcleo intumescente y un obturador estanco al humo. La cerrajería debe tener la marca CE (conformidad europea) en el borde superior o en el lado de las bisagras.

**Puertas con resistencia al fuego de 30 min:** se construyen para garantizar la separación de sectores de incendio diferenciados y en España deben cumplir con el “Código técnico de la edificación” (CTE), “Documento básico: Seguridad en caso de incendio” (DB-SI). Existe una gran variedad de modelos producida por diversos fabricantes.\*

### Detalles tipo



### ALZADO SECCIONADO

NOTA: para obtener la mencionada estabilidad/integridad ante el fuego de 30/30 min, los cantos de la puerta deben tener galces intumescentes, véase pág. 689.

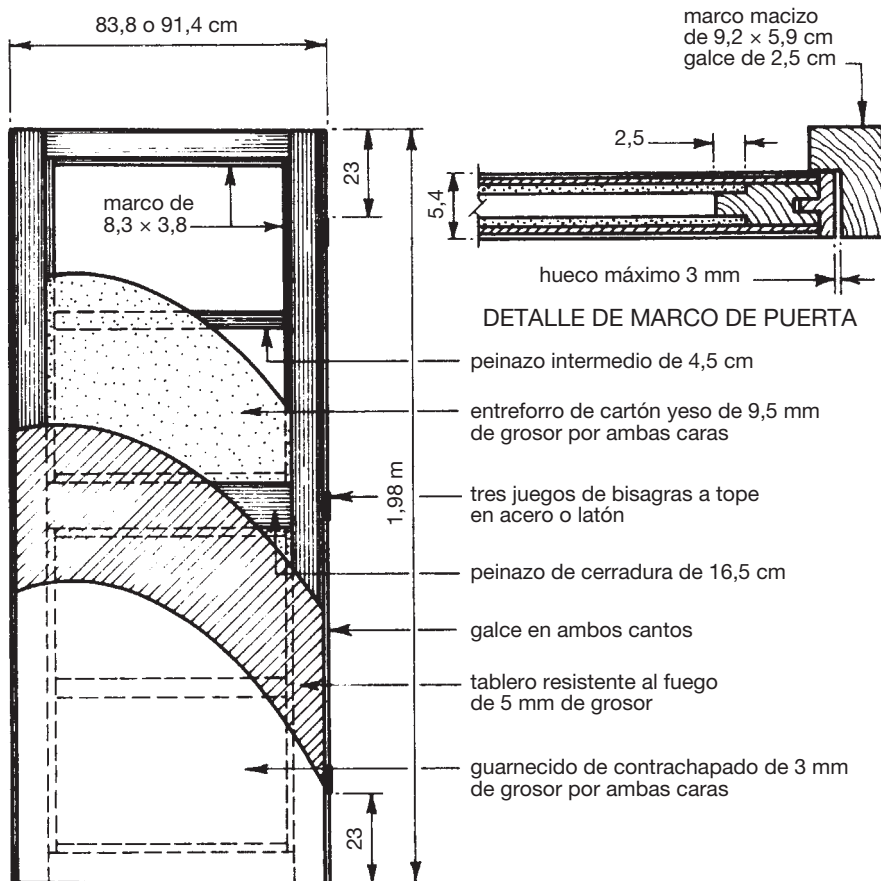
**Panel de vidrio:** la puerta puede incluirlo, siempre que el vidrio sea armado y tenga un grosor de 6 mm, con un tamaño máximo de 1,2 m<sup>2</sup>. La sujeción del vidrio se hará con tapajuntas incombustibles cuya temperatura de fusión sea no menor de 900 °C. Véase también pág. 690.

\* En España, la clasificación de los elementos de construcción en función de su comportamiento ante el fuego se rige por la norma UNE-EN 13501.

## Puertas con resistencia al fuego de 60 minutos

**Puertas con resistencia al fuego de 60 min:** como las puertas con resistencia al fuego de 30 min (véase página anterior), en España estas puertas también deben cumplir el “Código técnico de la edificación” (CTE), “Documento básico: Seguridad en caso de incendio” (DB-SI), y existe una gran variedad de modelos producida por diversos fabricantes.

### Detalles tipo



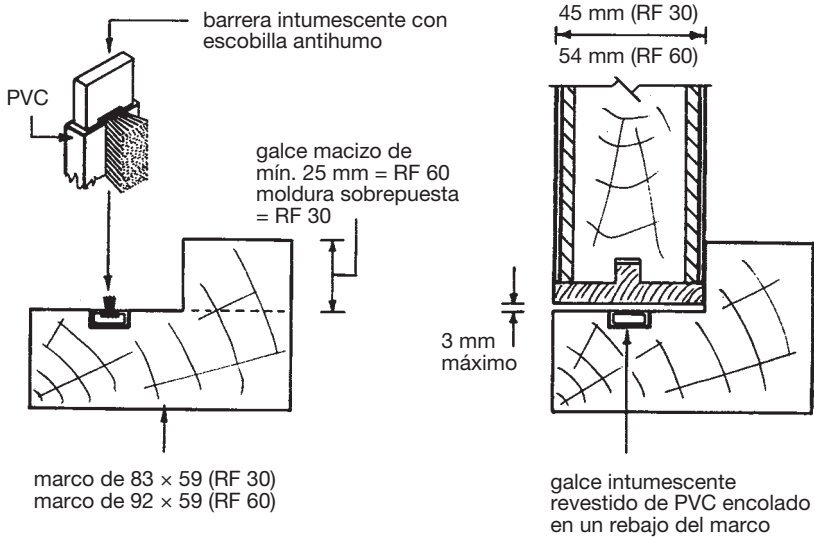
### ALZADO SECCIONADO

NOTA: para obtener la mencionada estabilidad/integridad ante el fuego de 60/60 minutos, los cantos de la puerta deben tener galces intumescentes, véase pág. 690.

**Panel de vidrio:** la puerta puede incluirlo, siempre que sea vidrio armado y tenga un grosor de 6 mm, con un tamaño máximo de 1,2 m<sup>2</sup>. La sujeción del vidrio se hará con tapajuntas incombustibles cuya temperatura de fusión sea mayor de 900 °C. Véase también pág. 690.

**Resistencia al fuego y al humo:** las puertas pueden valorarse tanto por su integridad como por su resistencia al humo. Los fabricantes producen puertas normalizadas, con resistencias de 30, 60 y 90 minutos, pudiéndose fabricar por encargo puertas con mayores prestaciones.

### Barreras contra el fuego y el humo



El núcleo intumescente puede acoplarse tanto al canto de la puerta como al marco. En la práctica, la mayoría de los fabricantes deja un rebaje en el marco donde se encaja la barrera con un adhesivo con base de goma. A temperaturas de unos 150 °C, el núcleo se expande, creando un “sellado” alrededor del borde de la puerta que se mantiene durante el tiempo de resistencia de la puerta al fuego, sin por ello impedir la su apertura para escape o acceso de socorro.

NOTA: el obturador antihumo también funciona como un sellado efectivo contra las infiltraciones de aire.



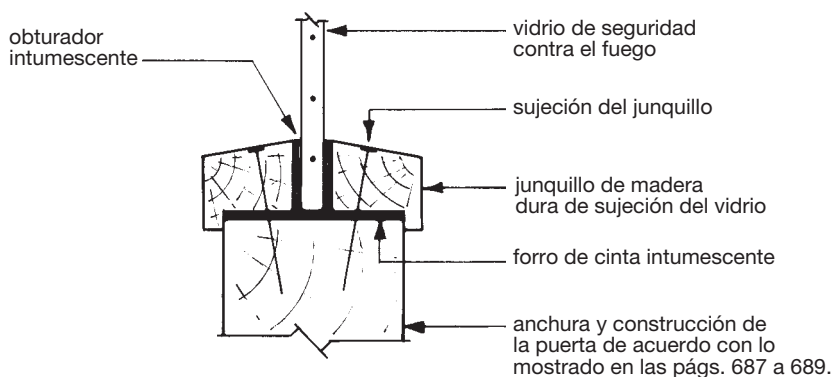
## Puertas ignífugas. Paneles de vidrio

Los huecos en una puerta ignífuga reducen su resistencia potencial al fuego si no están adecuadamente proyectadas. El material del panel debe tener la misma resistencia al fuego que la puerta en que está inserto.

### Clasificación de vidrios resistentes al fuego:

- Vidrio armado.
- Vidrio compuesto con contenido de borosilicatos y arcillas silíceas.
- Vidrio templado y endurecido.
- Vidrio laminado de varias lunas con películas intermedias de butiral polivinilo (PVB) y una película encierra cristales líquidos.

**Instalación:** junquillos de madera dura y obturadores intumescentes. Es esencial que haya compatibilidad entre el tipo de vidrio y el material del obturador, por lo que deben consultarse los detalles suministrados por los fabricantes.

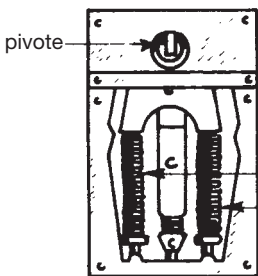
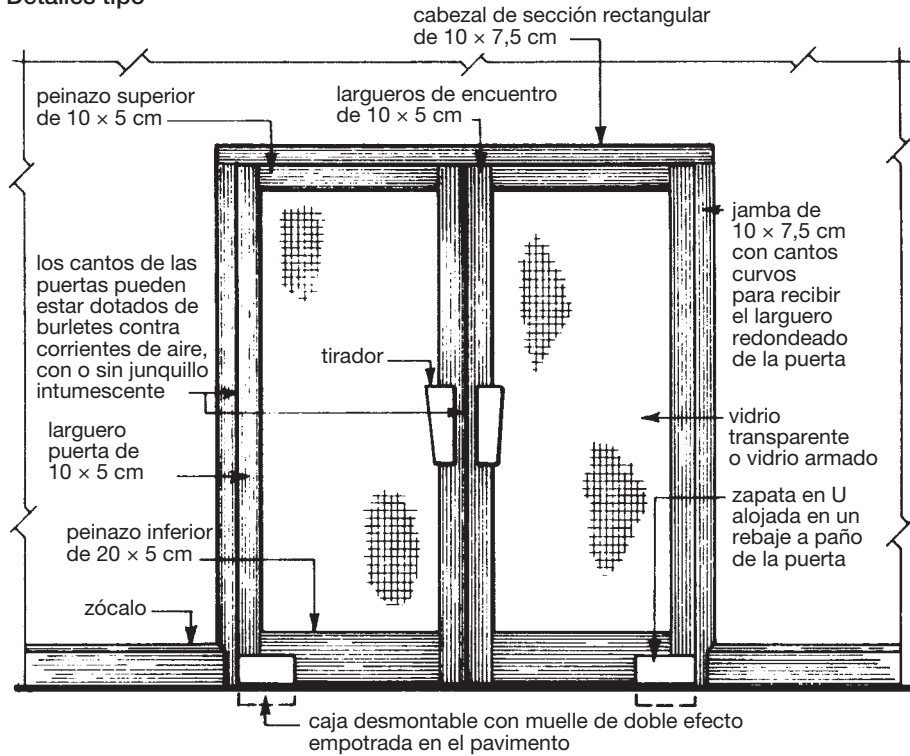


### Productos intumescentes:

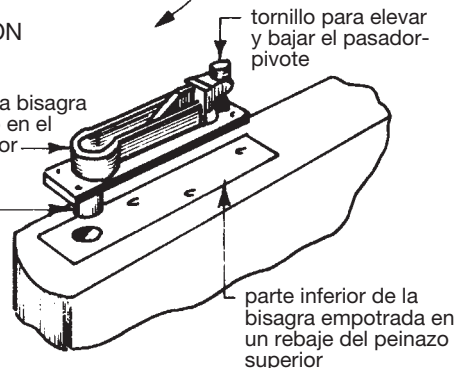
- Líquidos obturadores y mástiques aplicados a pistola.
- Cintas adhesivas.
- Bandas preformadas U aislantes.

NOTA: en el mercado también existen perfiles preformados U de fieltro de silicato de calcio. Para el caso de marcos metálicos, se fabrican especialmente cintas tejidas de fibra cerámica refractaria.

Detalles tipo



MUELLE DE DOBLE EFECTO



BISAGRA SUPERIOR

## Falsos techos de cartón yeso

**Tablero de cartón yeso:** tablero rígido formado por un alma de yeso emparedada entre dos láminas de cartón fuerte. En el caso de los falsos techos pueden usarse los tipos siguientes:

### Tablero de zócalo:

1,22 × 0,9 m × 9,5 mm de grosor, con separaciones entre apoyos ≤ 40 cm.

1,22 × 0,6 m × 12,5 mm de grosor, con separaciones entre apoyos ≤ 60 cm.

Los tableros del zócalo tienen los bordes redondeados y pueden estar acabados con un enlucido fino. Las juntas se sellan con cinta autoadhesiva de fibra de vidrio de 5 cm de anchura o bien con la cinta de papel recomendada por el fabricante. Estos tableros también se fabrican con una de sus caras revestida con una lámina de aluminio que actúa como barrera de vapor. Esa lámina evita las condensaciones en dependencias naturalmente húmedas, como un cuarto de baño, o impide que aquellas dañen el aislamiento y la madera en una construcción de “cubierta caliente”. Las juntas deben sellarse con cinta adhesiva metalizada.

### Tablero de paredes:

Grosores de 9,5, 12,5 y 15 mm, anchuras de 0,9 y 1,2 m, y longitudes de 1,8 y 2,4 m. También se fabrican tableros más largos en los grosores mayores y existe una variante con barrera de vapor. Los bordes son biselados, para juntas encintadas y rellenas en la técnica de revestimiento seco, o rectos para acabados enlucidos o texturizados.

Los tableros para falsos techos deben fijarse a rompejuntas a la cara inferior del forjado o de las vigas del techo, con puntas especiales o tornillos cincados o galvanizados, separados 15 cm como máximo. Los encuentros del falso techo con la pared se pueden reforzar con cinta de fibra de vidrio o rematarse con una moldura prefabricada de yeso.

tablero de cartón  
yeso de 12,5 mm

vigueta

enlucido fino de 1-2 mm

cinta de lienzo de 10 cm  
de anchura bajo los  
enlucidos de acabado  
del falso techo y la pared

falso techo de tablero de  
cartón yeso de 12,5 mm  
y acabado de enlucido fino

moldura cóncava de  
yeso pegada al soporte

revestimiento del muro con dos  
capas de enlucido de yeso

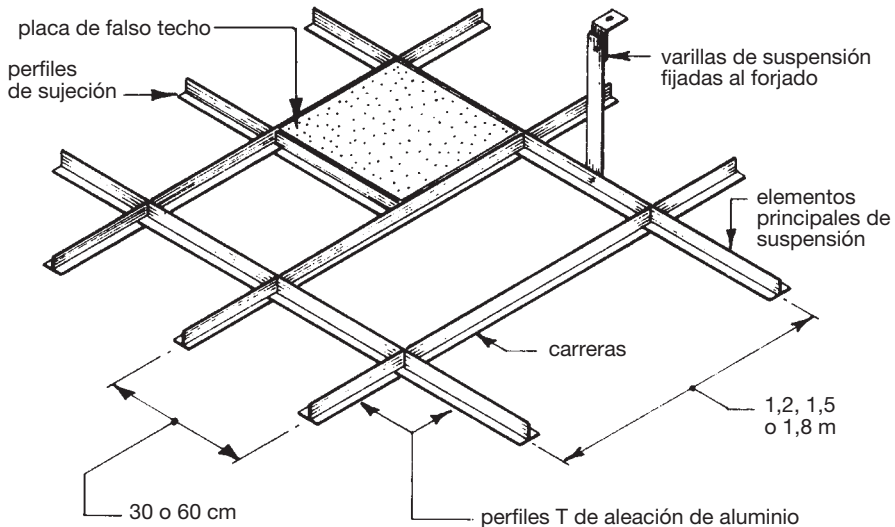
Alternativa

**Falsos techos suspendidos:** son aquellos que se fijan a una retícula suspendida del forjado, dejando un volumen hueco entre ambos elementos.

Los requisitos funcionales básicos de los falsos techos suspendidos son:

1. Deben ser de fácil construcción, reparación, mantenimiento y limpieza.
2. Su diseño debe ser tal que permita un acceso adecuado a la cámara, para el mantenimiento del sistema de suspensión, los servicios ocultos y/o aparatos de iluminación.
3. Deben proporcionar los aislamientos acústico y/o térmico requeridos.
4. Deben proporcionar suficiente control acústico en cuanto a absorción y reverberación.
5. Deben proporcionar, si procede, protección contra el fuego a las vigas de acero que soportan el forjado de hormigón y contener barreras cortafuegos dentro del hueco a intervalos definidos.
6. Deben cumplir los requisitos mínimos establecidos por la normativa básica de edificación y, en particular, las normas referentes a la propagación de las llamas sobre la superficie de los falsos techos, teniendo en cuenta las excepciones que permiten el uso de ciertos materiales plásticos.
7. Resistencia a flexión que soporte cambios de humedad y temperatura.
8. Resistencia al impacto.
9. El diseño debe estar basado en un módulo de proyecto y preferiblemente en un sistema coordinado de medidas.

#### Disposición de un falso techo de estructura reticulada



## Falsos techos suspendidos

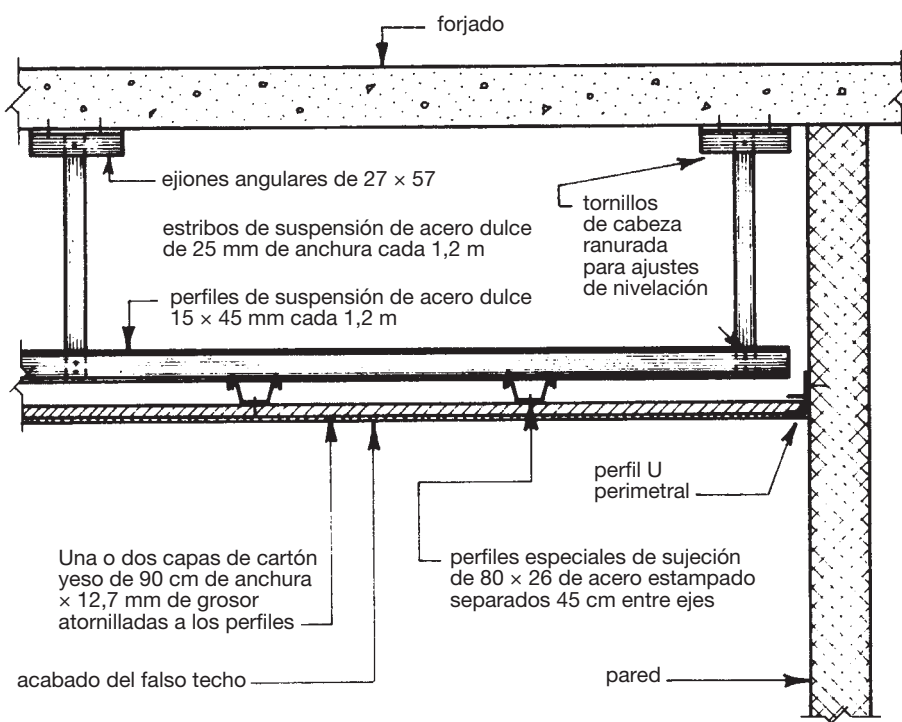
**Clasificación de los falsos techos suspendidos:** no existe un único sistema estándar de clasificación, ya que unos se clasifican por su función, como los falsos techos luminosos y los acústicos, otros se clasifican por los materiales empleados o por el sistema constructivo. Este último método de clasificación de falsos techos es el más práctico, pues casi todos ellos pueden ser incluidos en alguno de los tres grupos siguientes:

1. Falsos techos suspendidos sin juntas.
2. Falsos techos suspendidos de placas (véase pág. 695).
3. Falsos techos suspendidos decorativos y abiertos (véase pág. 696).

**Falsos techos suspendidos sin juntas:** proporcionan una superficie continua y sin juntas con aspecto de techo convencional. A veces se elige este método para cumplir los requisitos de resistencia al fuego o para obtener un falso techo robusto.

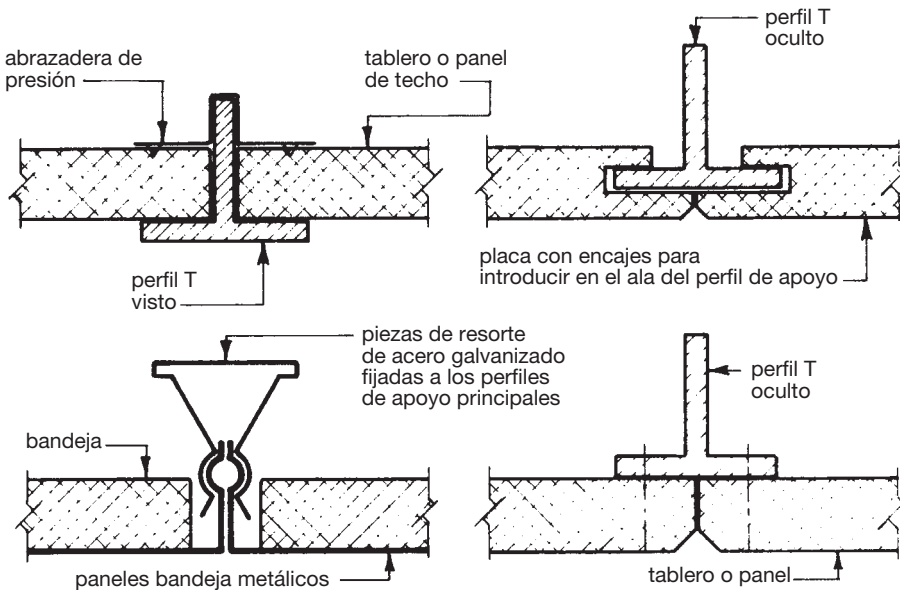
Los dos materiales de construcción más comúnmente empleados son el cartón yeso o las planchas de metal foraminado, con un acabado aplicado manualmente a base de enlucido de yeso o un enfoscado pulverizado con base de cemento.

### Detalles tipo

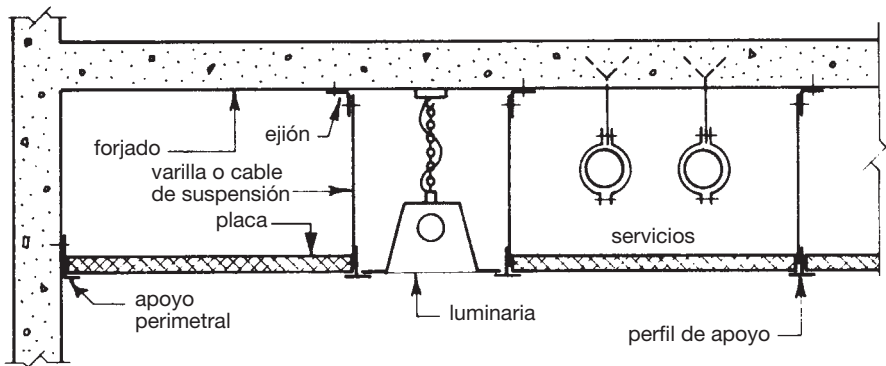


**Falsos techos suspendidos de placas:** la forma más popular de falso techo suspendido, consisten en una retícula resistente suspendida del forjado, a la que se sujetarán las placas de acabado. El formato de los elementos de acabado es muy variable –placas, bandejas, tableros o listones–, así como los materiales de que están compuestos y los perfiles de sujeción, que pueden quedar vistos u ocultos. Normalmente se incorporan las luminarias dentro del sistema. Los sistemas con paneles suelen ser de fácil montaje e instalación; para efectuar la nivelación inicial y final se puede emplear un nivel de agua o rayo láser. La mayoría de sistemas incluye la previsión de acceso para efectuar las operaciones de mantenimiento.

#### Detalles de sistemas de sujeción tipo

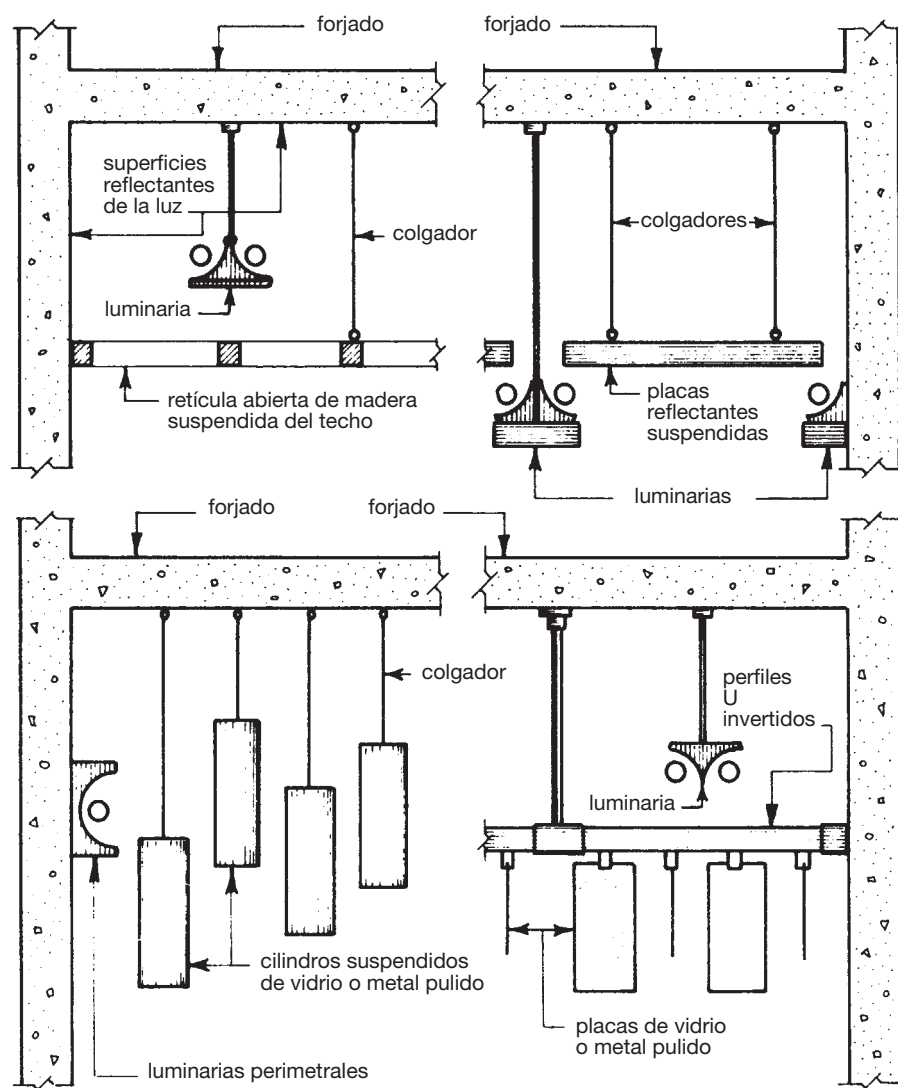


#### Detalle característico de falso techo suspendido de paneles



**Falsos techos suspendidos decorativos y abiertos:** generalmente consisten en una retícula abierta o en formas colgantes sueltas, por encima o por debajo de las cuales se cuelgan las luminarias para conseguir determinados efectos luminosos decorativos. La mayor parte de esos techos se diseñan y construye a medida, por oposición a los sistemas corrientes panelados o de techos sin juntas.

### Ejemplos tipo



**Funciones:** las principales funciones de la pintura son:

1. Proporcionar un método económico de protección superficial a los materiales y componentes del edificio.
2. Proporcionar un método económico de decoración superficial a los materiales y componentes del edificio.

**Composición:** la composición de las pinturas puede ser bastante compleja, pero, en general, los componentes básicos son:

1. *Aglutinante:* es el medio líquido que se seca para formar la película superficial y puede estar compuesto de aceite de linaza, aceites secantes, resinas sintéticas y agua. Su primera función es proporcionar un medio de expansión de la pintura sobre la superficie y, al mismo tiempo, servir como aglutinante del pigmento.
2. *Pigmento:* confiere a la pintura las propiedades de cuerpo, color, durabilidad y protección contra la corrosión. Los pigmentos de albayalde (carbonato de plomo) son muy duraderos y resistentes a la humedad, pero son venenosos, por lo que su uso se restringe generalmente a trabajos de imprimación y primeras manos. Si una pintura contiene algún pigmento de plomo, es obligatorio hacerlo constar en el recipiente. El pigmento de uso más general en pintura es el dióxido de titanio, que no es venenoso y tiene unas buenas cualidades sellantes.
3. *Disolventes y diluyentes:* estos materiales se suelen añadir a las pinturas para alterar su viscosidad.
4. *Desecadores:* aceleran el secado absorbiendo el oxígeno del aire y oxidando la pintura, formando así un sólido. Metales solubles en aceite secante de linaza o aguarrás mineral.

**Tipos de pintura:** el mercado ofrece una amplia gama de productos, pero para la mayoría de usos generales se pueden considerar los siguientes tipos:

1. *Pinturas derivadas del petróleo:* existen pinturas para cada una de las fases: de imprimación, primeras manos y manos de acabado. Las últimas están disponibles en una extensa gama de colores y acabados: mate, loza fina, lustroso, brillante y esmaltado. Las pinturas de poliuretano son sólidas y resistentes al agua y a la limpieza. Las pinturas derivadas del petróleo son adecuadas para casi todos los usos, siempre que se empleen conjuntamente con una imprimación y una primera mano correctas.
2. *Pinturas de base acuosa:* buena parte de ellas puede agruparse bajo el nombre genérico de pinturas de emulsión y los diversos acabados posibles se obtienen añadiendo al medio acuoso aditivos como resinas alquídicas y acetato de polivinilo. Entre los posibles acabados se encuentran el mate, el lustroso, el semibrillante y el brillante. Estas pinturas son de fácil aplicación, secan con rapidez y pueden obtenerse con un acabado lavable, siendo aplicables a la mayoría de los usos.



**Suministro:** generalmente la pintura se suministra en botes o latas de metal cuyas capacidades oscilan entre 250 ml y 5 l.

**Aplicación:** la pintura puede aplicarse a casi todas las superficies, siempre y cuando la preparación de la superficie y las secuencias de las diversas manos sean las correctas. En todos los casos es necesario seguir las instrucciones de aplicación del fabricante. La preparación de la superficie que va a recibir la pintura es de la máxima importancia, no en vano una de las causas principales de fracasos en la pintura es una mala o nula preparación. Básicamente, la preparación consiste en eliminar toda la suciedad, grasa polvo, para asegurar que la superficie vaya a proporcionar un buen agarre a la pintura que se le va a aplicar. En obra nueva, la secuencia habitual de capas es la siguiente:

1. *Imprimación:* se emplea sobre superficies sin pintar para obtener la adherencia necesaria y evitar la corrosión de los metales ferrosos. En maderas nuevas, y previamente a la aplicación de la capa de imprimación, es preciso tratar los nudos con una solución de goma laca u otras resinas derivadas del alcohol.
2. *Primeras manos:* se utilizan sobre la mano de imprimación una vez subsanados los defectos de la madera con un sellador o un material de relleno adecuado. La función primordial de estas primeras manos es proporcionar la opacidad y el cuerpo necesarios para la aplicación de la(s) mano(s) de acabado.
3. *Acabado:* se aplica directamente sobre la primera mano, en una o más capas, para proporcionar al material el color y acabado requeridos.

La pintura puede aplicarse mediante:

1. *Brocha:* es importante escoger cuidadosamente el tipo, tamaño y calidad de brocha. Para conseguir un acabado de primera calidad es preciso tener pericia.
2. *Pistola:* al igual que con la pintura a brocha, para lograr un acabado de primera calidad se requiere pericia. En construcción pueden emplearse pulverizadores de aire comprimido o pulverizadores sin aire.
3. *Rodillo:* método sencillo y económico de aplicar con rapidez y limpieza una amplia gama de pinturas sobre superficies planas y con relieve. El tamaño de los rodillos varía entre 5 y 45 cm, mientras que su material de recubrimiento puede ser de pelo ovino, pelo sintético, *mohair* y poliestireno esponjoso.

Todos los aplicadores de pintura deben limpiarse concienzudamente después de usarlos.

**Pintura:** los principales objetivos de la aplicación de las manos de pintura sobre una superficie son su conservación, protección y embellecimiento con el fin de conseguir un acabado de fácil limpieza y mantenimiento. Para lograrlo, es fundamental que la preparación de la superficie y la aplicación de la pintura sean las adecuadas. Con la fase de preparación de las superficies, sean nuevas o previamente pintadas, se pretende que la superficie sea lisa, esté limpia, seca y estable antes de aplicar la pintura.

#### **Técnicas básicas de preparación de superficies:**

*Madera:* para asegurar una correcta adherencia de la capa de pintura, la madera deberá tener un contenido de humedad inferior al 18 %. Se preparará la superficie de la madera con papel de lija para conseguir una superficie lisa, cepillada y exenta de polvo y grasa (esta última se eliminará con un alcohol adecuado). Es esencial efectuar un concienzudo tratamiento de los nudos, bien sea sellando con dos capas de algún producto tapanudos, o bien, en casos extremos, eliminando el nudo y substituyéndolo por madera sana. El relleno y sellado de las grietas y agujeros con masilla o algún producto adecuado debe llevarse a cabo después de la aplicación de la mano de imprimación.

Es necesario dejar secar bien cada una de las manos de pintura y restregar antes de aplicar la siguiente capa. En caso de superficies previamente pintadas, si la pintura antigua está en condiciones razonablemente buenas, bastará con limpiar y lijar la superficie antes de volver a pintar. En cambio, si la pintura vieja está en malas condiciones será necesario eliminar por completo las capas de pintura y, seguidamente, preparar la superficie tal como se ha descrito más arriba para la madera nueva.

*Tableros de cartón de fibra:* la mayoría de estos tableros no requiere ninguna preparación especial, salvo la aplicación de algún sellante siguiendo las instrucciones del fabricante.

*Hierro y acero:* la clave para pintar con éxito el hierro y el acero es una buena preparación del soporte, que incluye la eliminación del óxido, las cascarillas de laminación, restos de aceite, grasa y yeso. Esto se puede conseguir manualmente con un cepillo de alambre, con medios mecánicos tales como la granalladora (chorro de granalla), la desoxidación por flameo con soplete y por procesos químicos; muchos de estos procesos se llevan a cabo rutinariamente en el propio taller de fabricación de acero antes de aplicar la capa de imprimación.

*Enlucidos:* el requisito esencial de la preparación es asegurar que la superficie del enlucido esté perfectamente seca, lisa y sin defectos antes de aplicar alguna mano de pintura, especialmente cuando se utilizan pinturas brillantes. Los enlucidos que contengan cal, y antes de aplicar las manos finales de acabado, deberán ser tratados con una mano de imprimación resistente a los álcalis una vez que la superficie del enlucido esté completamente seca.

**Defectos de la pintura:** pueden ser debidos a una escasa o incorrecta preparación de la superficie o a una mala aplicación de la pintura y/o reacciones químicas. El remedio general es eliminar toda la pintura afectada y llevar a cabo la preparación adecuada de la superficie, antes de aplicar, correctamente esta vez, las nuevas capas de pintura. Generalmente, los defectos de la pintura quedan a la vista, por lo que es conveniente diagnosticar con precisión la causa antes de aplicar los remedios.

### Defectos tipo de la pintura:

1. *Sangrado:* superficie de la pintura manchada o discontinua por acción química; generalmente la causa es haber aplicado un tipo incorrecto de pintura sobre otro. La solución es eliminar la superficie de pintura afectada y volver a pintar con el tipo de pintura adecuado.
2. *Ampollamiento:* defecto observable pasado un cierto tiempo de la aplicación de la pintura. Generalmente se debe a la presencia de resina o humedad atrapadas entre dos capas, lo que provoca la subsiguiente expansión que nos detecta el defecto. El remedio es eliminar todas las capas de pintura y asegurarse de que la superficie esté perfectamente seca antes de volver a pintar.
3. *Pérdida de brillo:* es decir, obtención de acabados con brillo sensiblemente inferior al deseado. Suele producirse en pinturas o barnices muy brillantes debido a la presencia de humedad durante la aplicación; este defecto puede evitarse no pintando en esas condiciones. El remedio es eliminar la pintura afectada y volver a pintar.
4. *Desintegración en polvo:* la superficie afectada por este defecto se desintegra en polvo debido al envejecimiento natural o al uso de pinturas de baja calidad. El remedio consiste en eliminar la pintura, preparar la superficie y volver a pintar.
5. *Cuardeado:* por lo común debido a la desigual elasticidad de las diversas capas de pintura. El remedio es eliminar la pintura afectada y repintar con capas de pintura compatibles.
6. *Descascarillamiento y exfoliación:* pueden ser debidos a mala adherencia, presencia de humedad, pintura sobre sustratos sucios o a una mala preparación del sustrato. El remedio es eliminar la pintura defectuosa, preparar la superficie y volver a pintar.
7. *Transparencias:* debidas a la escasa opacidad de la película de pintura de acabado que permite la aparición del fondo o de la capa inferior, a la que no logra “tapar” completamente. Puede ser debido a un grosor demasiado escaso de la capa de acabado, al bajo poder cubriente de la pintura o al uso de un color inadecuado. El remedio es aplicar más capas de pintura hasta obtener el acabado deseado.
8. *Saponificación:* formación de jabón a partir del álcali presente en la superficie pintada. La pintura acaba destruyéndose, apareciendo un líquido castaño en la superficie. El remedio es eliminar las capas de pintura y sellar la superficie alcalina antes de volver a pintar.

**Carpintería y ebanistería:** abarcan desde la producción en cadena, en la que se fabrica un producto en grandes series –una puerta, por ejemplo–, utilizando generalmente una maquinaria diseñada a propósito, hasta la producción por lotes, en la que se fabrica un número limitado de artículos similares con la ayuda de máquinas de carpintero convencionales. La carpintería hecha a medida suele fabricarse manualmente, utilizando un número limitado de máquinas, y se recurre a ella en trabajos especiales o en encargos de alta ebanistería.

**Maquinaria de carpintería:** dejando aparte las herramientas eléctricas portátiles tales como taladros, cepillos, sierras y lijadoras, la mayor parte de la maquinaria de carpintero precisa ser fijada a una base sólida y conectada a un sistema extractor para recoger el serrín y las astillas producidas por las máquinas.

**Sierras:** básicamente, existen tres formatos: circular, alternativa de trozar y de cinta o sin fin. Las sierras circulares son máquinas de uso general dotadas, por lo general de dientes de carburo de tungsteno y con una velocidad de avance de hasta 60 por minuto. Las sierras alternativas de trozar van acompañadas de un banco largo para apoyar la madera. Las sierras circulares de carpintería pueden emplearse con mesas ajustables en altura, pudiendo sustituir a las sierras de cinta de taller para efectuar toda clase de cortes de madera. Las sierras de cinta consisten en una estrecha cinta delgada, flexible y sin fin, guiada como una correa de transmisión, y una mesa sobre la que se apoya la madera. Generalmente se utilizan para trabajos curvos.

**Cepilladoras:** en talleres pequeños suele usarse una combinación de cepilladoras y regruesadoras; las mesas de planear y de regruesar van dispuestas una encima de otra, con los árboles de cuchillas entre ambas; la superior es la de planear, la inferior es la de regruesar, abriéndose las dos mitades de la mesa superior por giro hacia los lados o hacia arriba. La cepilladora tiene una guía que puede inclinarse para el cepillado oblicuo y, generalmente, puede rebajarse la bancada posterior para las operaciones de rebajo. El mismo cabezal portacuchillas rotatorio se usa para todas las operaciones. Dado que se trata de una operación alimentada manualmente, las velocidades de cepillado dependerán del operario, mientras que en el regruesado la alimentación es mecánica, con una velocidad de avance comprendida entre 6.000 a 20.000 revoluciones por minuto. La profundidad máxima de cepillado es, por lo general, de 1 cm por pasada.

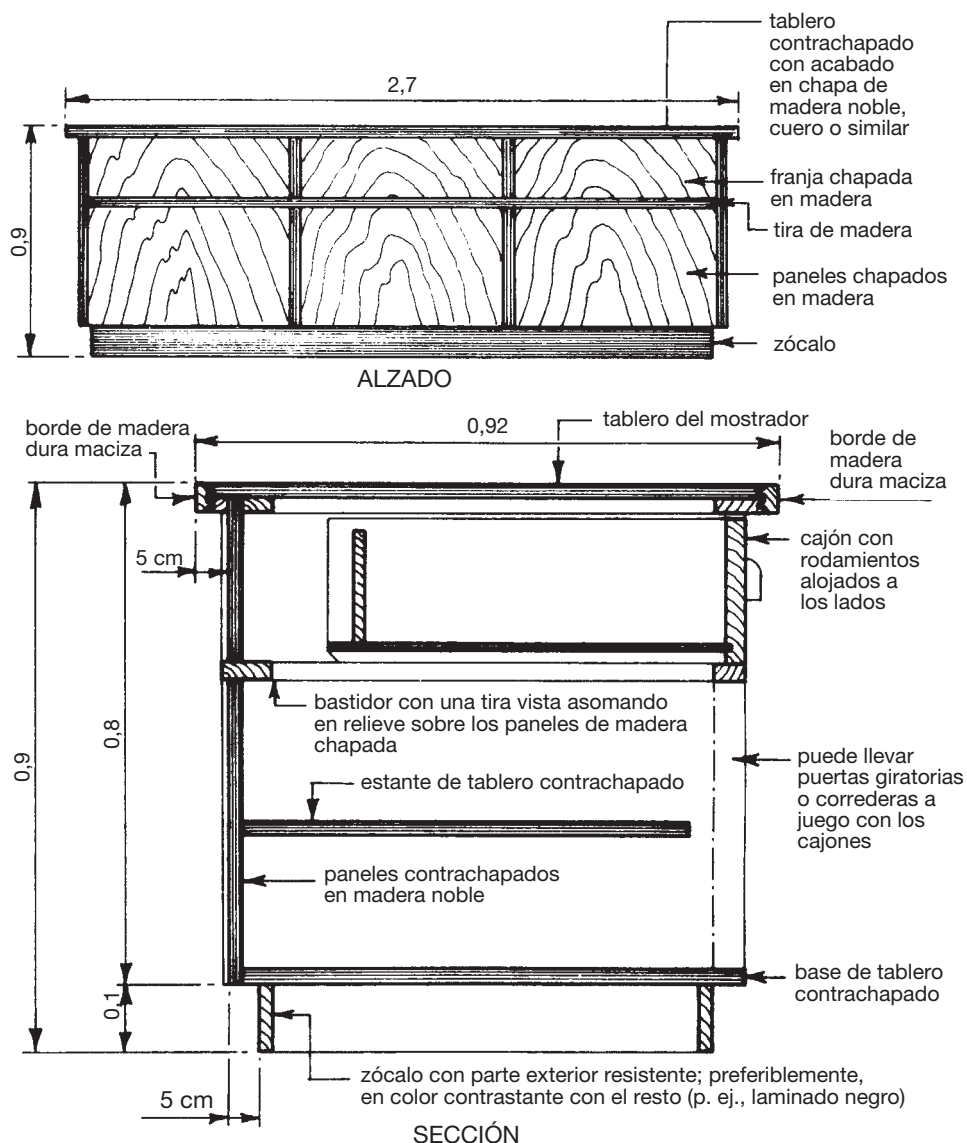
**Escopleadoras:** se utilizan para abrir mortajas de ensamblaje de hasta 25 mm de anchura y pueden ser de cincel o de cadena de cuchillas. Las primeras consisten en un cincel hueco que contiene una broca o trépano, mientras que las segundas tienen una cadena de cuchillas sin fin.

**Espigadoras:** estas máquinas, con sus cabezales portacuchillas rotatorios, se utilizan principalmente para labrar espigas de ensamblaje, aunque en la mayoría de los casos pueden adaptarse para hacer surcos, mortajas y para trozar.

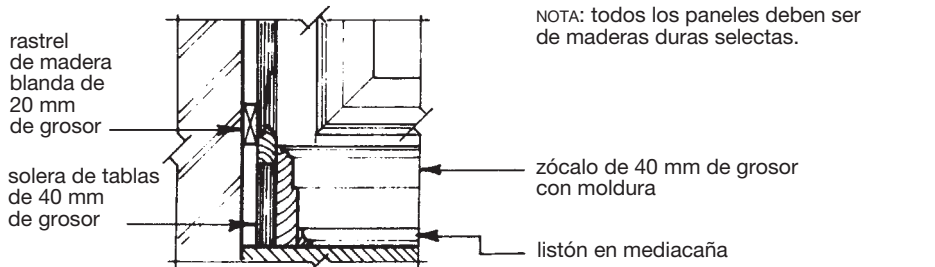
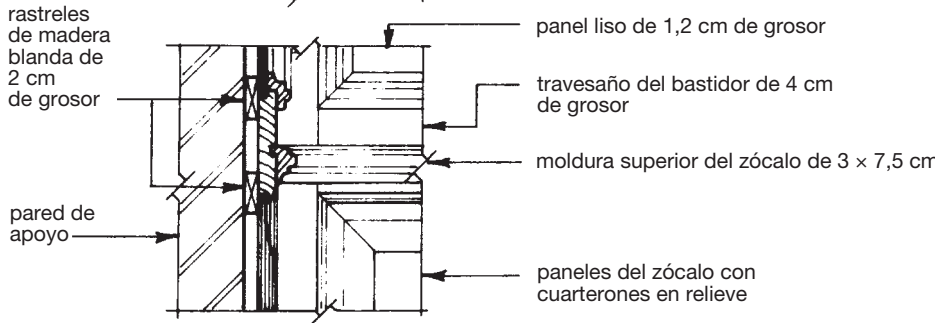
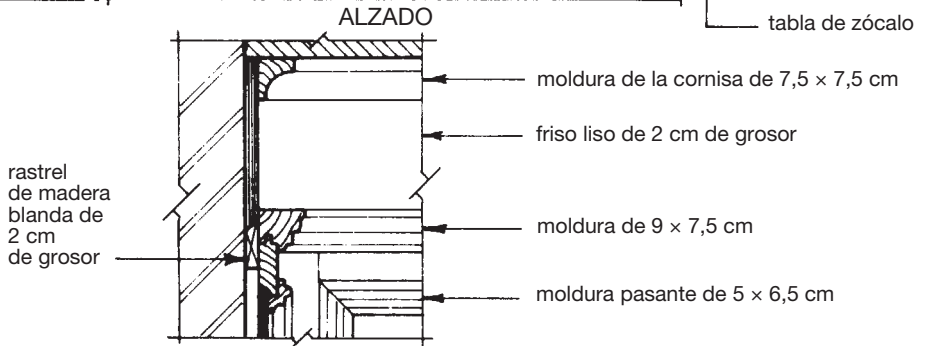
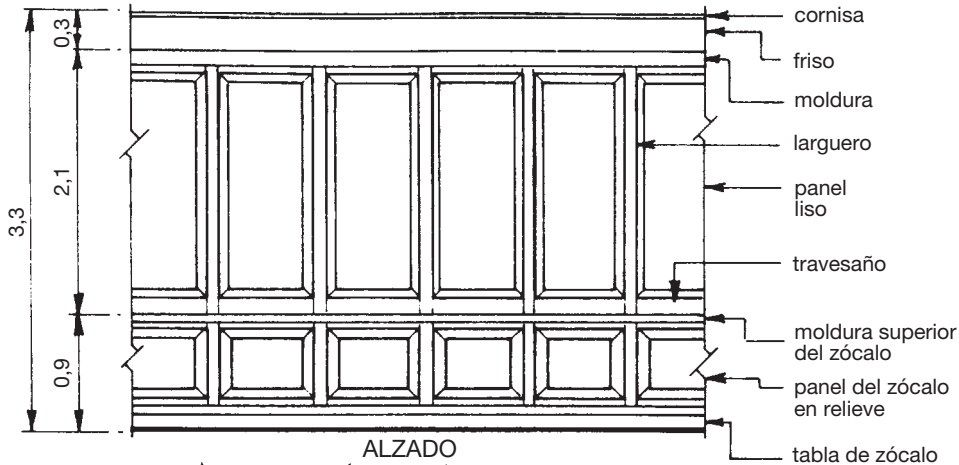
**Tupías o fresadoras de mesa:** estas máquinas disponen de un cabezal portacuchillas que gira horizontalmente en torno a un eje vertical al que se fijan cuchillas estándar o especiales para labrar molduras, sustituyendo ventajosamente a la variedad de cepillos con los que antes se realizaban estas operaciones. También permiten obtener con rapidez y precisión diversos tipos de ensamblajes.

**Carpintería y ebanistería hecha a medida:** muchos productos (puertas, ventanas, escaleras y armarios) pueden comprarse directamente a los fabricantes hechos en serie, pero también es frecuente que se hagan por encargo para satisfacer los requisitos del cliente, proyectista, y/o usuario, para satisfacer una necesidad específica, para que encajen en un lugar concreto, como un requisito específico de la decoración o para crear un particular ambiente interior. Estos artículos de carpintería o ebanistería hechos a medida pueden abarcar desde el objeto más sencillo hasta diseños de gran complejidad que requieran altos grados de especialización en taller y en obra.

#### Detalles característicos de un mostrador hecho a medida



Detalles característicos de un panelado mural hecho a medida



NOTA: todos los paneles deben ser de maderas duras selectas.

SECCIÓN

**Maderas para ebanistería:** para trabajos de ebanistería se emplean tanto maderas blandas como duras. Las blandas se utilizan por su estabilidad, durabilidad y/o manejabilidad si el acabado va a ser una pintura, pero si se quiere dejar la madera con su color natural habrá que tener en cuenta la textura y el aspecto de las vetas. Por lo general, las maderas duras se dejan en su color natural y se tratan con tapaporos o barniz transparente; por tanto, en la selección de estas maderas para trabajos de alta ebanistería son de gran importancia la textura, el color y el dibujo del veteado.

### **Maderas blandas típicas adecuadas para trabajos de ebanistería:**

1. *Pino Oregón*: disponible en secciones de gran longitud, destaca por sus vetas rectas. Su color varía del castaño rojizo al rosado. Es adecuado para carpintería general y alta ebanistería. Densidad aproximada: 530 kg/m<sup>3</sup>.
2. *Secuoya*: es una madera blanda muy utilizada para trabajos de ebanistería general. Tiene una buena durabilidad, sus vetas son rectas y su color oscila entre el castaño rojizo y el color pajizo. Densidad aproximada: 430 kg/m<sup>3</sup>.
3. *Picea o abeto falso*: similar a la secuoya, pero con menor durabilidad. De color amarillo pálido a blanco rosado, se utiliza principalmente para armazones básicos y elementos ocultos de carpintería. Densidad aproximada: 650 kg/m<sup>3</sup>.
4. *Picea de Sitka*: conífera originaria de Alaska, Canadá occidental y noroeste de Estados Unidos que mide entre 50 y 70 m de altura. Sus fibras blancas largas y fuertes proporcionan una madera de calidad para tableros y contrachapados. Densidad aproximada: 450 kg/m<sup>3</sup>.
5. *Pino tea*: madera blanda, compacta y resistente adecuada para trabajos de ebanistería general. Su color oscila entre el rojo claro y el amarillo rojizo, y suele tener grandes nudos que, en algunos casos, se emplean para obtener efectos decorativos. Densidad aproximada: 650 kg/m<sup>3</sup>.
6. *Pino araucano*: madera de moderada durabilidad y vetas rectas, está disponible en una amplia gama de tamaños. Adecuado para trabajos de ebanistería general, especialmente para escaleras. Su color varía del castaño claro al oscuro con ocasionales estrías rosadas. Densidad aproximada: 560 kg/m<sup>3</sup>.
7. *Tsuga albertiana*: madera blanda duradera adecuada para trabajos de ebanistería interior, y especialmente para empanelados. Color amarillo claro a castaño rojizo. Densidad aproximada: 500 kg/m<sup>3</sup>.
8. *Cedro rojo*: originario de la Columbia británica y del oeste de Estados Unidos. Tiene una madera de veteado recto, muy adecuada para puertas lisas y tableros. Densidad aproximada: 380 kg/m<sup>3</sup>.

**Maderas duras típicas adecuadas para trabajos de ebanistería:**

1. *Haya*: madera dura de fibra apretada con algunas vetas plateadas situadas ocasionalmente entre las predominantes, que van del color amarillo rojizo a castaño claro. Adecuada para todos los trabajos de ebanistería interior. Densidad aproximada: 700 kg/m<sup>3</sup>.
2. *Iroko*: madera africana de grano duro, con una buena resistencia a la intemperie y a los insectos, tiene generalmente un color entre el castaño dorado y el amarillo verdoso. Adecuada para todo tipo de trabajos de ebanistería de calidad. Densidad aproximada: 660 kg/m<sup>3</sup>.
3. *Caoba (africana)*: madera dura, compacta y veteada de gran durabilidad. Tiene un atractivo color que va del pardo claro al rojo oscuro, y es adecuada para empañados y todos los tipos de trabajos de ebanistería selecta. Densidad aproximada: 560 kg/m<sup>3</sup>.
4. *Caoba (hondureña)*: madera dura, compacta, con un veteado generalmente recto, aunque puede presentar un dibujo jaspeado o acaracolado. Su color oscila entre el rojo claro y el castaño rojizo, y es adecuada para todos los tipos de trabajos de alta ebanistería. Densidad aproximada: 530 kg/m<sup>3</sup>.
5. *Caoba (sudamericana)*: madera dura, estable y duradera, con un hermoso veteado, presenta un colorido que va del rojo intenso al castaño. Adecuada para todo tipo de trabajos de alta ebanistería, y particularmente aquellos que requieran un acabado muy pulido. Densidad aproximada: 550 kg/m<sup>3</sup>.
6. *Roble (inglés)*: madera dura muy resistente con una amplia variedad de veteado. Generalmente, tiene un color que va del castaño claro al castaño cálido, y es adecuada para todo tipo de ebanistería, pero no debe usarse con materiales ferrosos por el peligro de que se produzcan manchas por la interacción entre ambos materiales (el ácido gálico del roble provoca corrosión en los metales ferrosos). Densidad aproximada: 720 kg/m<sup>3</sup>.
7. *Sapeli*: madera africana dura, de grano compacto y buena durabilidad. Color castaño rojizo oscuro y una gran variedad de veteado. Adecuada para la mayoría de los trabajos de ebanistería interior, en especial si se requiere un acabado pulido. Densidad aproximada: 640 kg/m<sup>3</sup>.
8. *Teca*: madera muy fuerte, dura y duradera (no se pudre), tiene un color que va del castaño dorado claro al amarillo dorado oscuro; se oscurece con los años. Adecuada para carpintería, trabajos de alta ebanistería, construcción naval y guarniciones de laboratorio. Densidad aproximada: 650 kg/m<sup>3</sup>.
9. *Eucalyptus marginata*: originario de Australia occidental, es una madera dura, densa, de veteado recto y color rojo apagado, adecuada para la construcción de forjados y escaleras. Densidad aproximada: 820 kg/m<sup>3</sup>.



**Tableros de madera encolada:** la madera tiene muchas ventajas y algunos inconvenientes (resistencias mecánicas desiguales, defectos, nudos, variaciones dimensionales en función de la humedad, etc.). Los productos de madera encolada pretenden paliar algunos de estos inconvenientes. Son tableros conformados en taller, con una amplia variedad de propiedades y aplicaciones. Las medidas más comunes son  $2,44 \times 1,22$  m o  $2,4 \times 1,2$  m y sus grosores varían entre 3 y 50 mm. Existe una gran variedad de productos de madera encolada, entre los que destacan:

**1. Contrachapado:** consiste en superponer hojas delgadas de madera, en número impar, y con las fibras dispuestas en perpendicular para prensar después el conjunto y obtener un material de estructura más homogénea y exento de irregularidades dimensionales. Se produce en una gama de grosores laminados de 3 a 25 mm. Los adhesivos empleados varían desde las colas naturales vegetales y animales a las sintéticas, como la de urea formol, la melamina, las colas fenólicas o las de resorcina-formaldehído. La calidad del laminado y el tipo de adhesivo determinan el uso. Entre los acabados superficiales se encuentran los plásticos, los metálicos, los de goma, los de áridos minerales, los chapados finos decorativos de maderas duras, como las tropicales, etc.

**2. Tableros de alma enlistonada:** están hechos a partir de un núcleo macizo de listones de madera blanda encolados, con un chapado superficial decorativo. Apropriados para paneles densos y puertas.

Tablero de tablas: listones de más de 30 mm de anchura (no apto para ebanistería).

Tablero alistonado; listones de hasta 25 mm de anchura.

Tablero entablillado: listones de hasta 7 mm de anchura.



**3. Cartón paja:** se fabrica compactando paja a presión y a alta temperatura y encolando los bordes con papel. Se usan como paneles para decoración directa o, con un marco perimetral, como paneles divisorios. También pueden utilizarse como tableros de aislamiento de cubiertas (5,8 cm de grosor y 60 cm de separación entre correas).

#### 4. Tableros de partículas.

**Tableros de virutas:** están hechos con partículas de madera (serrín o virutas) encoladas. Sus grosores varían entre 6 y 50 mm. Normalmente se utilizan en forma de tableros para suelos de piso, de grosores 18 y 22 mm, y con distancias entre ejes de viguetas comprendidos entre 45 y 60 cm. Los tableros se fabrican encolando las virutas, casi siempre planas y de forma regular, con resinas termoendurecibles, y prensando la pasta a altas temperaturas.

**Tableros de partículas aglomeradas con cemento:** tienen una proporción aproximada del 25 % de partículas de madera, mezcladas con cemento y agua, que forman un tablero denso y pesado que a menudo se utiliza para revestimientos ignífugos, en lugar del cartón yeso o del fibrocemento. De tres capas, y de 6 a 40 mm de grosor.

**Tableros de virutas orientadas (OSB):** tableros compuestos de capas de virutas de madera largas y estrechas (de 80 × 25 mm, aprox.) contrapeadas, de modo similar a los contrachapados, aglutinadas a presión y altas temperaturas con una resina impermeable. Las hebras superficiales están alineadas en la dirección longitudinal del panel, lo que lo hace más resistente en esa dirección. Compiten con los contrachapados y los demás tableros de virutas en paneles de pared y de suelo, y se fabrican en una gama de grosores de entre 6 y 25 mm.

**5. Tableros de fibras:** compuestos por pequeñas fibras de madera humedecidas y prensadas a grandes presiones hasta formar una pulpa. Existen tres categorías:

**Tablero de fibra prensada duro:** densidad  $\geq 800 \text{ kg/m}^3$ , grosores entre 3,2 y 8 mm. Proporcionan una base excelente para revestimientos y acabados laminados.

**Tablero de fibra prensada medio (baja densidad):** densidades comprendidas entre 350 y 560  $\text{kg/m}^3$ , se emplea para tableros para colgar anuncios y revestimiento de paredes, en grosores de 6,4, 9 y 12,7 mm.

**Tablero de fibra prensada medio (alta densidad):** densidades comprendidas entre 560 y 800  $\text{kg/m}^3$ , se emplea en revestimientos y divisiones en grosores de 9 y 12 mm.

**Tablero de fibra prensada blando:** también llamado tablero aislante, generalmente tienen una densidad inferior a 250  $\text{kg/m}^3$ . Grosores entre 9 y 25 mm. En ocasiones se encuentra impregnado con betún (cartón bituminoso), en cubiertas planas. Es el ideal como tablón para colgar anuncios.

**Tablero de fibra de densidad media:** también llamado DM, se diferencia de los demás tableros de fibras en que está encolado (por lo general con alguna resina sintética) y prensado en seco. Estos tableros tienen una superficie muy suave, ideal para pintar, ofrecen una gran resistencia y una apreciable facilidad de trabajo. Se utilizan en trabajos de ebanistería, para tableros de mesas y puertas (pintados directamente o revestidos y canteados con chapa de madera dura o de un material plástico o sintético). Su densidad es superior a 600  $\text{kg/m}^3$  y sus grosores más comunes son 9, 12, 18 y 25 mm, pudiéndose usar en interiores y exteriores.

**6. Lana de madera (virutas finas):** formada con acepilladura de madera revestidas de una lechada de cemento y comprimidas dejando una alta proporción de huecos. Estos son precisamente los que le dan sus buenas cualidades de aislamiento térmico y acústico. Su superficie perforada proporciona el agarre ideal para la aplicación directa del enlucido, de manera que muchas veces se usan como encofrado permanente.

**Plásticos:** el término “plástico” es aplicable a todo un grupo de sustancias basadas en polímeros sintéticos o naturales modificados y que pueden ser transformadas, generalmente en caliente y a presión, por procedimientos de moldeo y colada en moldes, prensado, inyección, extrusión, etc. Los plásticos pueden clasificarse por grupos, como el cloruro de polivinilo (PVC), o por su cualidad de ser termoplásticos o termoestables. Los primeros se reblandecen con el calor mientras que los segundos tienen unas propiedades permanentes de no ablandamiento. La gama de plásticos existente en la actualidad brinda al proyectista y al constructor un grupo de materiales fuertes, de durabilidad razonable, de fácil instalación y mantenimiento y de coste relativamente bajo, dado que la mayoría de ellos se fabrica en serie.

### Aplicaciones típicas de los plásticos en la edificación

| <i>Aplicación</i>                                            | <i>Plásticos empleados</i>                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Artículos para recogida de aguas                             | PVC rígido                                                                                                                                                                                                  |
| Tubos y accesorios para recogida de aguas negras y pluviales | PVC rígido, polietileno, acrílonitrilo, estireno butadiénico, polietileno, PVC                                                                                                                              |
| Tuberías para agua caliente y fría                           | PVC clorado, estireno butadiénico, polipropileno, polietileno, PVC                                                                                                                                          |
| Aparatos sanitarios y de cocina                              | resina poliestirénica reforzada con fibra de vidrio, resinas acrílicas                                                                                                                                      |
| Depósitos de agua potable                                    | PVC rígido, poliestireno, polietileno                                                                                                                                                                       |
| Claraboyas y láminas                                         | PVC rígido, resina poliestirénica reforzada con fibra de vidrio, resinas acrílicas                                                                                                                          |
| Capas y membranas impermeables, barreras de vapor            | láminas de polietileno de baja densidad (polietileno), láminas de PVC                                                                                                                                       |
| Puertas y ventanas                                           | PVC rígido, resina poliestirénica reforzada con fibra de vidrio                                                                                                                                             |
| Canalizaciones eléctricas y mecanismos                       | resina plastificada de PVC, PVC rígido, resinas fenólicas                                                                                                                                                   |
| Aislamiento térmico                                          | generalmente, plásticos alveolares tales como el poliestireno expandido en forma de “perlas” o en planchas; PVC expandido, espuma de poliuretano, espuma de fenol-formaldehído, espuma de urea-formaldehído |
| Acabados de pavimentos                                       | losetas y láminas de PVC rígido y plastificado; pinturas de pavimentos de base resinosa                                                                                                                     |
| Revestimientos de fachadas y paredes interiores              | PVC no plastificado; laminados de fluoruro de polivinilo; resinas melamínicas; PVC rígido; losetas y láminas de poliestireno expandido                                                                      |

**Usos:** para burlletes, juntas estancas y encuentros entre elementos y componentes interdependientes que puedan estar sometidos a movimientos diferenciales. También para rellenar huecos si se producen irregularidades.

**Propiedades:**

- movimientos térmicos: para facilitar las dilataciones y contracciones.
- resistencia al viento y otras cargas estructurales.
- capacidad para absorber variaciones de tolerancia.
- estabilidad sin pérdida de forma.
- color estable y que no manche las superficies adyacentes.
- resistente a la intemperie.

**Mantenimiento:** de vida limitada, aproximadamente entre 10 y 25 años, dependiendo de la composición, aplicación y uso. Es importante que sea accesible, para facilitar su posible eliminación y sustitución.

**Masillas:** generalmente se las define como sustancias adhesivas en estado plástico para unión entre superficies separadas. Se caracterizan por una superficie dura sobre un núcleo que permanece dúctil y flexible durante varios años. Tiene como base un material viscoso, como betún, poliisobutileno o caucho butilo. Entre sus aplicaciones cabe citar el tratamiento bituminoso de juntas rígidas para la construcción de carreteras (pág. 111) y la masilla de aceite de linaza para la sujeción de vidrios (pág. 352). En edificios más antiguos todavía encontramos juntas de masilla en la salida de la taza del inodoro y el grifo de hierro fundido. Para ese fin, la masilla se mezclaba con pigmentos de plomo rojos (óxido de plomo), un material que hoy día está considerado un peligroso veneno, por lo que hay que adoptar precauciones al manipular una instalación de este tipo. Las juntas modernas de ajuste sin holgura de plástico son mucho más sencillas, seguras y fáciles de aplicar.

**Selladores:** se aplican en estado plástico de forma manual, con cuchillo, a pistola, por vertido o mediante cinta, para que se conviertan por reacción química con la atmósfera (un componente) o con un aditivo vulcanizador (dos componentes) en una goma elastómera o sintética. Un elastómero es una materia natural o artificial que, como el caucho, tiene una gran elasticidad y capacidad de recuperación; es decir, puede estirarse hasta el doble de su longitud y vuelve a recuperar su longitud original.

Formados por polisulfuros de caucho, poliuretano, silicona o algunos cauchos de butilo.

### Aplicaciones:

- *Polisulfuro*: fachadas, acristalamientos, protección contra el fuego, juntas de carreteras y pavimentos. Es muy duro, pero no del todo elástico.
- *Poliuretano*: usos generales, fachadas e ingeniería civil. Muy elástico y adaptable a la abrasión y la abolladura, resistencia moderada a los rayos ultravioleta y a los agentes químicos.
- *Silicona*: usos generales, fachadas, acristalamientos, sanitarios, protección contra el fuego e ingeniería civil. Por su versatilidad ha sido utilizado con éxito en múltiples productos de consumo diario y, dada su baja reactividad, ha sido ampliamente utilizada en la industria farmacéutica. Por lo general se utiliza sola y seca relativamente rápido comparado con otros materiales del mismo tipo. Muy elástica y está disponible con un coeficiente alto (duro) y bajo (blando).

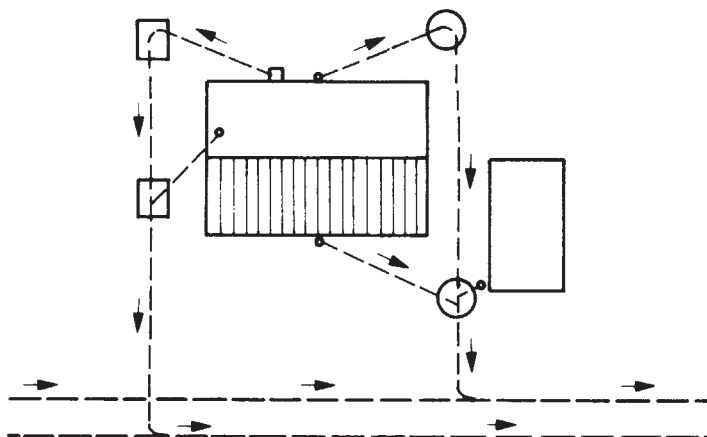
**De dos componentes:** los selladores basados en polisulfuros y poliuretanos suelen utilizarse conjuntamente con un aditivo endurecedor o vulcanizador para formar un caucho sintético cuando solidifica. Una vez mezclados ambos componentes, el sellador es manejable durante un período aproximado de hasta cuatro horas, permanece plástico durante unos pocos días, período durante el cual no admite cargas significativas. A partir de entonces, sus resistencias a compresión y esfuerzo cortante son excepcionales.

**De un componente:** son aquellos que vulcanizan a temperatura ambiente y que, por lo general, tienen una base de polisulfuro, poliuretano o silicona. Los dos primeros curan lentamente y se convierten en un caucho o elastómero sintético por reacción química con la humedad de la atmósfera. Por lo general, de menor movimiento y resistencia que los obturadores de dos componentes, se utilizan, por lo general, para fines no estructurales, como el sellado del perímetro de marcos de puertas y ventanas, y diversos accesorios sanitarios y de cocina.

### Otros selladores:

- *Acrílicos de un solo componente* (de base acuosa). Son flexibles pero tienen una elasticidad limitada. Usos interiores tales como sellado perimetral de marcos de puertas y ventanas, protección contra el fuego y acristalamiento interior.
- *Polímero de silano modificado*, disponible como aplicación de uno o dos componentes. Sumamente elástico, puede utilizarse para usos generales, para fachadas y para aplicaciones de ingeniería civil.

## 8. INSTALACIONES



EVACUACIÓN DE AGUAS

AVENAMIENTO DEL SUBSUELO

EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES

DRENAJE DE CALLES

DETALLES DE INSTALACIONES DE RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES

SISTEMAS DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

SISTEMAS DE DRENAJE. CALIBRES Y PENDIENTES DE LAS TUBERÍAS

ABASTECIMIENTO DE AGUA

INSTALACIONES DE AGUA FRÍA

INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE

INSTALACIONES DE AGUA FRÍA Y CALIENTE. REGULADORES DE GASTO

CISTERNAS Y ACUMULADORES

INSTALACIONES DE AGUA. JUNTAS DE TUBERÍAS

APARATOS SANITARIOS

SISTEMAS DE BAJANTES INDIVIDUALES Y VENTILADOS

SISTEMAS DE CALEFACCIÓN POR AGUA CALIENTE

SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ELECTRICIDAD

SUMINISTRO DE GAS Y ESTUFAS DE GAS

CHIMENEAS HOGAR Y CONDUCTOS DE EVACUACIÓN DE HUMOS

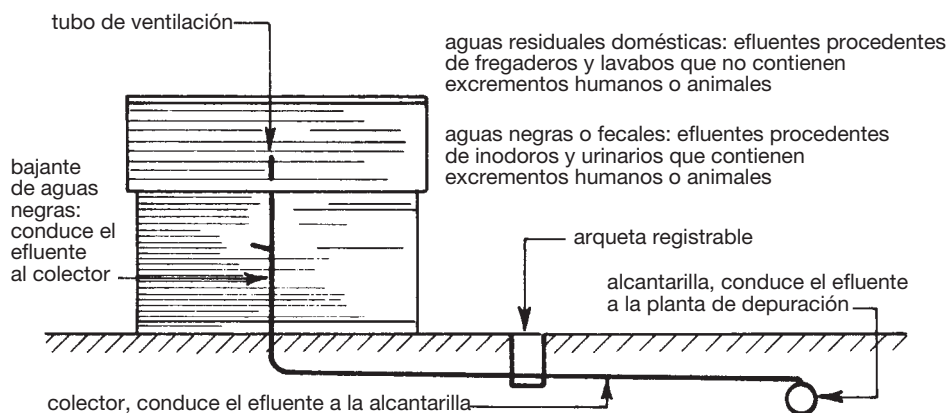
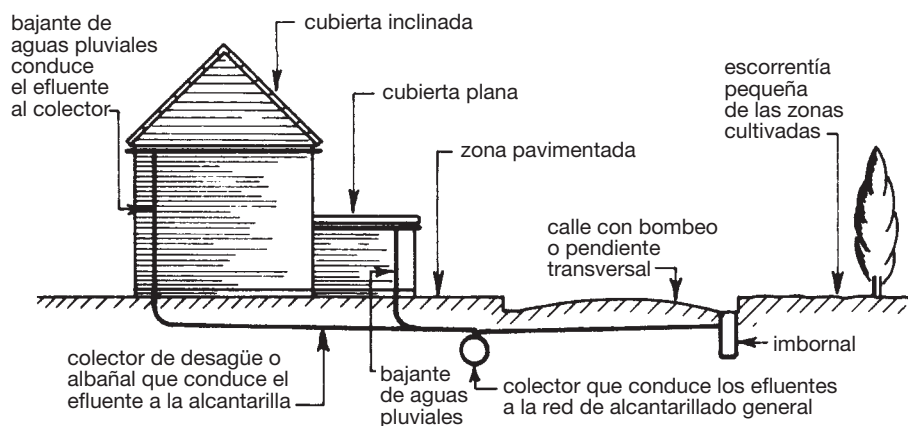
INSTALACIONES TELEFÓNICAS. REQUISITOS BÁSICOS

INSTALACIONES DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS

## Evacuación de aguas

**Efluente:** dicese de lo que brota o emana de una fuente. En el contexto de la evacuación de aguas de edificios existen tres formas principales de efluente:

1. **Aguas subterráneas:** agua recogida del subsuelo mediante unos tubos especiales de drenaje con el fin de rebajar el nivel freático. Se considera que estas aguas son limpias y, por tanto, no requieren de ningún tratamiento, por lo que pueden evacuarse directamente sobre cualquier cauce autorizado.
2. **Aguas pluviales:** son los efluentes recogidos de superficies como las cubiertas y las zonas pavimentadas; como las aguas subterráneas, se consideran aguas limpias y pueden ser evacuarse directamente a un cauce autorizado o un pozo de drenaje.
3. **Aguas negras o fecales:** efluentes que están contaminados con residuos domésticos; requieren, pues, un tratamiento de depuración antes de ser evacuados a un cauce autorizado.



**Avenamiento del subsuelo:** en las diversas normativas de la edificación suele establecerse que, en caso necesario, se disponga un sistema de avenamiento del subsuelo para evitar:

- el paso de la humedad del terreno al interior de los edificios, o
- el deterioro de la fábrica del edificio.

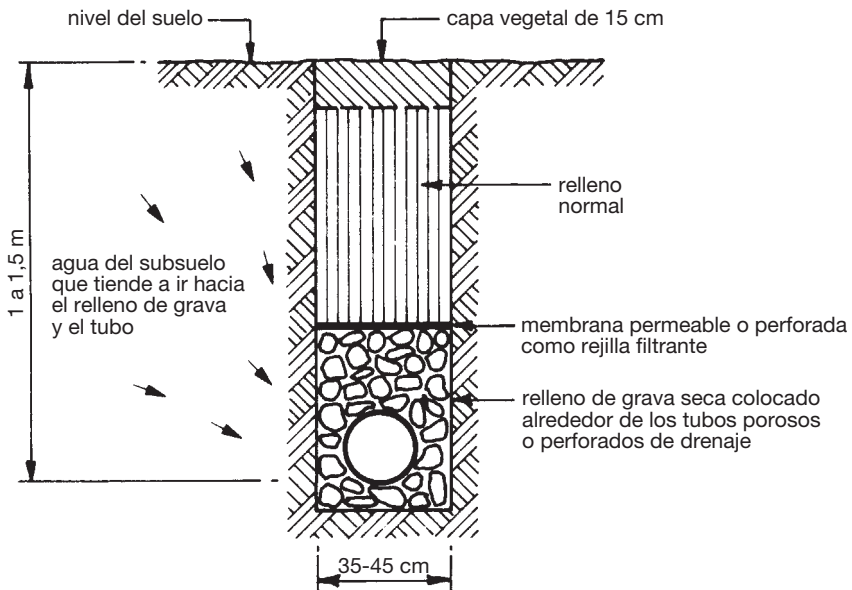
También puede realizarse el avenamiento del subsuelo para mejorar la estabilidad del terreno, rebajar la humedad del solar y mejorar sus propiedades horticolas.

El avenamiento consiste en unos tubos porosos o perforados colocados a junta seca en una zanja rellena de grava. Los tubos porosos permiten la entrada del agua del subsuelo por sus paredes, mientras que los tubos perforados tienen una serie de orificios en su mitad inferior que permiten que el agua ascienda al interior del tubo.

Esta forma de control del agua subterránea solo resulta económica hasta una profundidad de 1,5 m. Si lo que se pretende es bajar el nivel freático hasta una mayor profundidad, será más práctico emplear otros métodos de control (véanse págs. 280 a 283).

El agua recogida mediante un sistema de drenaje deberá ser conducida a un cauce adecuado, como un río, un lago o una alcantarilla de aguas pluviales. En todos los casos se precisa una licencia de las autoridades competentes o del propietario para descargar el agua subterránea y, en el caso de arroyos, ríos o lagos, puede ser necesario proteger sus orillas para evitar la erosión (véase pág. 714).

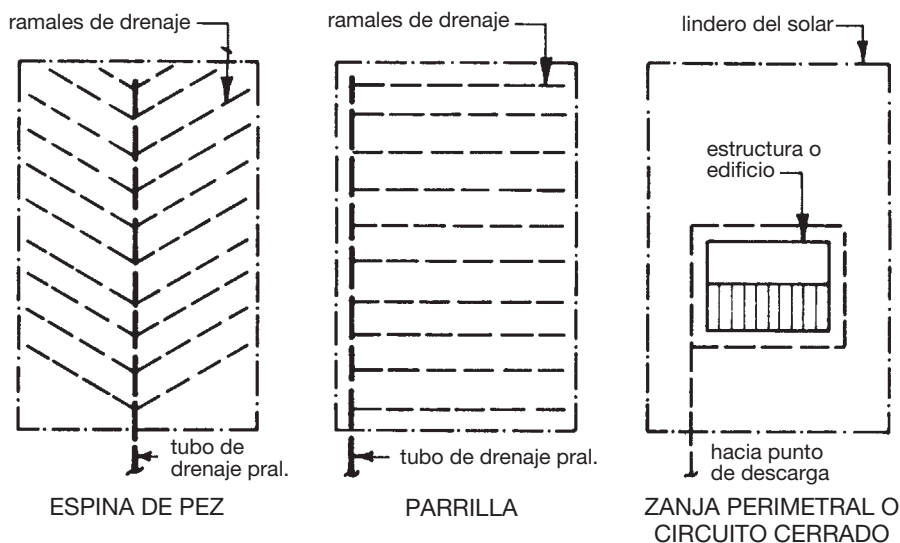
#### Detalle de avenamiento del subsuelo por el sistema de zanjas filtrantes





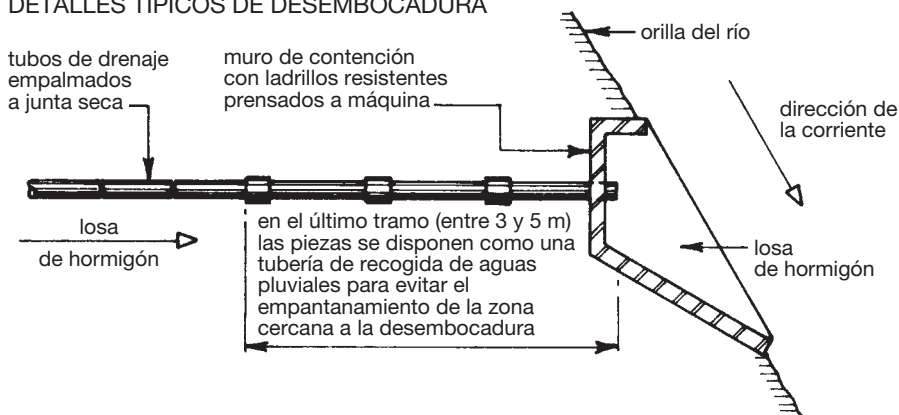
**Sistemas de avenamiento del subsuelo:** la distribución en planta de los tubos de drenaje depende de si es necesario el avenamiento de todo el solar o solo el de la cimentación que precisa de protección. Esto último se lleva a cabo instalando una protección a base de drenajes dispuestos en torno a la cimentación para interceptar el flujo de agua y dirigirlo hacia otro lugar alejado del edificio. Las confluencias en un sistema de drenaje pueden realizarse utilizando piezas normalizadas o bien situando el extremo del ramal de drenaje sobre la coronación del tubo de drenaje principal.

### Ejemplos tipo



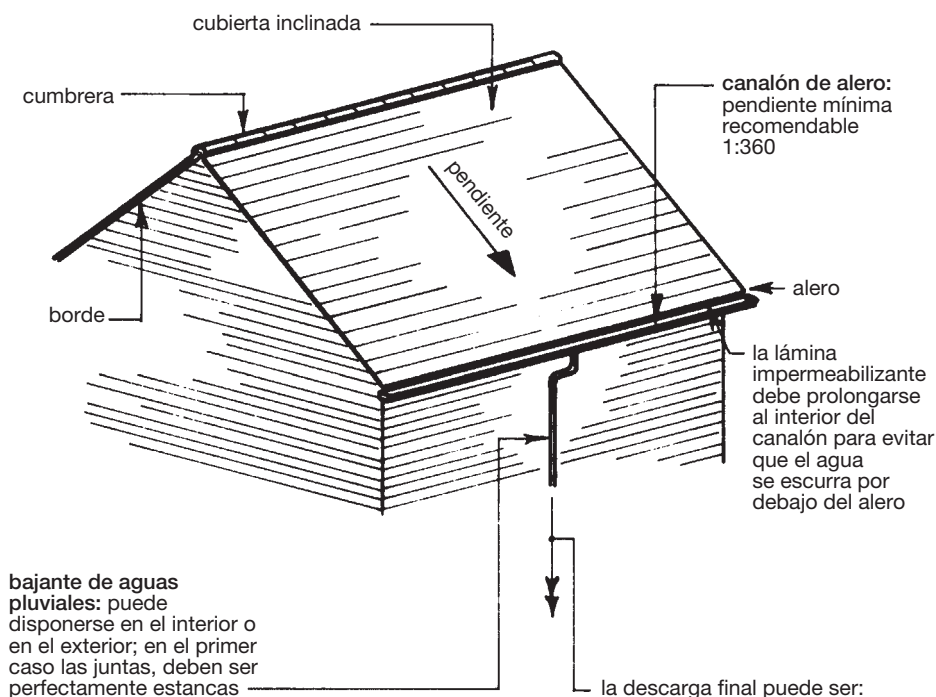
ramales de drenaje: separados de 6 a 10 m  
longitud máx. 30 m

### DETALLES TÍPICOS DE DESEMBOLCADURA



NOTA: las conexiones con la red de recogida de aguas pluviales pueden efectuarse a través de arquetas o pozos de registro, o bien directamente a la alcantarilla usando una pieza de unión en forma de caballete. Es posible que haya que disponer un pozo de sedimentación para separar los limos (véase pág. 718).

**Conceptos generales:** la cubierta debe construirse con pendientes adecuadas hacia los canalones o sumideros de recogida de aguas pluviales, que, a su vez, estarán conectados con las bajantes verticales que evacúan el agua hacia el sistema de drenaje. La pendiente de la cubierta viene determinada por el material escogido, o bien, a la inversa, la pendiente limitará la gama de materiales de cobertura aptos para ella.



**bajante de aguas pluviales:** puede disponerse en el interior o en el exterior; en el primer caso las juntas, deben ser perfectamente estancas

los tubos y sumideros de recogida de aguas pluviales deben disponerse de forma que no provoquen humedades en ningún punto del edificio

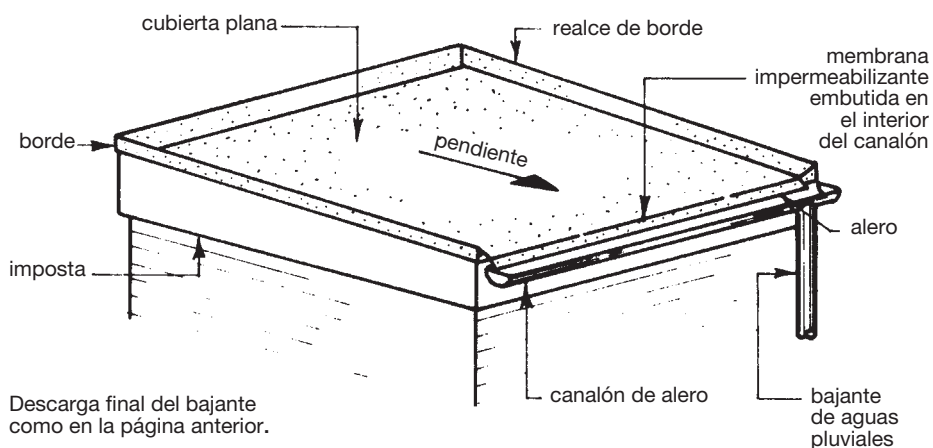
**Pendientes mínimas de cubierta recomendables:**

Pizarra: según medidas de las piezas; mín. 25°.  
Teja plana manual: 45°.  
Teja plana mecánica: 35°.  
Techados de teja plana de faldón sencillo o de encaje: según tipo, a partir de 12,5  
Techumbres de paja: 45°.  
Techumbres de ripias de madera: 14°.

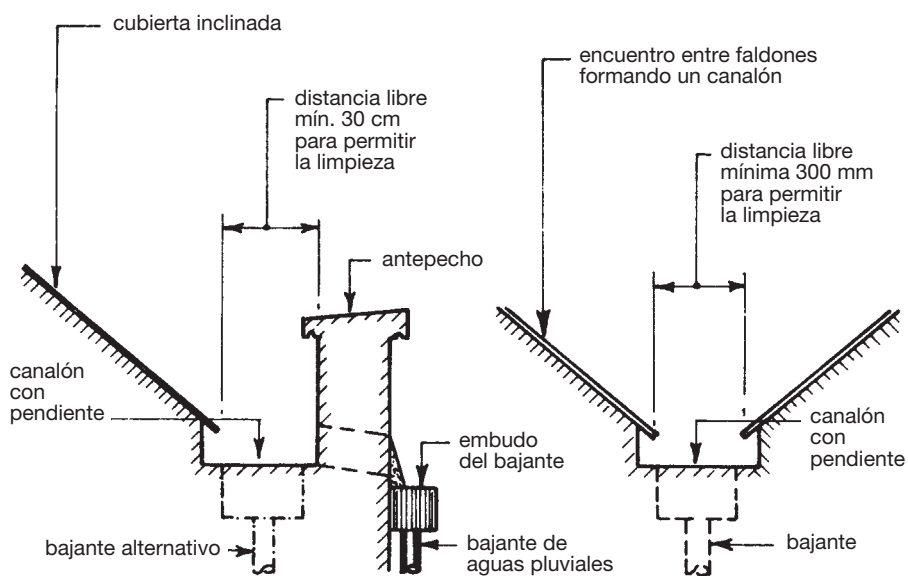
la descarga final puede ser:

1. Conexión directa a un colector que descargue en un pozo de drenaje.
2. Conexión directa a un colector que descargue en una alcantarilla de aguas pluviales (sistema separativo).
3. Conexión indirecta a un colector a través de una arqueta sifónica en caso de que el colector descargue en una alcantarilla de aguas negras o mixtas (sistema unitario).

Véanse detalles en pág. 721.



**Pendientes mínimas recomendables para diversos materiales de cobertura:**  
 aluminio: 1:60, plomo: 1:120, cobre: 1:60, fieltro armado: 1:60. asfalto mezclado con mástico: 1:80.

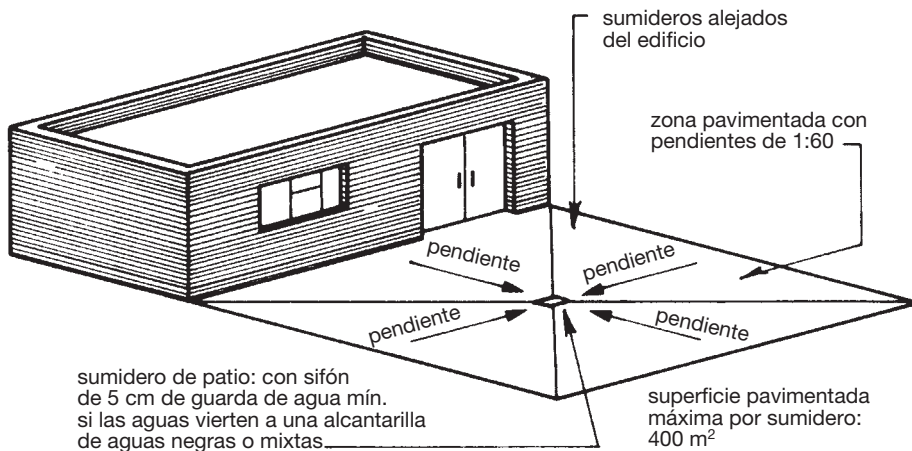


#### CANALÓN DE BORDE

canalón formado para evacuar en bajantes interiores o exteriores mediante salidas practicadas en el antepecho

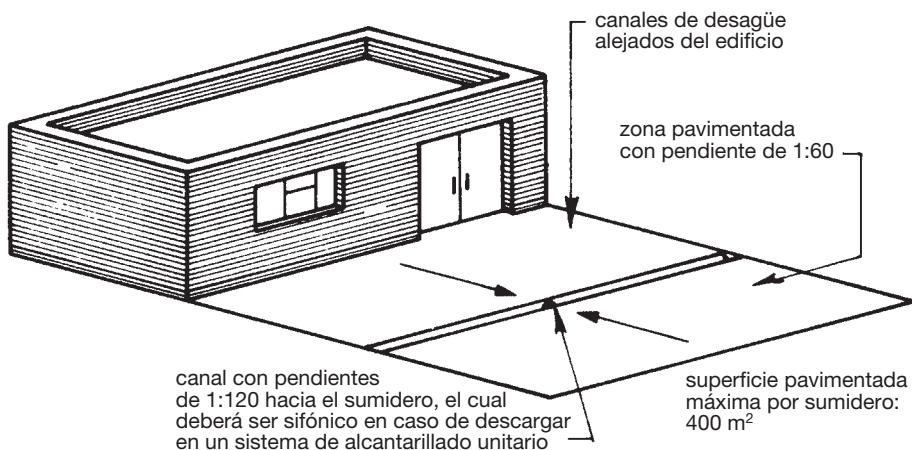
#### CANALÓN DE ENCUENTRO ENTRE FALDONES

canalón formado para evacuar en bajantes interiores o exteriores situados en los hastiales



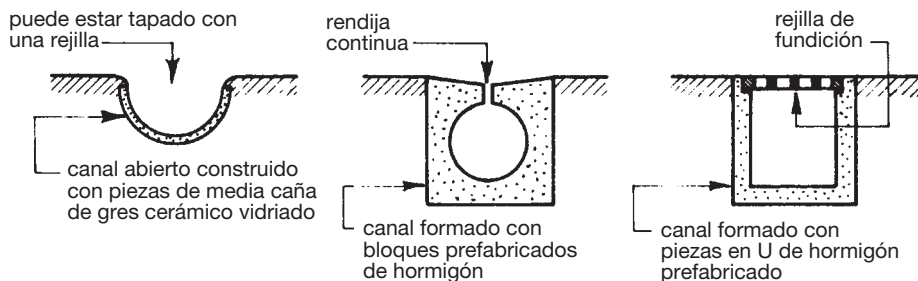
el número y el tamaño de los sumideros vienen dictaminados por la superficie a desaguar y/o la forma de la zona pavimentada

#### ZONA PAVIMENTADA CON SUMIDERO DE RECOGIDA DE AGUAS



el número y la anchura de los canales vienen dictaminados por la superficie a desaguar y/o forma de la zona pavimentada

#### RECOGIDA DE AGUAS MEDIANTE CANALES



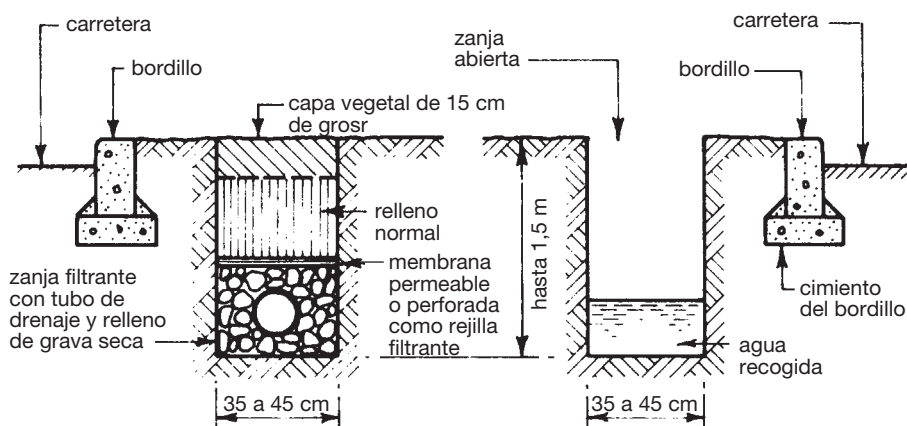
## Drenaje de calles

**Drenaje de calles:** la estabilidad de una carretera o calle está en función de dos factores:

1. Resistencia y durabilidad de la superficie de la calle.
2. Resistencia y durabilidad del subsuelo sobre el que se asienta la carretera.

Ambas pueden verse seriamente afectadas por el agua; por tanto, puede ser necesario instalar incluso dos sistemas de drenaje. Uno de ellos (el drenaje del subsuelo) para reducir el flujo de agua subterránea a través de la explanación de asiento de la calle, y el otro para evacuar las aguas pluviales de la superficie de la misma.

### Métodos tipo de drenaje del subsuelo de una carretera



**Zanja filtrante:** actúa como una barrera y puede formarse con tubos de drenaje porosos o perforados. Si la zanja está rellena de grava únicamente, estaremos ante un sistema de zanja de avenamiento rellena de grava.

**Zanja abierta:** actúa como una barrera y también se utiliza para recoger las aguas pluviales de los caminos rurales que no disponen de bordillo ni de tubos de drenaje.

### Sistemas de drenaje superficial de las aguas pluviales



**Drenaje de calles:** consiste en disponer las zonas pavimentadas y la calzada con las pendientes adecuadas para la evacuación directa del agua de lluvia hacia el canal de drenaje o los sumideros. Generalmente, esto se consigue mediante un bordillo que ayuda a dirigir el agua hacia los sumideros de la calle, que están conectados a una alcantarilla.

Si los tubos o alcantarillas están situados a una profundidad superior a 90 cm, es conveniente establecer pozos o cámaras de inspección.

Por lo general, la distancia entre los sumideros de las calles viene determinada por las autoridades competentes basándose en la pendiente de la calle y la superficie recogida por cada sumidero.

En caso de no existir ninguna disposición al respecto, puede aplicarse la siguiente fórmula:

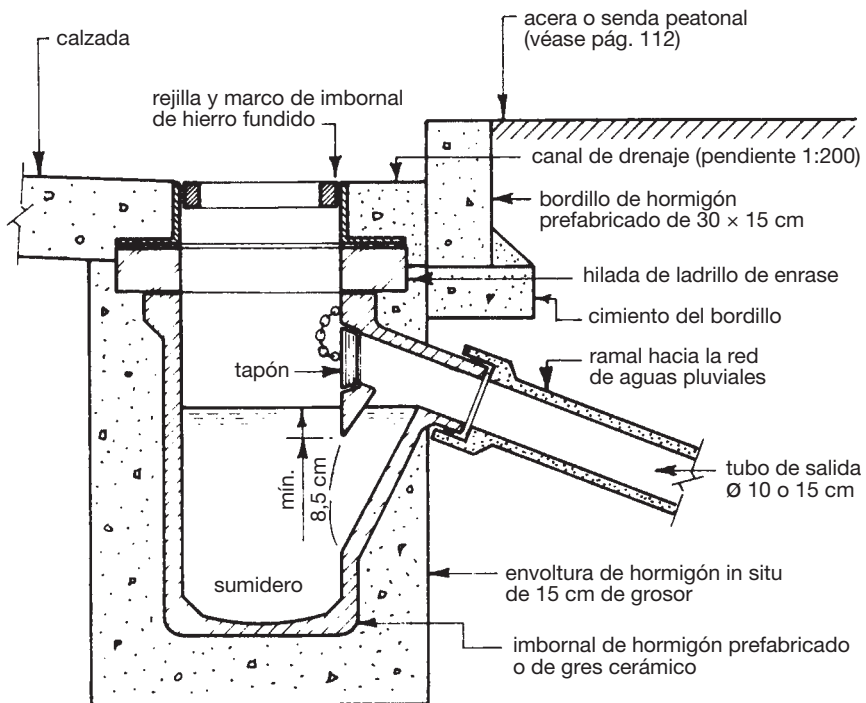
$$d = \frac{280 \sqrt{p}}{a}, \text{ donde } d = \text{distancia entre sumideros en metros}$$

$p$  = pendiente de la calle (en %)  
 $a$  = anchura de la calle en metros;

si  $a = 1:60 = 1,66 \%$  y  $d = 4,5$  m, entonces

$$D = \frac{280 \sqrt{1,66}}{4,5} \approx 80,168; \text{ es decir, redondeando, } 80 \text{ m}$$

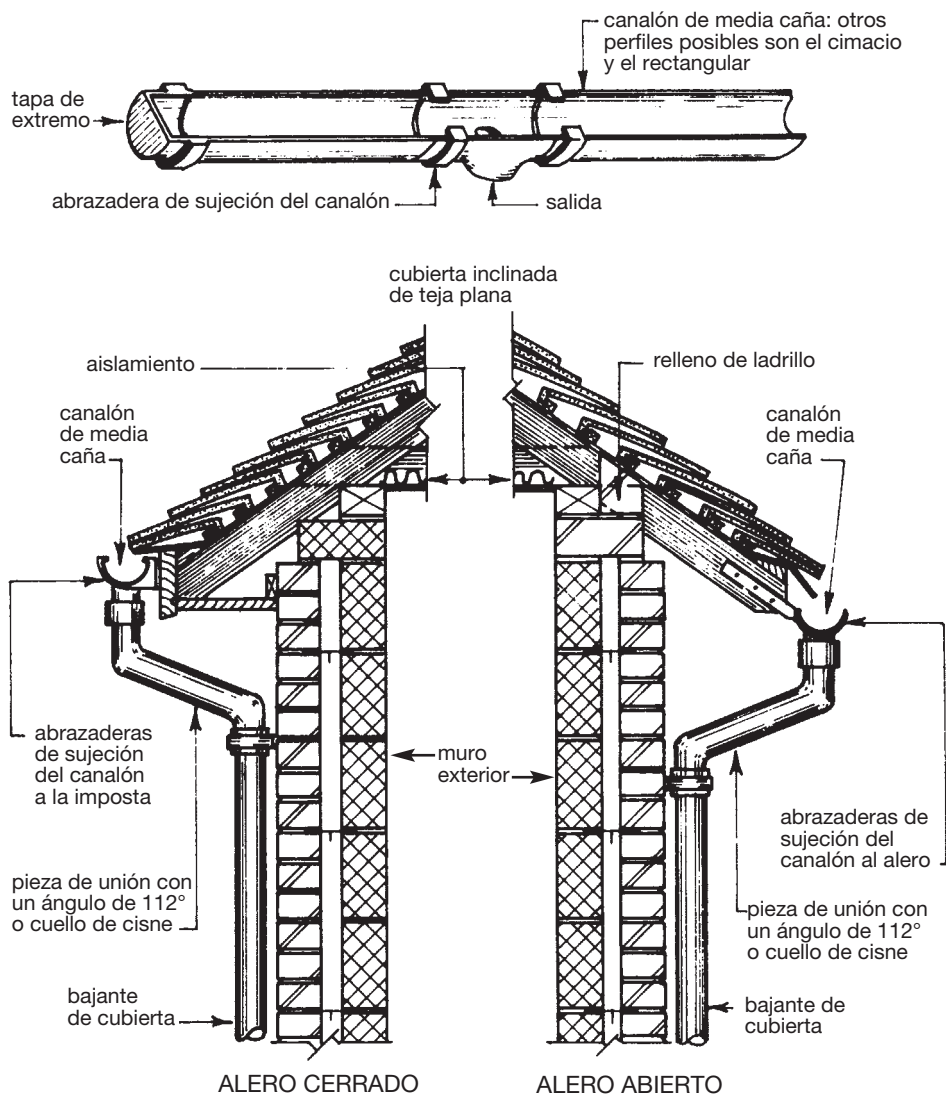
#### Detalle de un imbornal tipo



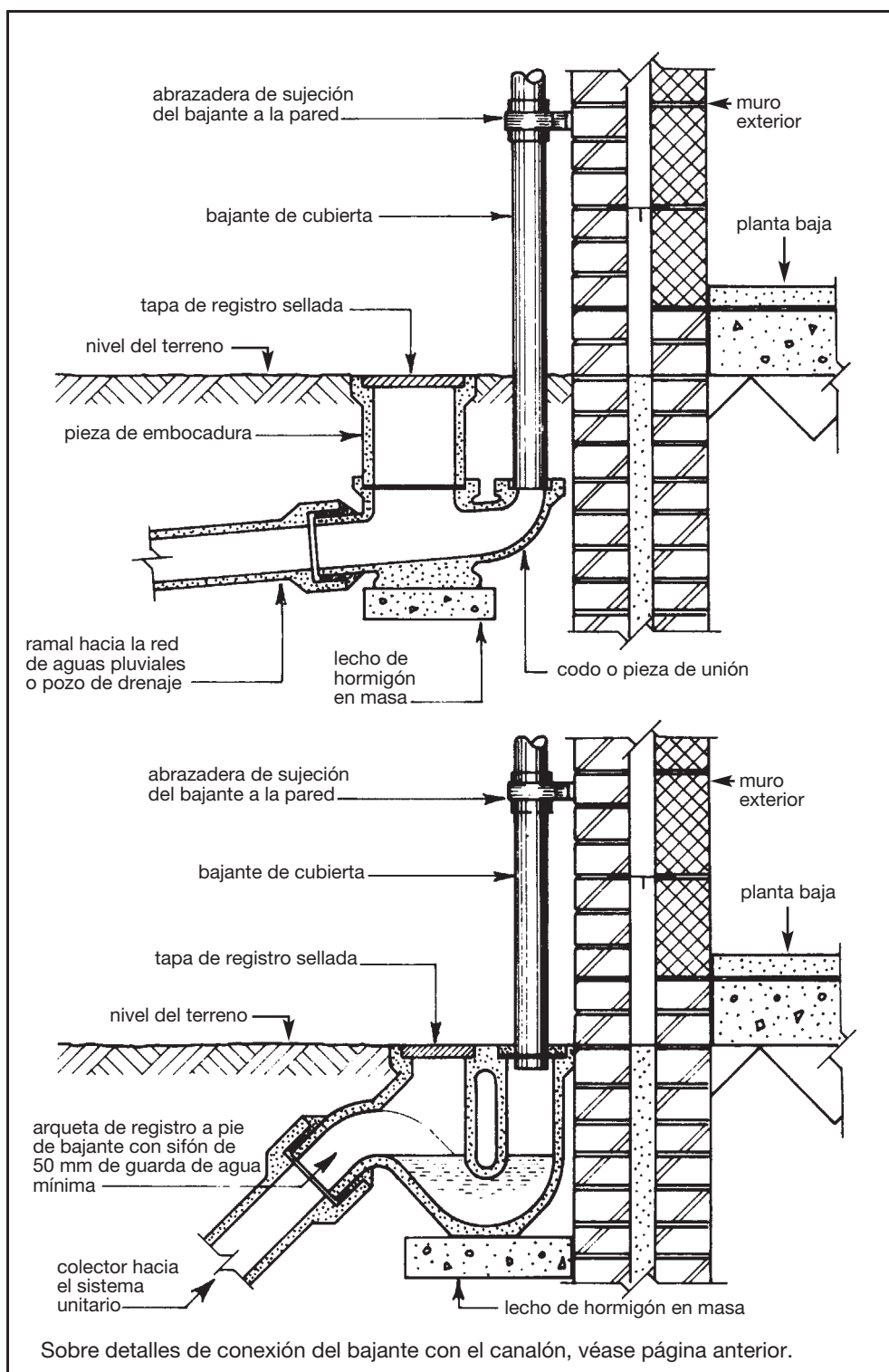
## Detalles de instalaciones de recogida de aguas pluviales

**Materiales:** el material que tradicionalmente se utilizaba para los canalones y bajantes domésticos de aguas pluviales era el hierro fundido, pero hoy en día cada vez se utilizan más los sistemas de tuberías de PVC debido a su facilidad de instalación y a sus bajos costes de mantenimiento. Otros materiales bastante utilizados son el fibrocemento, la aleación de aluminio, el acero galvanizado y el acero inoxidable. En todo caso, cualquiera que sea el material que se escoja, deberá estar correctamente dimensionado y tener las suficientes resistencia y durabilidad.

### Detalles de canalón de alero tipo



Sobre detalles de conexión del bajante de la cubierta a la red horizontal de drenaje, véase página siguiente.





## Sistemas de drenaje. Pozos ciegos

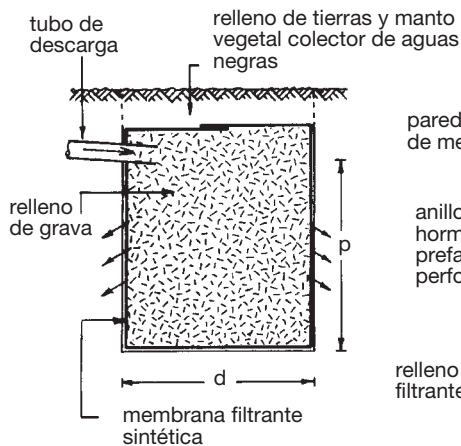
**Pozos ciegos:** constituyen un medio de recogida y control del exceso de agua de lluvia, enviándolo al subsuelo granular circundante. No son adecuados en subsuelos arcillosos. Su ubicación idónea son los lugares cuyo nivel sea, como mucho, el de los edificios adyacentes, aunque preferiblemente inferior, y a una distancia mínima de 5 m de cualquier edificio. Hay que tener en cuenta que una concentración importante de agua en muy poco tiempo podría socavar los cimientos cercanos. El sumidero más simple es un pozo relleno de grava. Esta solución suele ser suficiente para dar servicio a una vivienda u otro edificio pequeño. Si el sumidero es compartido entre varios edificios, entonces es preferible construir un pozo más grande revestido con anillos de hormigón prefabricado perforados y rodeado de un material drenante (relleno granular).

Para el cálculo de la capacidad del pozo puede usarse la siguiente fórmula empírica, que da buenos resultados en la mayoría de los casos:

$$c = \frac{an}{3} \quad \text{donde: } c = \text{capacidad (m}^3\text{)} \\ a = \text{área para drenar medida en planta (m}^2\text{)} \\ n = \text{cantidad de agua (m/h)}$$

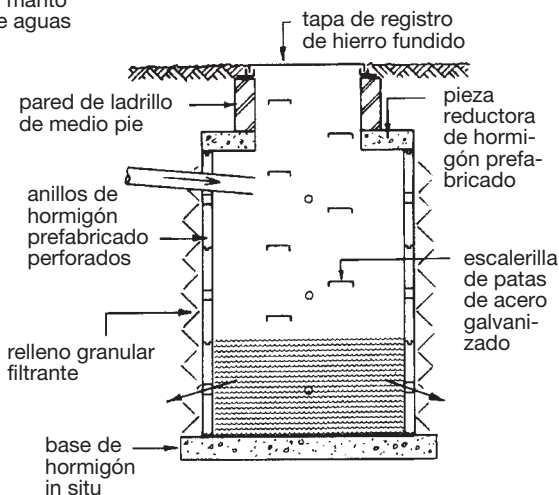
p. ej., superficie de la cubierta 60 m<sup>2</sup>, y cantidad de agua 50 mm/h (0,05 m/h),

$$c = \frac{60 \times 0,05}{3} = 1 \text{ m}^3 \text{ (bajo el nivel de la boca de la tubería de descarga)}$$



La profundidad (p) y el diámetro (d) son aproximadamente iguales.

POZO LLENO



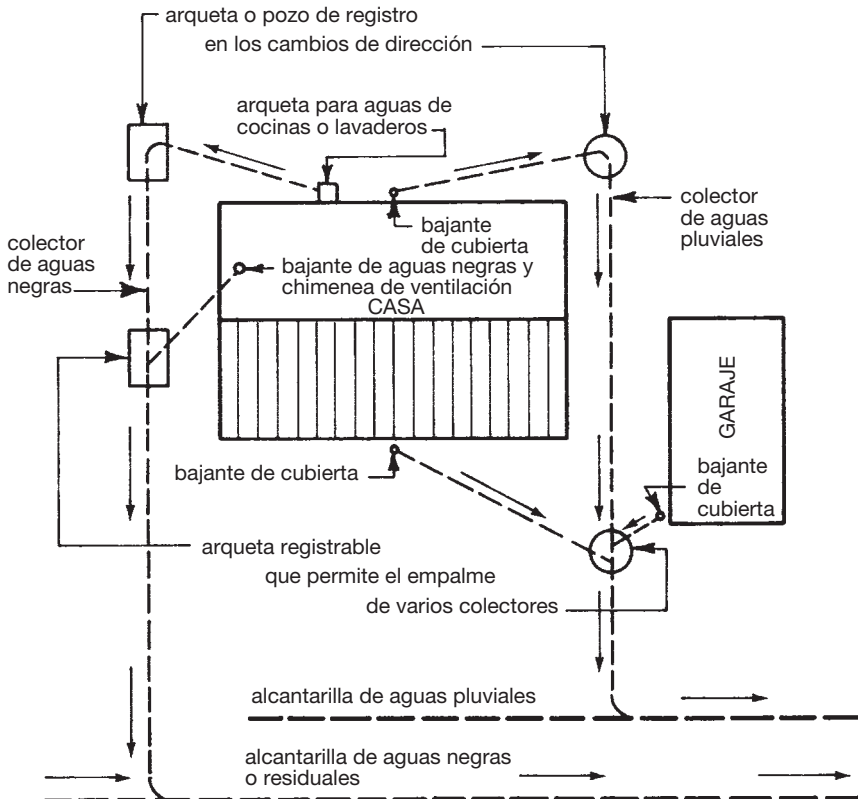
POZO VACÍO

**Colectores:** constituyen el medio de conducir las aguas pluviales y residuales por debajo del nivel del terreno.

**Alcantarillas:** tienen la misma función que los colectores, pero recogen los efluentes descargados por varios colectores y los conducen al punto final de descarga. Pueden ser alcantarillas privadas o públicas, según quién sea el encargado de su mantenimiento.

**Principios básicos:** proporcionar un sistema de desagüe sencillo, eficiente y económico, disponiendo las conducciones con unas pendientes que permitan su autolimpieza y conduzcan los efluentes a una alcantarilla sin comprometer las condiciones sanitarias del entorno ni causar molestias al vecindario. Normalmente, el sistema de alcantarillado está reglado por las ordenanzas municipales o por las autoridades del planeamiento competentes.

### Requisitos básicos tipo



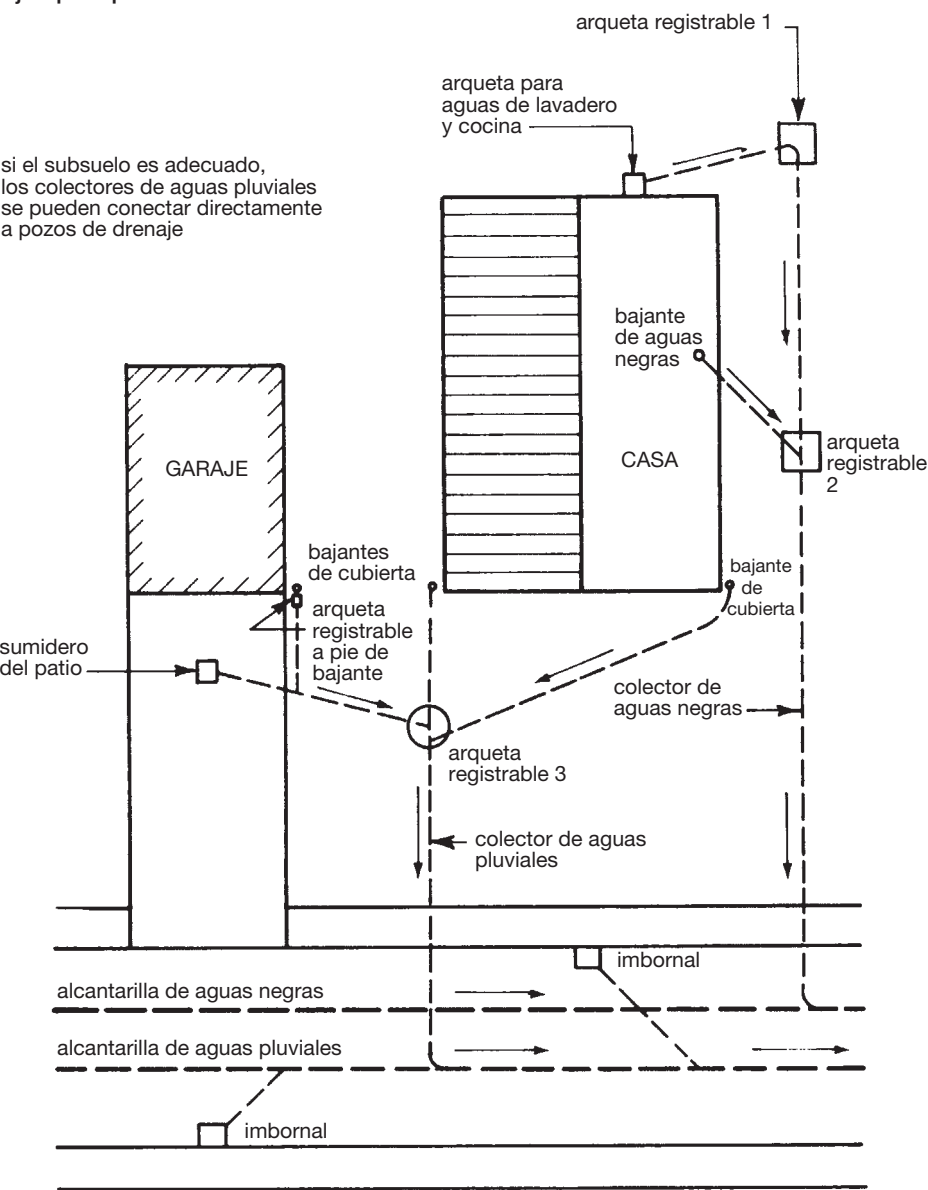
Todos los empalmes deben ser oblicuos y en dirección de la corriente.

Debe haber un punto de acceso en los empalmes, a menos que cada uno de los tramos pueda limpiarse desde otro punto de acceso.

**Sistema separativo:** es el sistema de evacuación más corriente en zonas de baja edificabilidad o en áreas contiguas a las riberas del mar o de un río. Se utilizan dos conducciones o redes de conducciones independientes. Por una de ellas se evacuan las aguas pluviales, de riego y del subsuelo, es decir, las que no necesitan tratamiento de depuración, mientras que por la otra lo hacen las aguas negras o residuales.

**Ejemplo tipo**

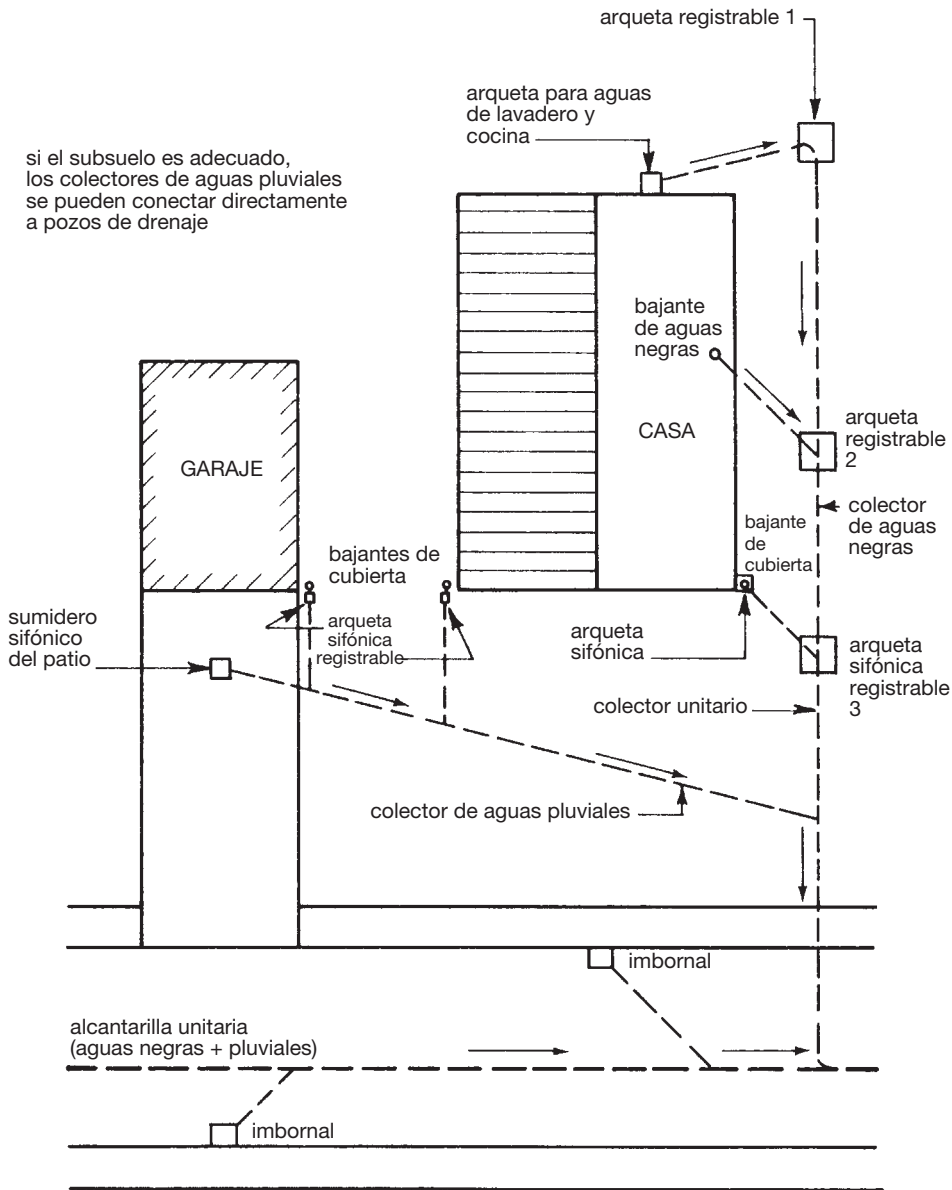
si el subsuelo es adecuado,  
los colectores de aguas pluviales  
se pueden conectar directamente  
a pozos de drenaje



**Sistema unitario:** es el sistema de instalación más sencilla y económica, ya que todos los colectores se recogen en una única alcantarilla, de modo que todo el efluente no precisa de tratamiento.

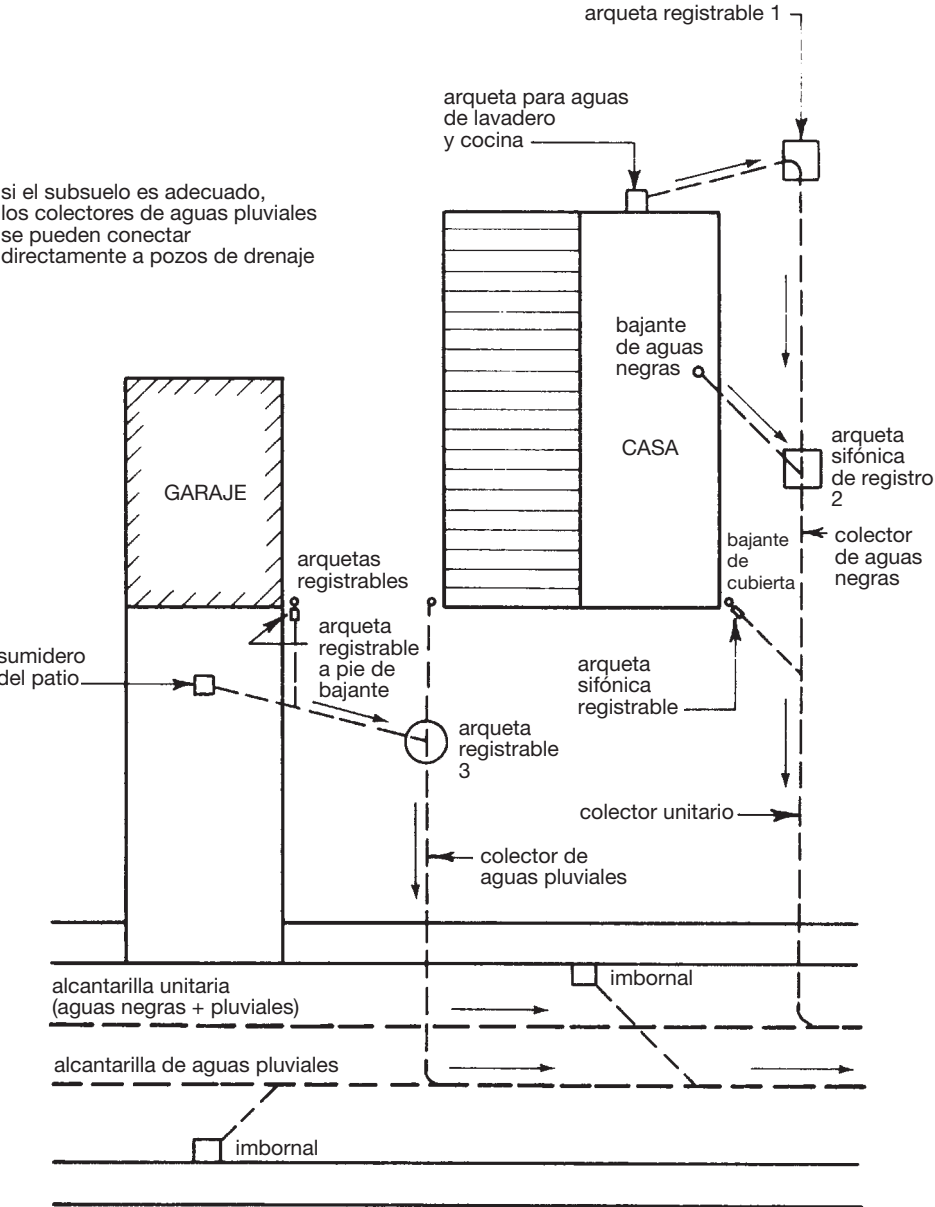
**Ejemplo tipo**

si el subsuelo es adecuado,  
los colectores de aguas pluviales  
se pueden conectar directamente  
a pozos de drenaje



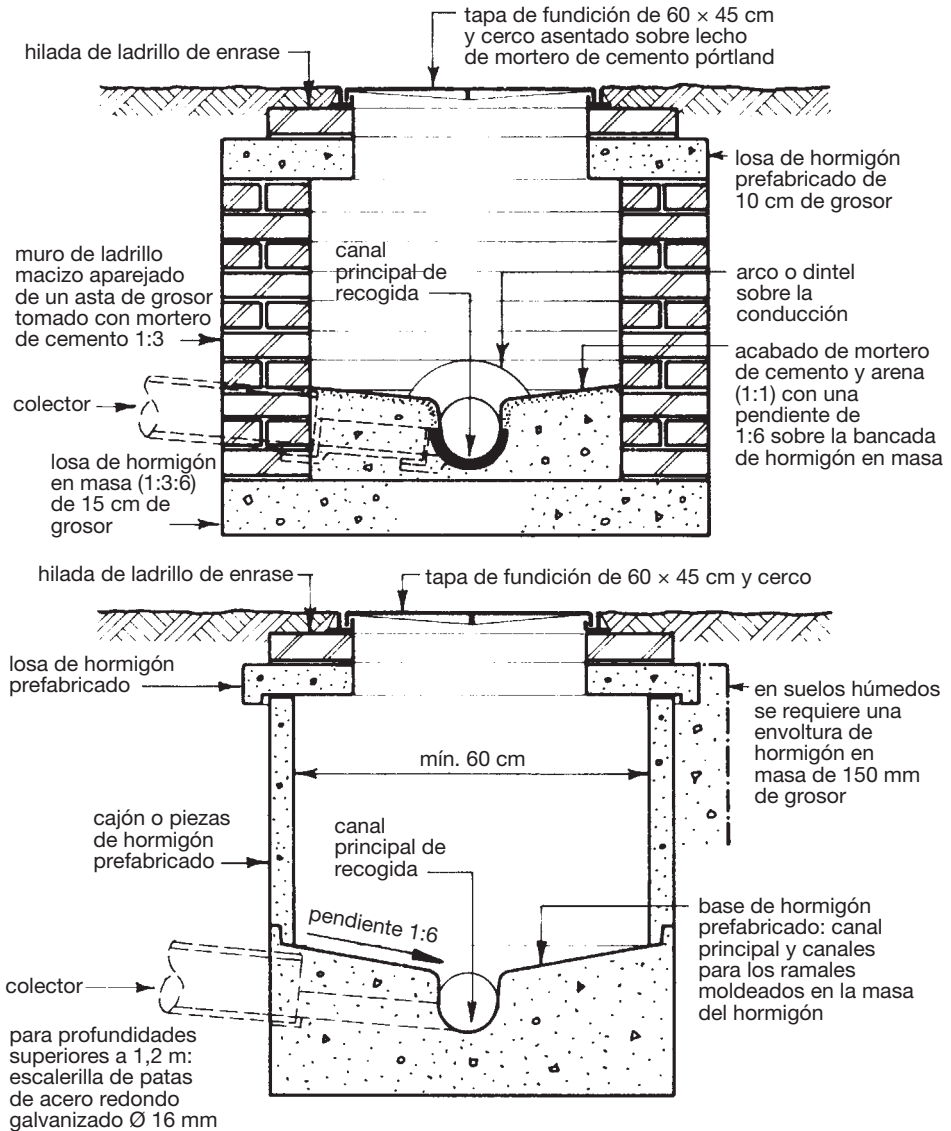
**Sistema parcialmente separativo:** es una solución de compromiso entre los dos sistemas anteriores. Comprende dos colectores, uno para evacuar solo aguas pluviales y el otro, de tipo unitario, para evacuar todas las aguas negras y parte de las pluviales.

**Ejemplo tipo**



**Arquetas registrables:** proporcionan un medio de acceso al sistema de desagües para las operaciones de inspección y el mantenimiento de las conducciones. En el contexto doméstico, las arquetas registrables suelen ser de ladrillo, fibrocemento, hormigón prefabricado o plástico; en este último caso, se emplea en conjunción con sistemas patentados de drenaje. El tamaño de la arqueta registrable depende de la profundidad, el diámetro y el número de colectores que recoja.

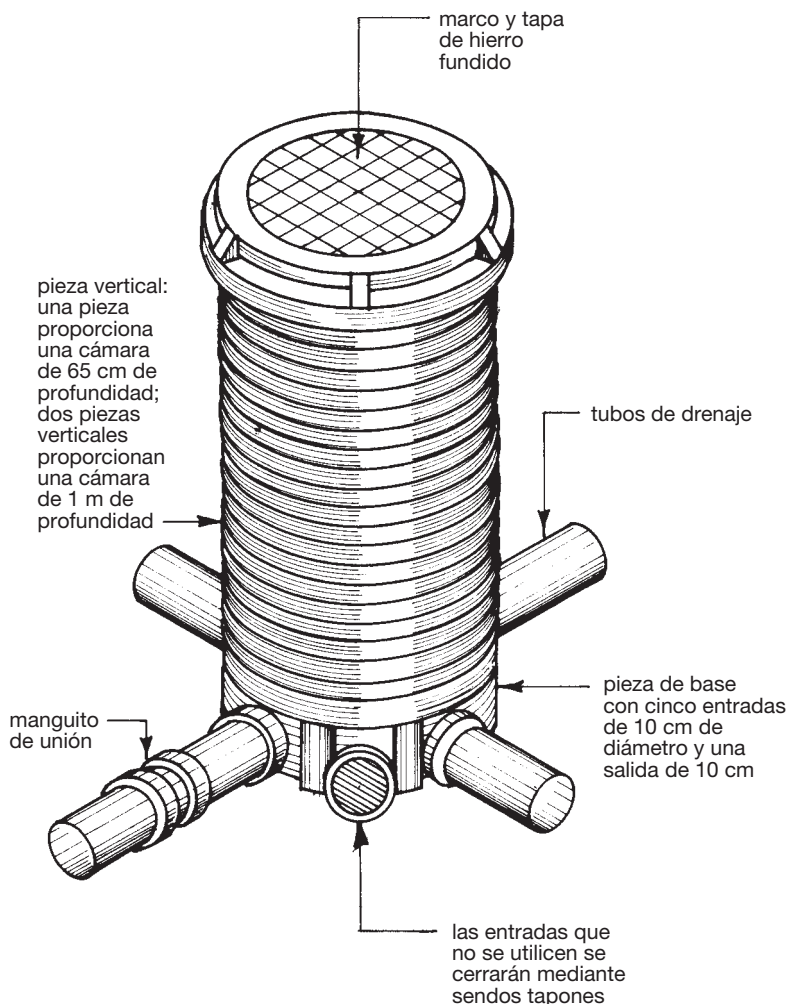
### Detalles tipo



**Arquetas registrables de plástico:** la pieza vertical puede cortarse en horizontal con un disco para satisfacer los requisitos concretos de profundidad del lugar, nivelando el marco y la tapa con el pavimento terminado. La base puede ser un lecho de grava de 10 cm de grosor, o una solera de hormigón pobre húmedo (para proporcionar un apoyo uniforme) de 15 cm.

En zonas de nivel freático alto es posible que haya que “lastrar” la arqueta para que no flote, hasta que se realice el relleno con material granular. Bajo calzadas para vehículos conviene disponer un anillo perimetral en la parte superior de la arqueta, además de una capa de hormigón de 15 cm de grosor que rodeará la arqueta de registro.

### Ejemplo tipo



**Medios de registro:** para inspección y mantenimiento de la red de drenaje es necesario tener acceso a los colectores. Estos accesos se ubicarán:

- En el punto más elevado de la red o próximo a él.
- En los cambios de dirección.
- En los cambios de pendiente.
- En los cambios de calibre de la tubería.
- En las uniones, a menos que la limpieza pueda efectuarse desde un punto de acceso.
- En los tramos rectos largos (véase tabla).

Separación máxima entre los registros de la red de drenaje (m)

|                                | A: | Abertura<br>pequeña | Abertura<br>grande | Unión | Cámara de<br>inspección | Registro |
|--------------------------------|----|---------------------|--------------------|-------|-------------------------|----------|
| Desde:                         |    |                     |                    |       |                         |          |
| Cabecera<br>de la red          |    | 12                  | 12                 |       | 22                      | 45       |
| Tapón<br>roscado<br>(en codos) |    | 22                  | 22                 | 22    | 45                      | 45       |
| Abertura<br>pequeña            |    |                     |                    | 12    | 22                      | 22       |
| Abertura<br>grande             |    |                     |                    | 22    | 45                      | 45       |
| Cámara de<br>inspección        |    | 22                  | 45                 | 22    | 45                      | 45       |
| Registro                       |    |                     |                    |       | 45                      | 90       |

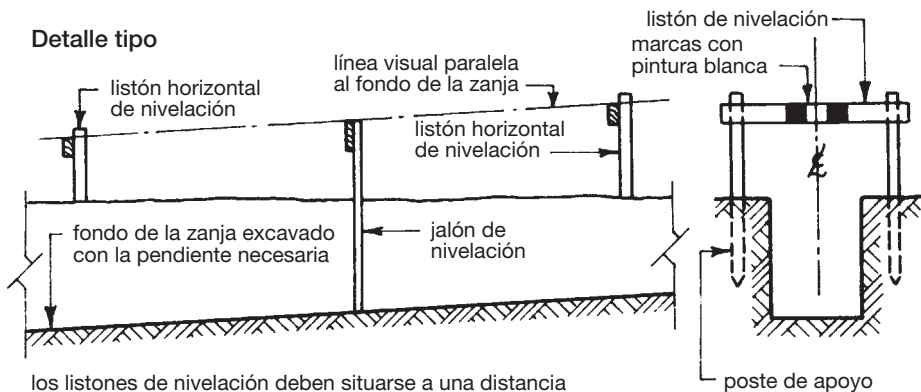
\* La abertura pequeña es de Ø 15 cm o 15 × 10 cm  
La abertura grande es de 22,5 × 10 cm

Tapones roscados en codos y cámaras de acceso poco profundas: pueden utilizarse en las partes superiores de los sistemas de drenaje donde el volumen de excavación y el coste de una cámara de inspección o un pozo de registro sería innecesario. Las cámaras poco profundas tienen la ventaja de proporcionar acceso en ambas direcciones. Las tapas de registro de toda la red deben tener unas características tales que dificulten el acceso a personal no autorizado.



**Excavación:** los colectores se disponen en zanjas cuyos trazado, excavación y apoyo responden a los mismos principios constructivos estudiados en las zanjas de cimentación, con la excepción de que, en este caso, el fondo de la zanja no es horizontal sino que se excava con la pendiente necesaria para el desagüe del colector.

#### Detalle tipo



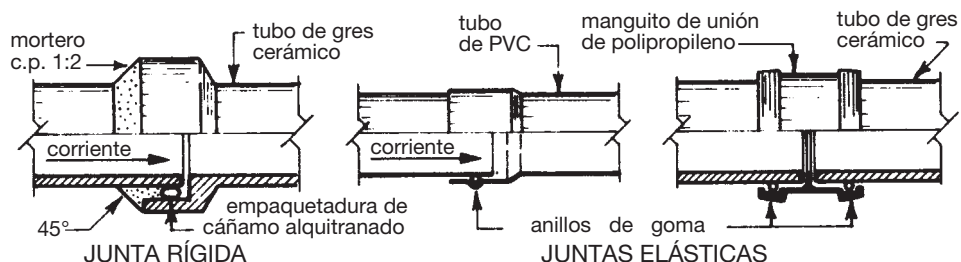
los listones de nivelación deben situarse a una distancia  $\leq 15$  m con un mínimo de 3 por tramo de zanja

SECCIÓN LONGITUDINAL

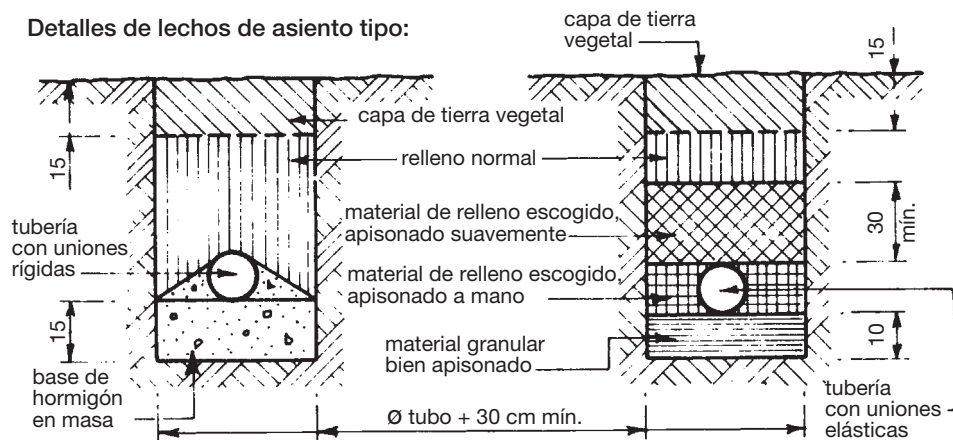
SECCIÓN TRANSVERSAL

**Juntas:** deben ser estancas bajo cualquier condición de trabajo y ante cualquier movimiento; para ello es preciso emplear juntas elásticas en conjunción con un lecho de asiento adecuado.

#### Detalles tipo de juntas



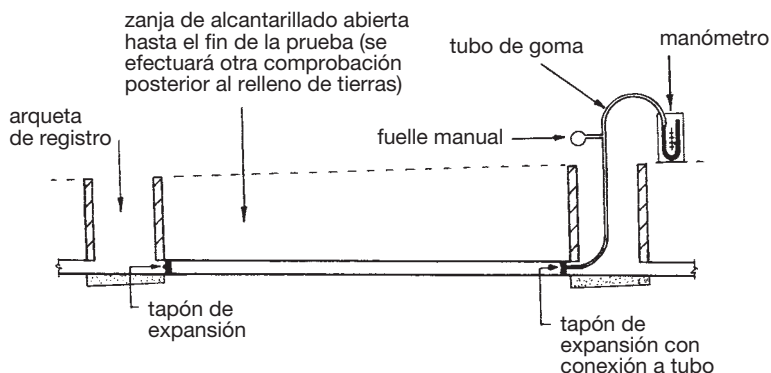
#### Detalles de lechos de asiento tipo:



**Estanquidad:** uno de los problemas comunes a las redes públicas de drenaje de la mayoría de nuestras ciudades es el de las fugas. Por un lado, producen una erosión incontrolada del subsuelo, mientras que, por otro, las aguas negras sin tratar podrían contaminarlo, con las imprevisibles consecuencias que de ello pudieran derivarse.

**Test de presión de aire.** Equipo: manómetro y accesorios (véase pág. 749); dos tapones, uno de ellos con conexión a tubo.

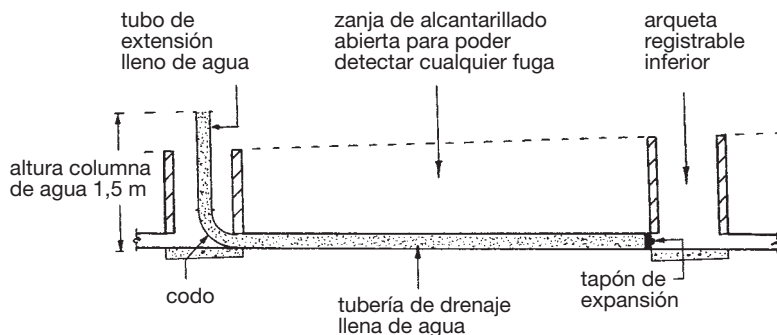
#### Test



**Prueba:** 10 cm de agua no deben bajar más de 2,5 cm en 5 min. O bien, 5 cm no deben bajar más de 1,2 mm en 5 min.

**Test de agua.** Equipo: tapón, codo y tubo de extensión

#### Test



**Test:** se deja una columna de agua de 1,5 m de altura durante 2 h y después se rellena. Las pérdidas durante los siguientes 30 min deben ser mínimas, es decir:  
 10 cm de tubo: 0,05 l por metro, lo que equivale a una caída de 6,4 mm en la prolongación del tubo, y  
 15 cm de tubo: 0,08 l por metro, lo que equivale a una caída de 4,5 mm en la prolongación del tubo.

**Tuberías de alcantarillado:** calibres normales para aguas negras domésticas:

< 20 viviendas = Ø 10 cm

20-150 viviendas = Ø 15 cm

Excepciones: Ø 7,5 cm para aguas grises o pluviales solo (sin inodoros)

Ø 15 cm mín. para cualquier colector público

Para el cálculo de otras situaciones hay que sumar las unidades de descarga (l/min) de los sanitarios y, con ayuda de tablas, convertir el resultado en un diámetro adecuado para bajante (vertical) y para colector (horizontal).

La pendiente también afecta a la capacidad de la tubería, lo cual, combinado con el cálculo de unidades de descarga, proporciona la base para las complejas teorías hidráulicas.

La correlación más sencilla entre el diámetro de la tubería y la pendiente la proporciona la llamada regla de Maguire:

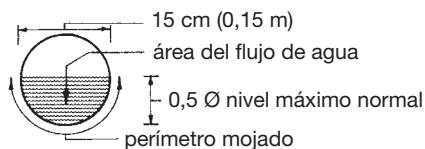
tubo de Ø 4" (10 cm), pendiente mín.: 1 en 40 (~ 2,50 %)

tubo de Ø 6" (15 cm), pendiente mín.: 1 en 60 (~ 1,66 %)

tubo de Ø 9" (22,5 cm), pendiente mín.: 1 en 90 (~ 1,11 %)

También puede calcularse una tubería sin necesidad de recurrir a las tablas o a la práctica empírica.

**Ejemplo:** un colector de 15 cm de diámetro tiene un nivel máximo normal de agua de 0,5 Ø.



Aplicando la fórmula de Chezy para el cálculo de la pendiente:

$$v = c \sqrt{p \times i}$$

donde  $v$  = velocidad del agua (mín. para autolimpieza = 0,8 m/s)

$c$  = coeficiente Chezy (58)

$p$  = profundidad hidráulica media, o bien

$$\frac{\text{área del flujo de agua}}{\text{perímetro mojado}}$$

para  $0,5 \times$  nivel máximo normal = Ø/4

$i$  = pendiente (expresada en la forma 1/x)

Tomando una velocidad de 1 m/s como margen de seguridad sobre el mínimo:

$$1 = 58 \sqrt{0,15/4i};$$

$$i = 0,0079, \text{ donde } i = 1/x$$

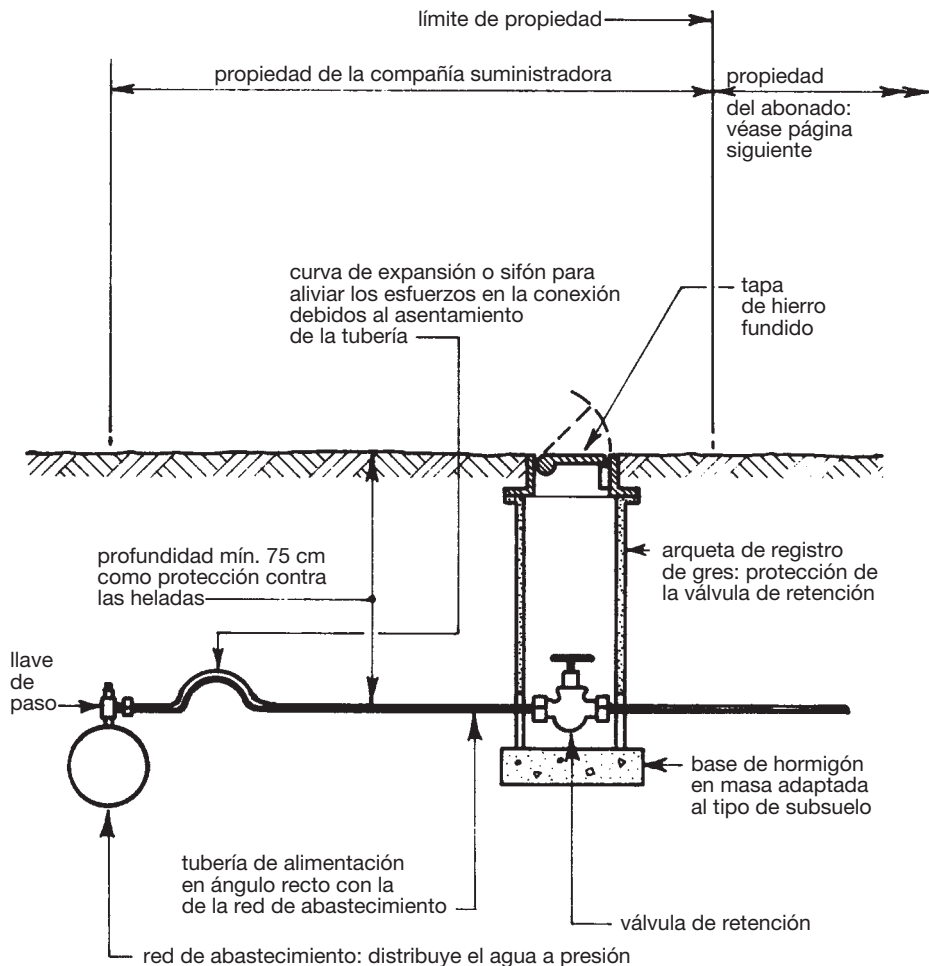
Por tanto,  $x = 1/0,0079 = 126$ ; es decir, una pendiente mínima de 1:126 (0,79 %)

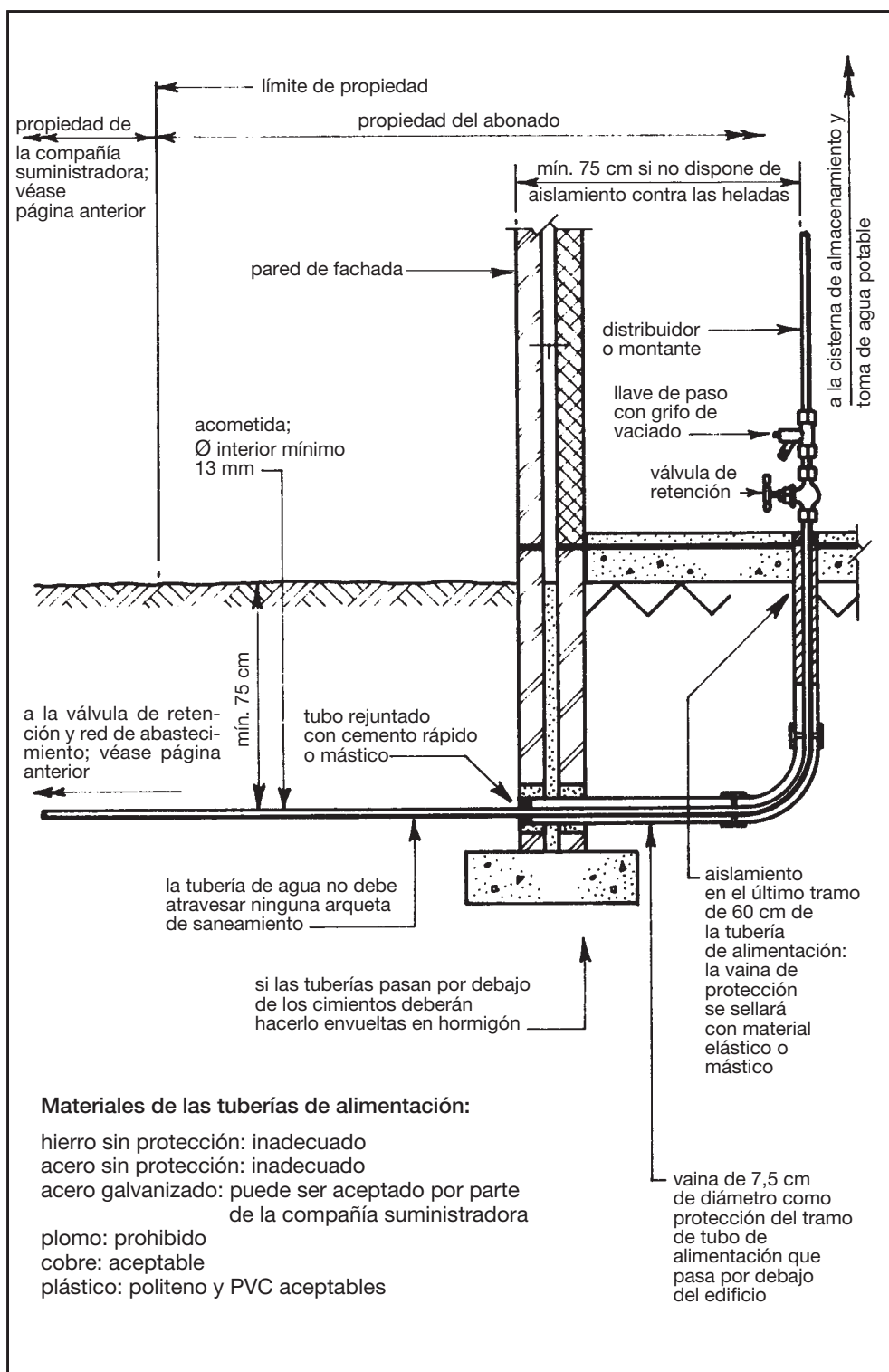
**Abastecimiento de agua:** todo edificio residencial debe disponer de un sistema adecuado de suministro de agua potable y de una toma de agua instalada en su interior.

El proyecto de cualquier instalación se realizará con vistas a evitar el derroche, el consumo inadecuado, el mal empleo y la contaminación de la red de suministro general, que se protegerá contra la corrosión y las heladas y se mantendrá siempre accesible para las operaciones de conservación y mantenimiento.

La propiedad de la acometida del suministro de agua fría a un edificio es compartida conjuntamente por la compañía suministradora y el abonado, quien, por tanto, tiene responsabilidades compartidas de mantenimiento.

#### Disposición típica de una acometida de agua





**General:** en el proyecto de cualquier instalación de agua deben tenerse en cuenta las siguientes leyes físicas básicas:

1. El agua está sometida a la fuerza de la gravedad y siempre tiende a encontrar su propio nivel.
2. Para vencer el rozamiento interior de las tuberías, el agua almacenada requiere ser sometida a presión antes de su distribución; normalmente, esto se logra almacenando el agua a un nivel superior al de las salidas. La distancia vertical entre ambos niveles se llama altura o carga piezométrica.
3. La densidad del agua disminuye al aumentar la temperatura; por consiguiente, tanto en un circuito cerrado como en uno abierto, el agua templada siempre desplazará al agua más fría.

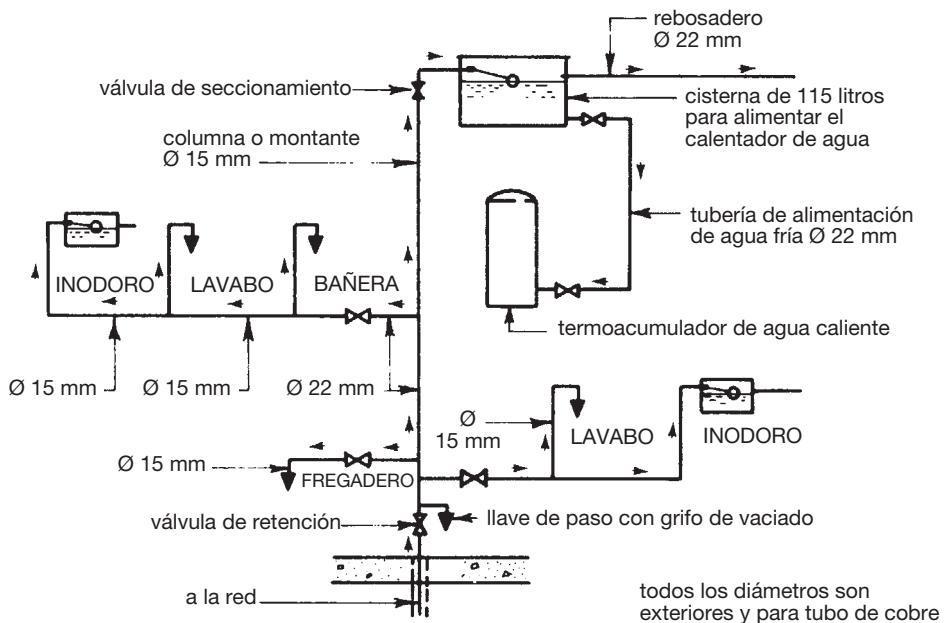
**Sistemas de suministro directo de agua:** el suministro de agua fría se realiza a la presión de la red y el único requisito de almacenamiento es una cisterna de pequeña capacidad para alimentar el depósito de almacenamiento de agua caliente.

Estos sistemas son idóneos para zonas que disponen de depósitos situados a nivel elevado y disponen, por tanto, de una buena presión de red.

La ventaja principal es que todos los grifos disponen en todo momento de agua potable a presión suficiente.

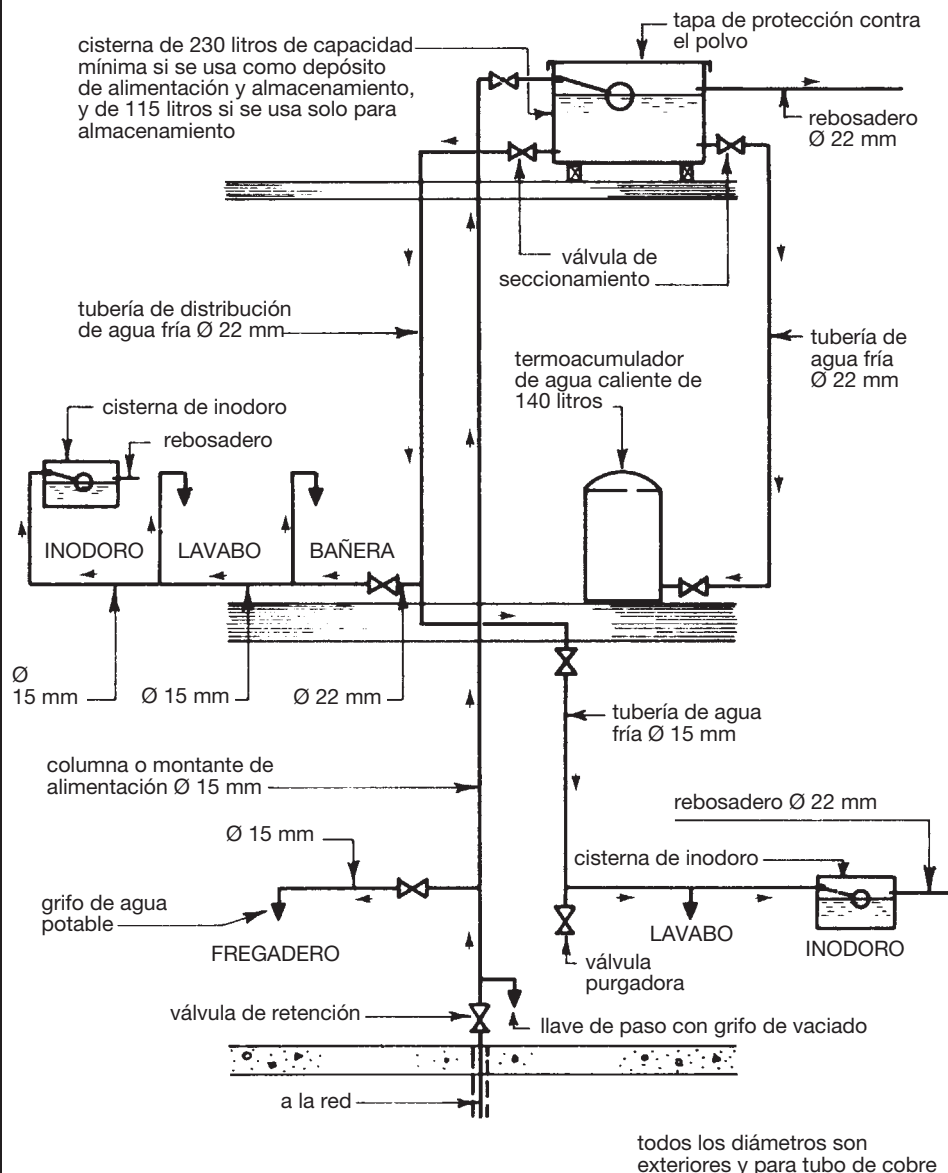
Entre las desventajas se incluyen la carencia de una reserva de agua en caso de corte del suministro, el riesgo de que se produzca un sifonaje de retorno accidental debido a una depresión en la red y la posibilidad de que la presión descienda en las horas de consumo punta.

#### Esquema tipo de suministro directo con presión de red



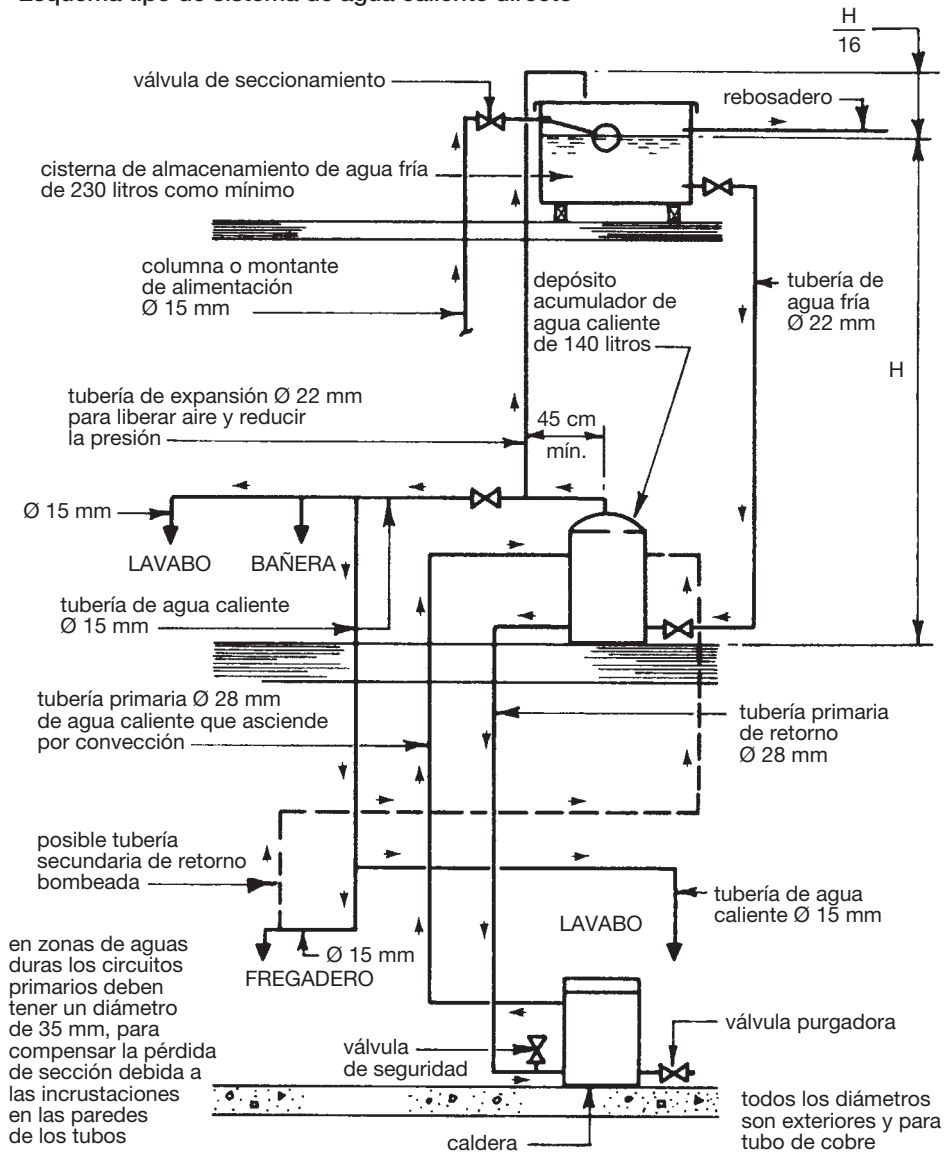
**Sistemas indirectos:** el suministro de agua a todos los grifos se realiza a partir de una cisterna de agua fría, exceptuando el suministro de agua fría al fregadero(s) en el cual el grifo se puede conectar directamente a la columna de alimentación. Este sistema requiere una mayor longitud de tuberías que el sistema directo, pero reduce el riesgo de sifonaje de retorno y proporciona una reserva de agua en caso de fallos o cortes de suministro. La estipulación del sistema a emplear en cada zona corresponde a la compañía suministradora o a las autoridades competentes.

### Esquema tipo de un sistema de suministro indirecto



**Sistema directo:** es el sistema de instalación de agua caliente más sencillo y económico. Se calienta el agua en la caldera y el agua caliente sube por convección hacia el depósito acumulador de agua caliente, para ser reemplazada por el agua, menos caliente, que ocupa el fondo del depósito acumulador. El agua caliente que se extrae del depósito va siendo sustituida paulatinamente por el agua fría procedente de la cisterna de almacenamiento. Los sistemas directos son idóneos para zonas con aguas blandas y para aquellas instalaciones que no tengan que suministrar a un circuito de calefacción central.

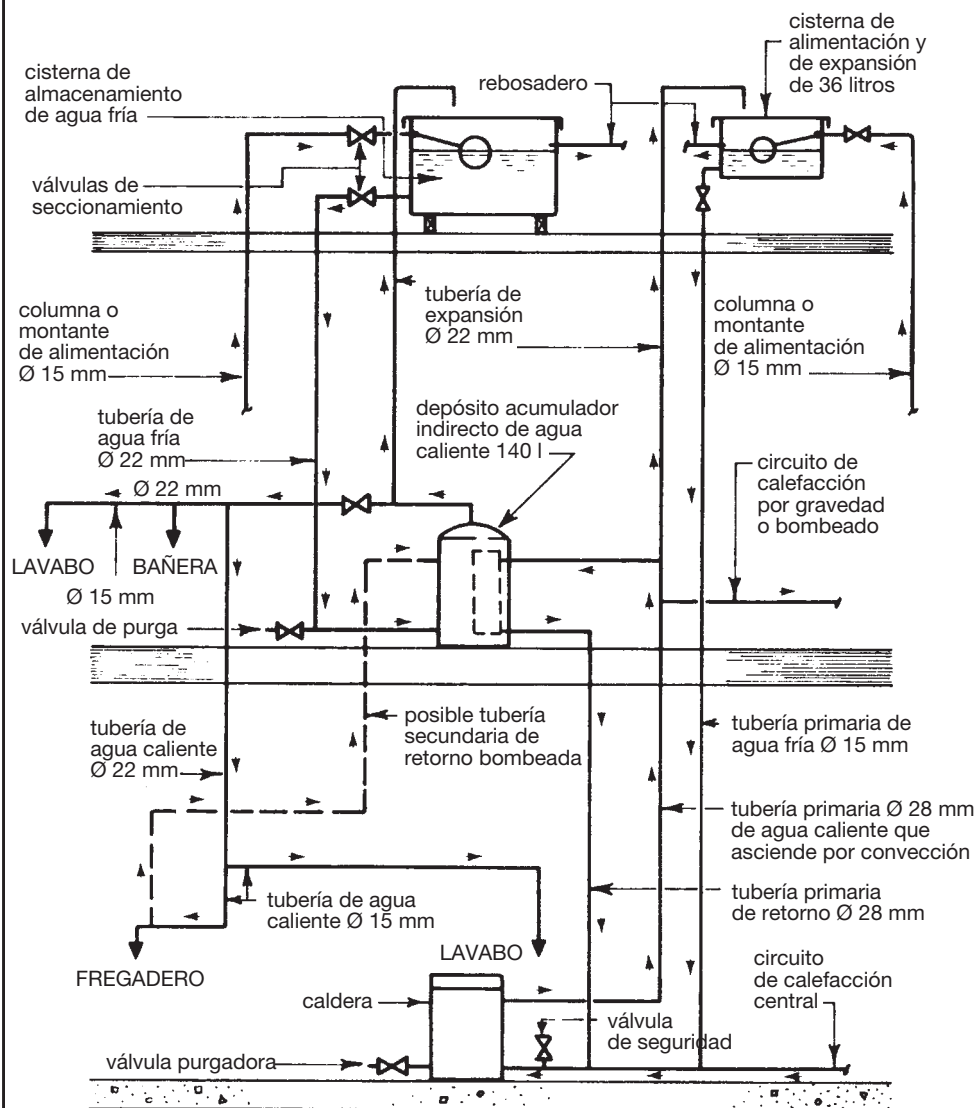
Esquema tipo de sistema de agua caliente directo





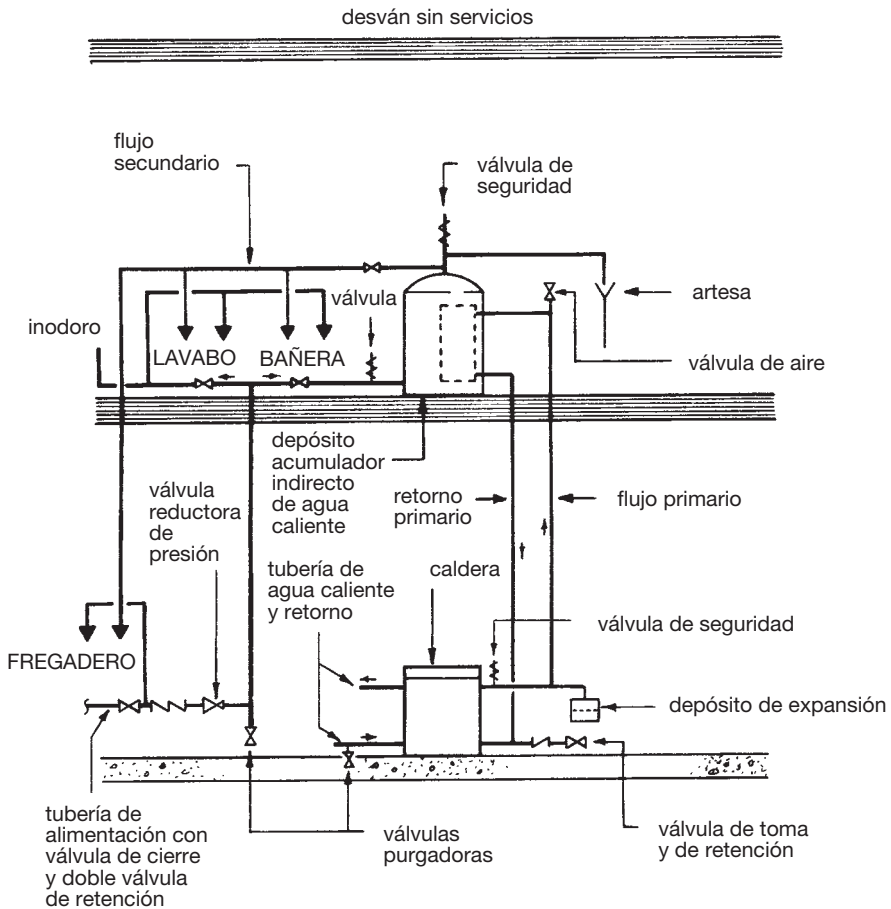
**Sistema indirecto:** se trata de un sistema más complejo que el directo, pero que soluciona el problema de las incrustaciones en las tuberías que puede afectar a los sistemas directos. Por tanto, este método es idóneo para zonas de aguas duras y para todos los sistemas en los que exista un circuito de calefacción central que forme parte de la instalación de agua caliente. Básicamente, las distribuciones de las canalizaciones son similares en ambos sistemas, pero en el sistema indirecto se requiere una cisterna independiente de pequeña capacidad para cargar y llenar a tope el circuito primario. En este sistema, el depósito de agua caliente es, de hecho, un intercambiador de calor; véase pág. 742.

### Esquema tipo de sistema de agua caliente indirecto



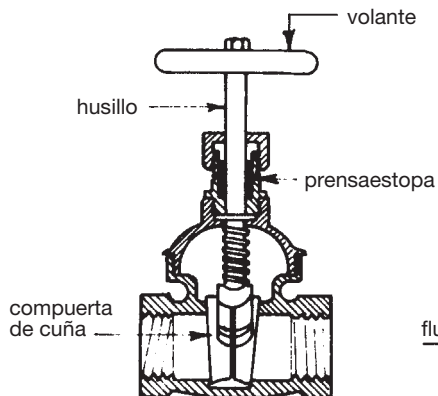
todos los diámetros son exteriores y para tubo de cobre

**Sistema indirecto de alimentación de la red.** Actualmente se utiliza en muchos países europeos y en Estados Unidos como alternativa a los sistemas convencionales, pues elimina la necesidad de almacenar agua fría y ahorra mucho tiempo de instalación, mientras que, por otro lado, complementa a los sistemas de calefacción eléctrica en los que no se precisa caldera. Un depósito de expansión sustituye a la tubería de expansión y al tubo de ventilación estándar, y puede integrarse en el depósito acumulador indirecto de agua caliente. Contiene un diafragma de neopreno que separa el agua del aire (el aire hace de “colchón” para la expansión del agua caliente). Las eventuales pérdidas de aire pueden reponerse fácilmente mediante una bomba de pie.

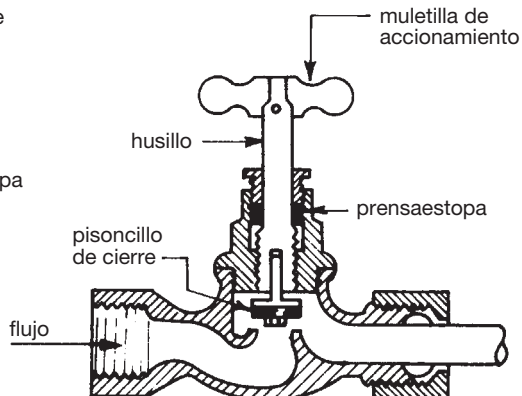


**Reguladores de gasto:** válvulas intercaladas en una instalación para controlar el flujo a lo largo de las tuberías, para aislar un ramal o para controlar la toma de agua del sistema.

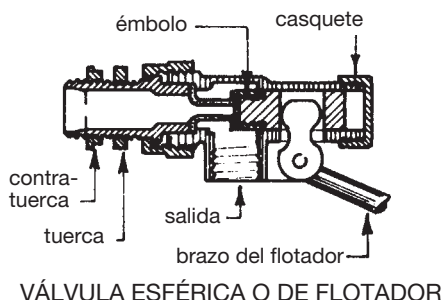
### Ejemplos tipo



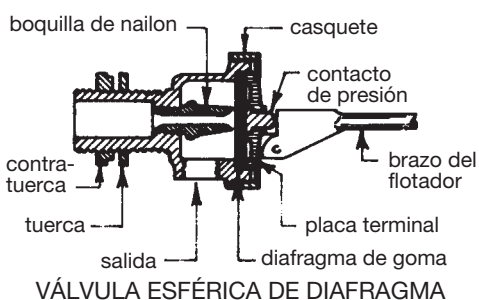
**VÁLVULA DE COMPUERTA**  
se usa para controlar el flujo de agua



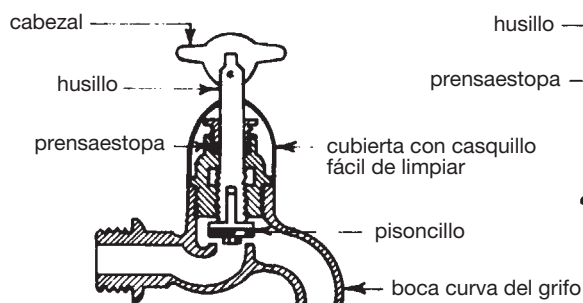
**VÁLVULA DE RETENCIÓN**  
se usa para cortar el flujo de agua



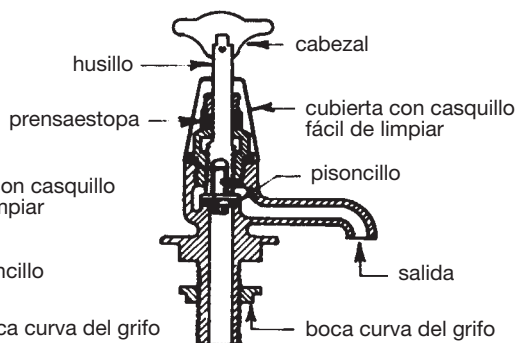
**VÁLVULA ESFÉRICA O DE FLOTADOR**



**VÁLVULA ESFÉRICA DE DIAFRAGMA**



**GRIFO DE BOCA CURVA**  
entrada horizontal: se usa para fregaderos y para tuberías de manguera



**GRIFO DE COLUMNA**  
entrada vertical: se usa combinado con los aparatos sanitarios

**Cisternas:** son contenedores para almacenar agua. La entrada de agua se controla mediante una válvula esférica ajustada para cerrar la admisión en cuanto se alcance el nivel prefijado en el interior de la cisterna. La capacidad de la cisterna depende de la demanda de agua y de si alimenta o no a los dos sistemas de agua fría y caliente. Conviene separar las cisternas domésticas de agua fría de las paredes o de la cubierta un mínimo de 75 cm para poder realizar las operaciones de inspección, limpieza y mantenimiento cómodamente.

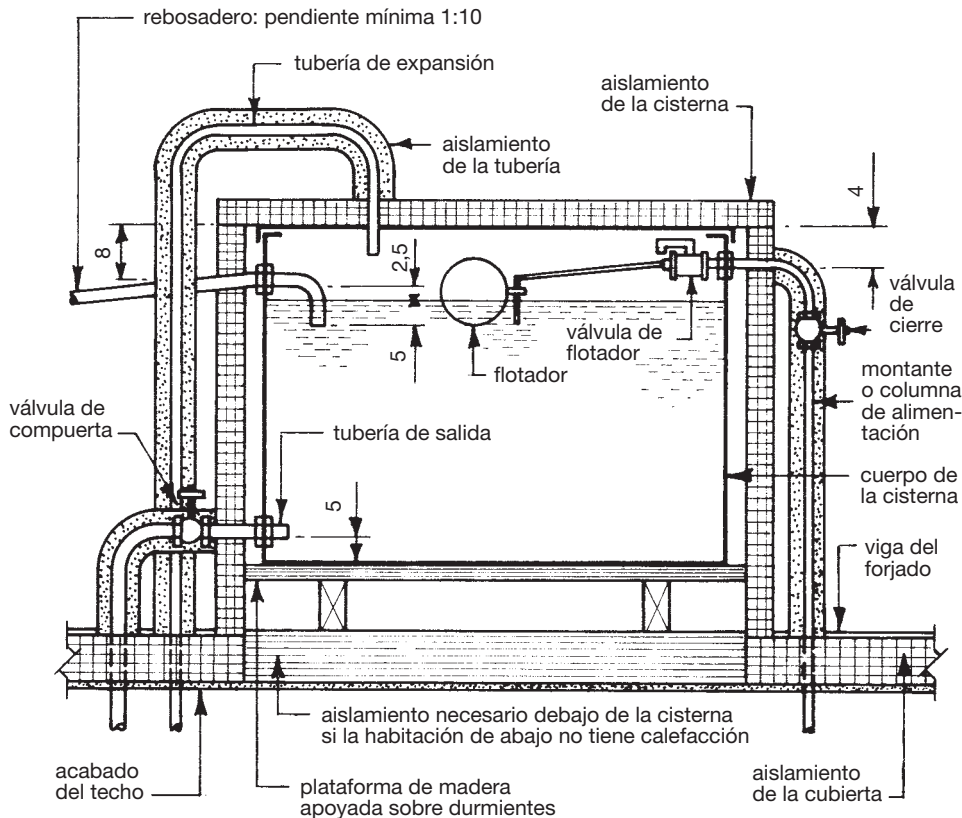
Es conveniente dejar encima de la cisterna un espacio libre de 30 cm para el mantenimiento de la válvula de flotador.

Debe instalarse un rebosadero de no menos de 22 mm de diámetro para evacuar el agua sobrante en el caso de un fallo del flotador.

Todas las tuberías de salida de agua dispondrán de una válvula de compuerta ubicada lo más cerca posible de la cisterna. En el mercado existe una gran variedad de tamaños, formas y materiales para cisternas: acero suave galvanizado, fibrocemento, plástico moldeado, plástico reforzado y fibra de vidrio.

Si la cisterna y las tuberías asociadas a ella van a estar ubicadas en un lugar frío, como en un desván, deberán estar convenientemente aisladas en previsión de heladas.

#### Detalles tipo



## Acumuladores de agua caliente. Sistema indirecto

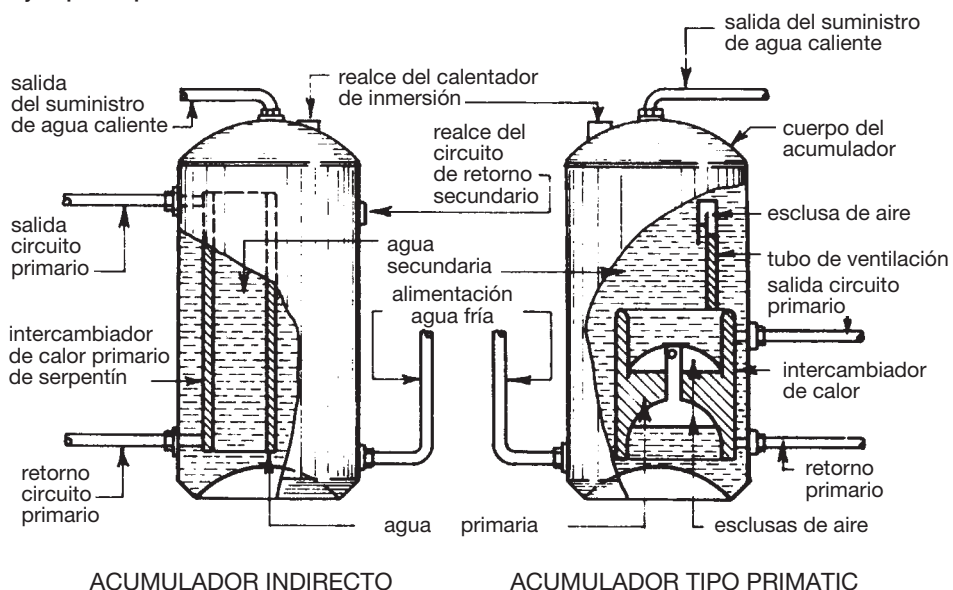
**Acumuladores indirectos de agua caliente:** estos acumuladores no son más que una forma de intercambiadores de calor cuyo circuito primario de agua caliente procedente de la caldera circula a través de un serpentín ubicado en el interior del recipiente de almacenamiento, transmitiendo el calor al agua almacenada.

Para pequeñas instalaciones, existe un acumulador alternativo de un solo alimentador, el acumulador conocido como Primatic, que tiene la propiedad de ser autoventilado y se basa en dos esclusas de aire para separar el agua primaria del agua secundaria.

Estos acumuladores se conectan a la canalización igual que en un sistema directo (véase pág. 737) y, por tanto, supone un ahorro en tuberías y accesorios.

Los acumuladores indirectos suelen ser de acero suave galvanizado o de cobre.

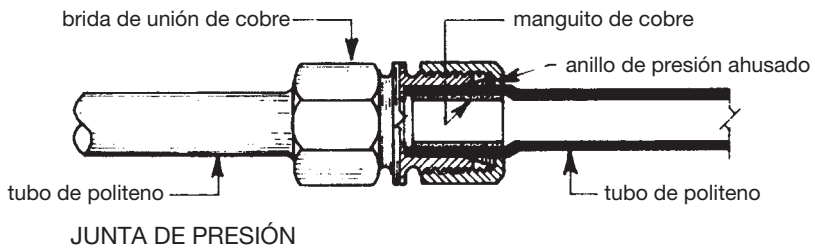
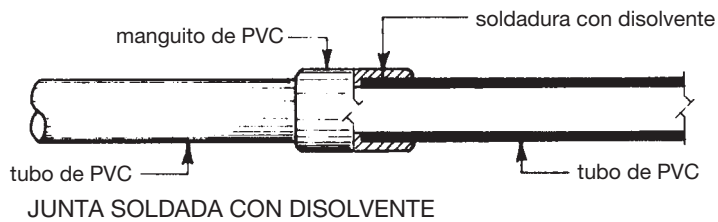
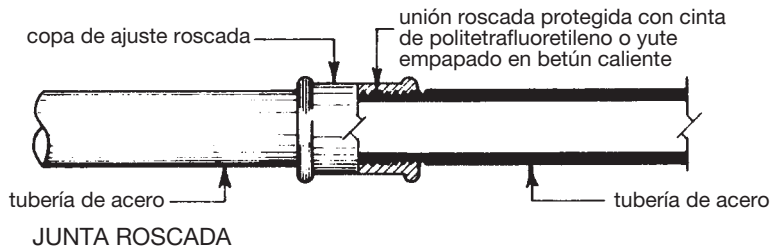
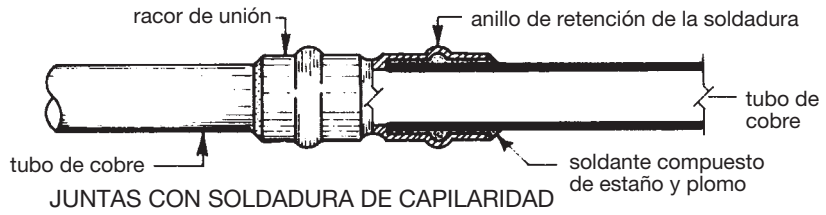
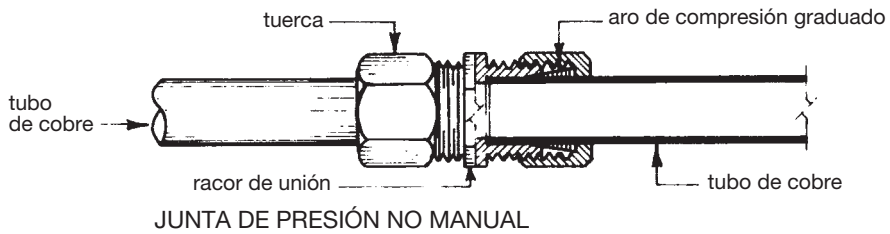
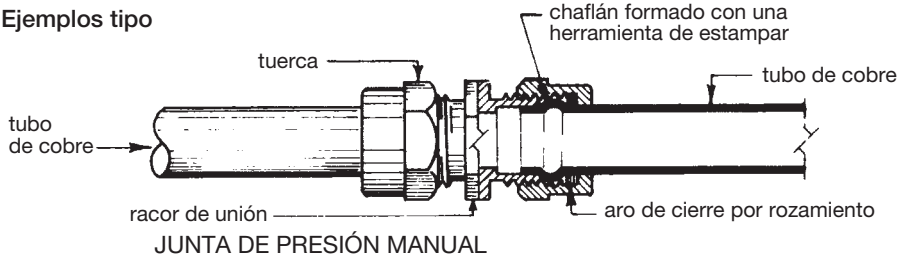
### Ejemplos tipo



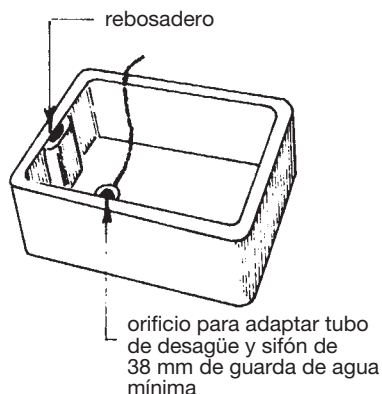
### Acumuladores tipo Primatic:

1. El acumulador se va llenando de agua por el procedimiento normal, mientras que el sistema primario se llena a través del intercambiador de calor; mientras progresa el llenado inicial, se forman unas esclusas de aire en las cámaras superior e inferior del intercambiador de calor y en el tubo de ventilación.
2. Se mantienen permanentemente las dos esclusas de aire del interior del intercambiador, que se autorrecuperan durante la operación. Estas esclusas aíslan el agua primaria del agua secundaria casi con la misma efectividad que una barrera mecánica.
3. El volumen de expansión del conjunto de agua primaria a una temperatura de salida de 82 °C es aproximadamente 1/25 y se acomoda en la cámara de expansión superior desplazando el aire hacia la cámara inferior.

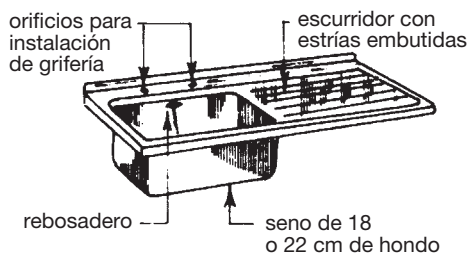
Ejemplos tipo



### Ejemplos tipo



**FREGADERO DE UN SENO SIN ESCURRIDOR**

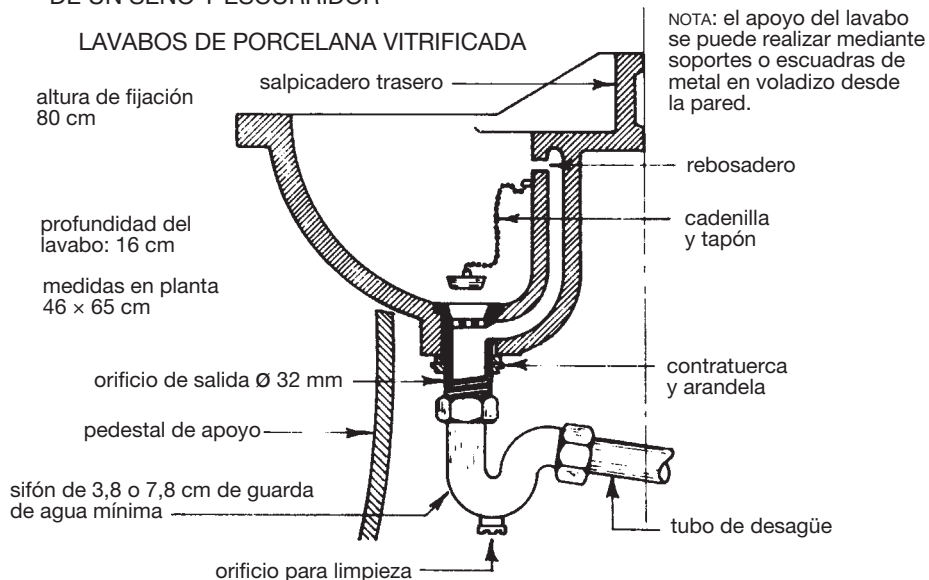


**FREGADERO DE ACERO INOXIDABLE DE UN SENO Y ESCURRIDOR**

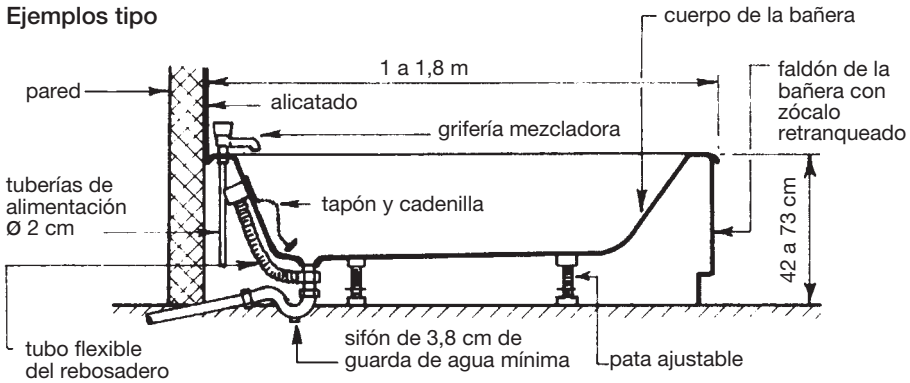
**Fregaderos de arcilla refractaria:** fregaderos de porcelana blanca vitrificada disponibles en una amplia gama de tamaños comprendida entre 45 × 40 × 20 cm hasta 120 × 60 × 30 cm; existen modelos de un seno, de dos senos, ambos con o sin escurridor incorporado. Se colocan a una altura comprendida entre 85 y 92 cm y se apoyan sobre patas, sobre soportes en voladizo desde la pared, encastrados en la encimera o sobre tabiques de obra.

**Fregaderos metálicos:** pueden ser de hierro fundido esmaltado, acero estampado esmaltado o acero inoxidable, rectangulares o redondos, de uno o dos senos y de uno o de dos escurridores, oscilando sus medidas entre 45 × 35 cm, en el caso del modelo más sencillo de un seno sin escurridor, y 180 × 50 cm, en el caso de dos senos y dos escurridores. Se apoyan sobre soportes en voladizo desde la pared o encastrados en la encimera.

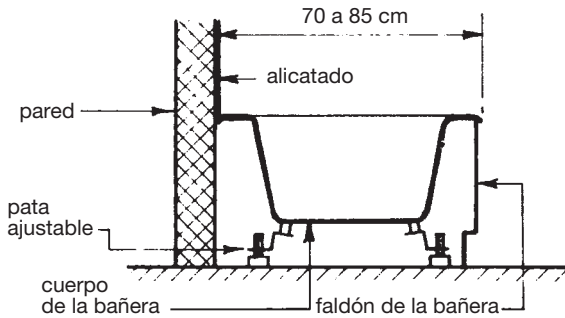
### LAVABOS DE PORCELANA VITRIFICADA



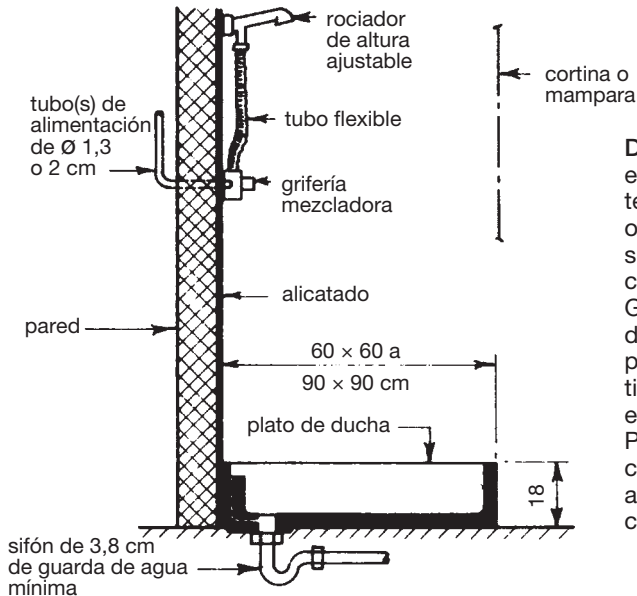
Ejemplos tipo



SECCIÓN LONGITUDINAL



SECCIÓN TRANSVERSAL



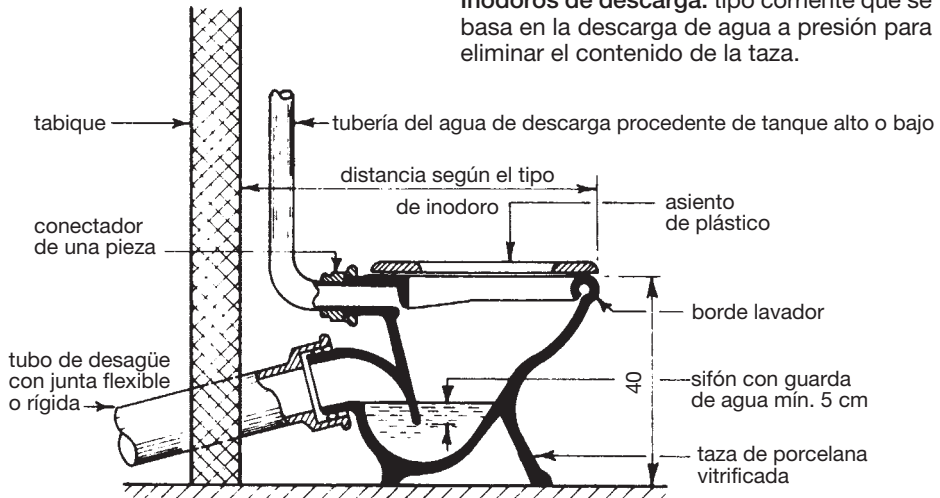
**Bañeras:** existe una amplia variedad de tamaños, diseños, colores y materiales, entre los que se encuentran la fundición, la chapa de acero y los plásticos acrílicos.

**Duchas:** pueden disponerse en un cubículo independiente cerrado con una cortina u otro tipo de cierre para evitar salpicaduras en el suelo, o combinarse con la bañera. Generalmente, los platos de ducha prefabricados son de porcelana esmaltada o plástico acrílico y ocupan menos espacio que una bañera. Para que una ducha sea eficiente necesita una carga de agua mínima de 1 m por encima del rociador.

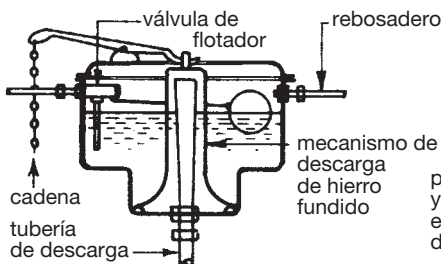
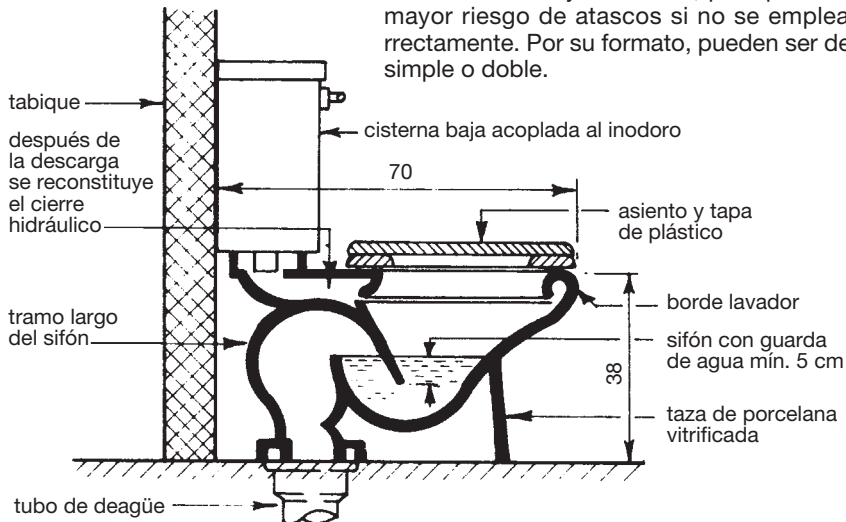


### Ejemplos tipo

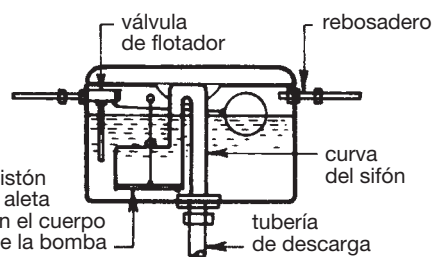
**Inodoros de descarga: tipo corriente que se basa en la descarga de agua a presión para eliminar el contenido de la taza.**



**Inodoros de aspiración sifónica: de funcionamiento eficiente y silencioso, pero presentan un mayor riesgo de atascos si no se emplean correctamente. Por su formato, pueden ser de sifón simple o doble.**



TANQUE ALTO DE DESCARGA



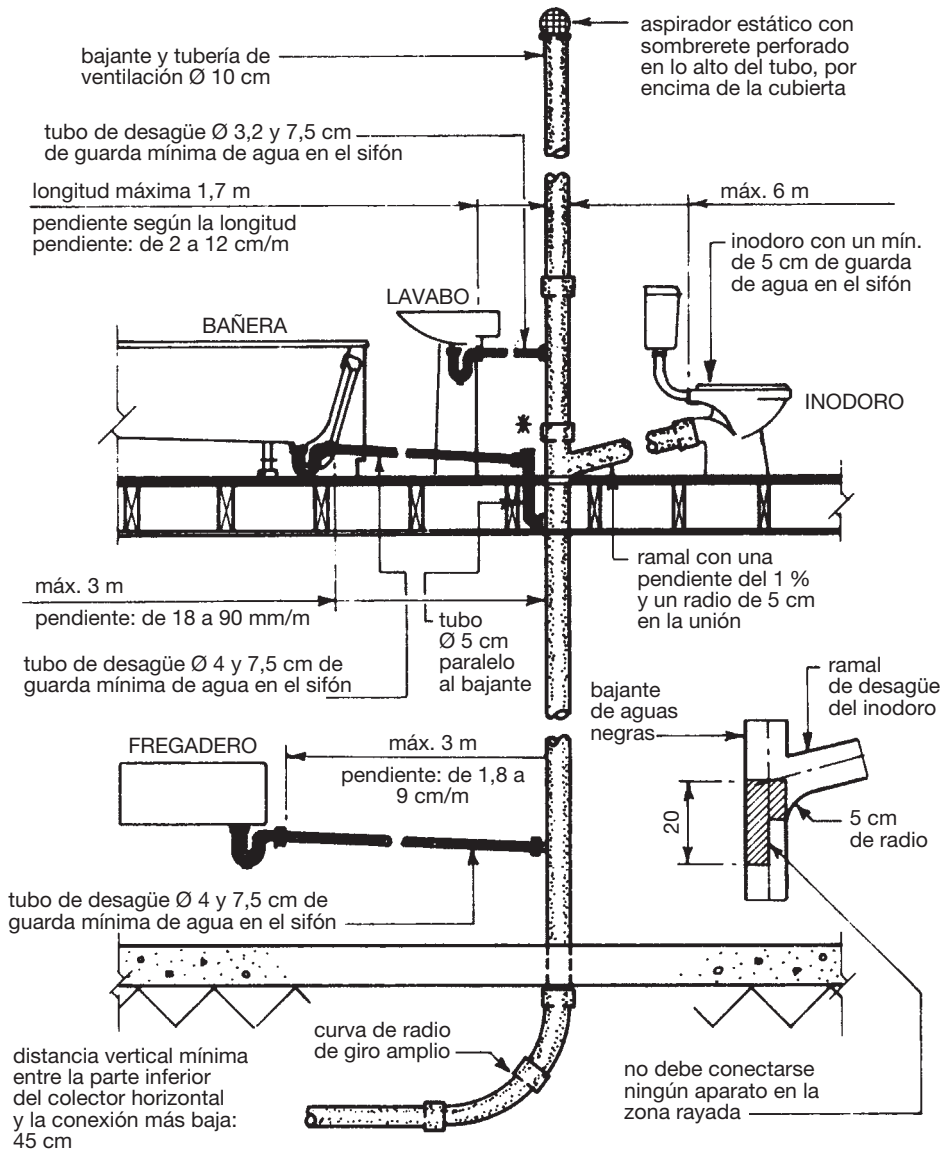
TANQUE BAJO DE ÉMBOLO

**Sistema de un solo conducto:** elimina la necesidad de una tubería de ventilación aparte del bajante para mantener los cierres hidráulicos de los sifones de los aparatos sanitarios.

Las pendientes y las distancias de los ramales de conexión al bajante deben mantenerse dentro de los límites señalados más abajo.

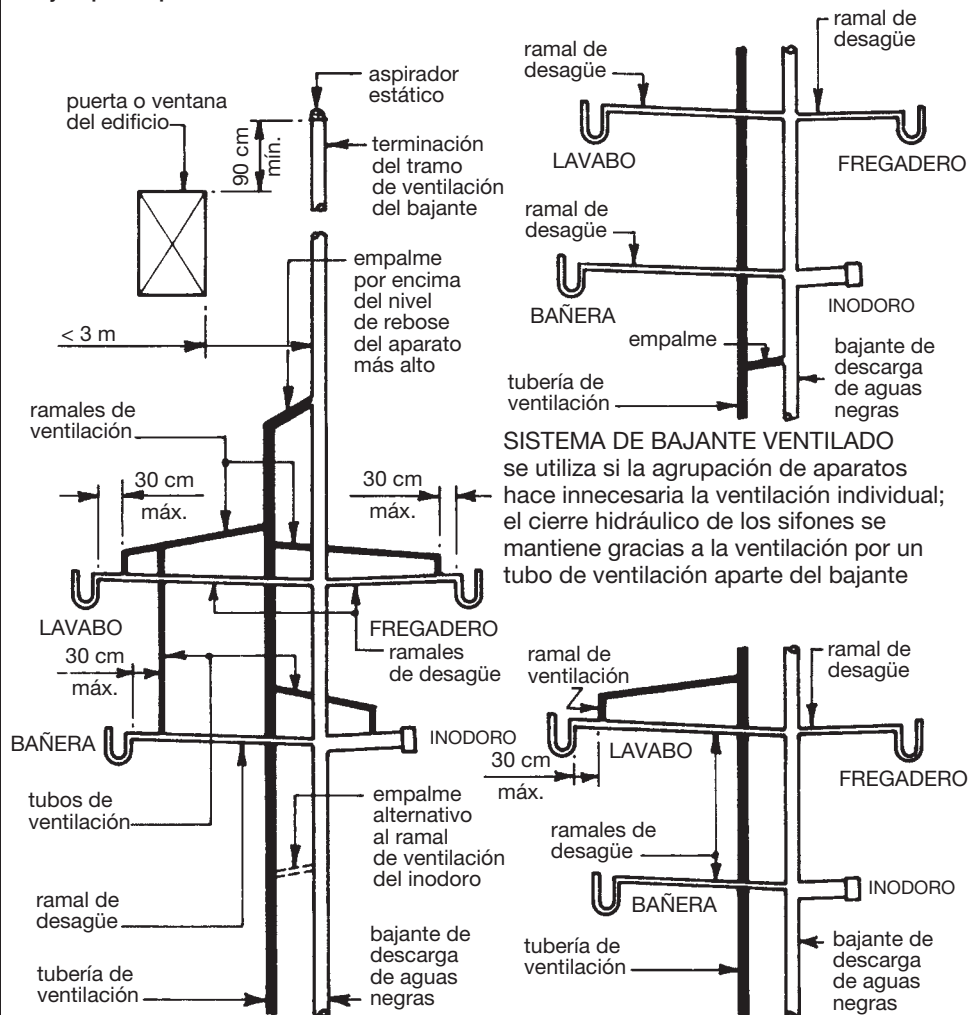
Este sistema solo es adecuado si los aparatos sanitarios están estrechamente agrupados en torno al bajante general.

### Detalles tipo



**Sistemas de descarga ventilados:** si la distribución de los aparatos no cumple las condiciones establecidas para el sistema de un solo conducto grafiado en la pág. 747, será preciso instalar tuberías de ventilación con el fin de mantener el cierre hidráulico de los sifones de los aparatos. Para solucionar este problema existen tres métodos: un sistema totalmente ventilado, un sistema de bajante ventilado y un sistema de un solo conducto modificado que puede aplicarse a cualquier número de plantas.

## Ejemplos tipo



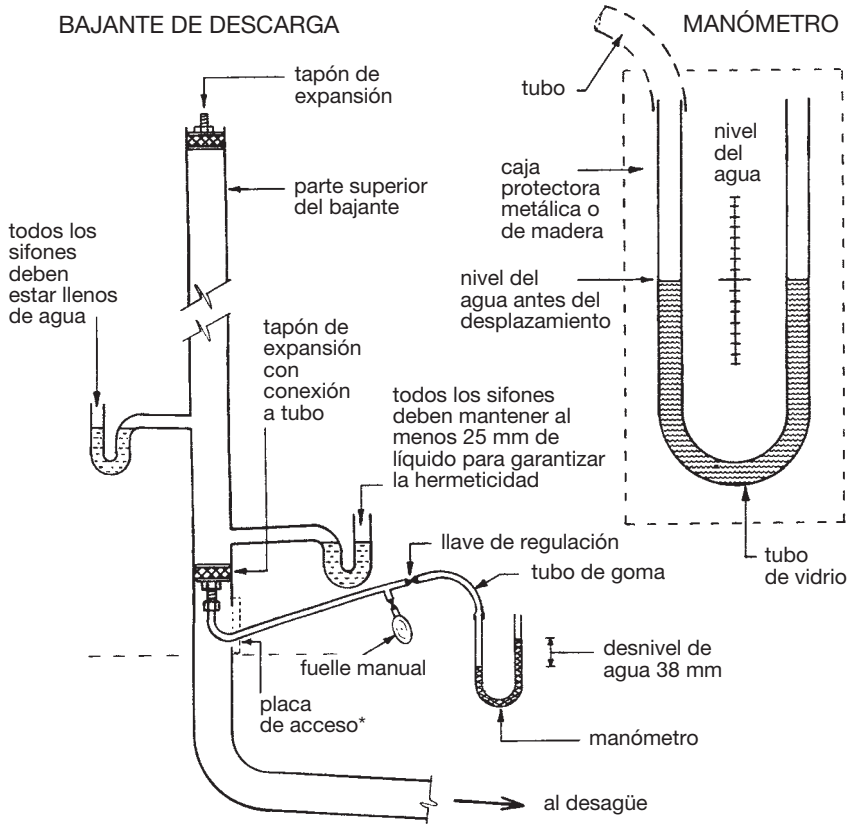
**SISTEMA TOTALMENTE VENTILADO**  
se utiliza cuando hay un gran número de aparatos muy dispersos o agrupados en filas

**SISTEMA DE UN SOLO CONDUCTO MODIFICADO**  
se emplea para ventilar solo aquellos ramales de desagüe cuya longitud exceda de la requerida para el sistema de un único conducto

Diámetro mínimo de los ramales de ventilación: 2,5 cm.

**Hermeticidad:** debe asegurarse por razones de salubridad. Una prueba de aire o humo en la bajante debe producir en el bajante una presión  $\geq 3,8$  cm durante no menos de tres minutos.

### Aplicación



\* Si no existiese placa de acceso, se podría taponar la conexión superior a la primera arqueta registrable e insertar el tubo de goma a través del sifón del inodoro.

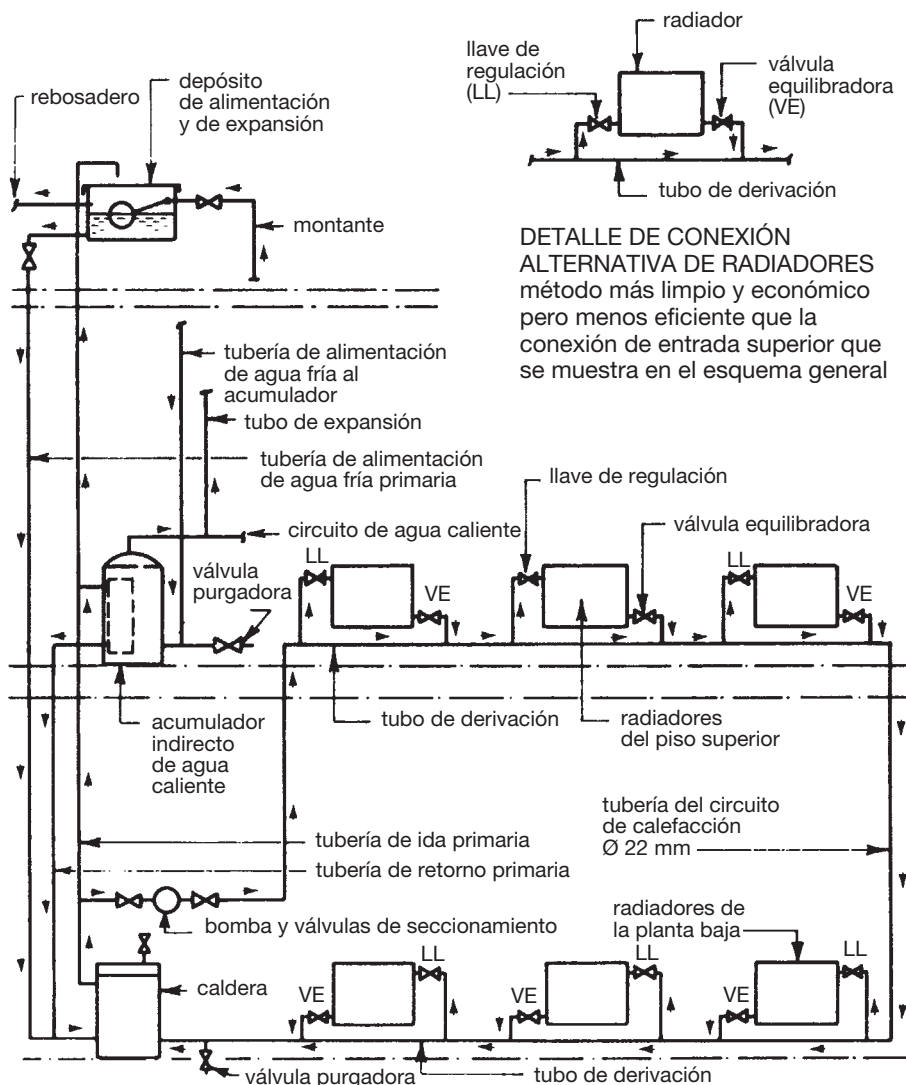
**NOTA:** en la actualidad no suelen aplicarse las pruebas de humo ya que el equipo es muy voluminoso y poco adecuado para las tuberías de PVC actuales. Por otra parte, las bolitas que producen humo son ideales para la detección de fugas, pero no es bueno que entren en contacto con materiales plásticos.

## Sistemas de calefacción por agua caliente

**Sistema monotubular:** el agua caliente circula por el sistema impulsada por una bomba aceleradora. La temperatura de salida de la caldera es de unos 80 °C y la de retorno de entre 60 y 70 °C.

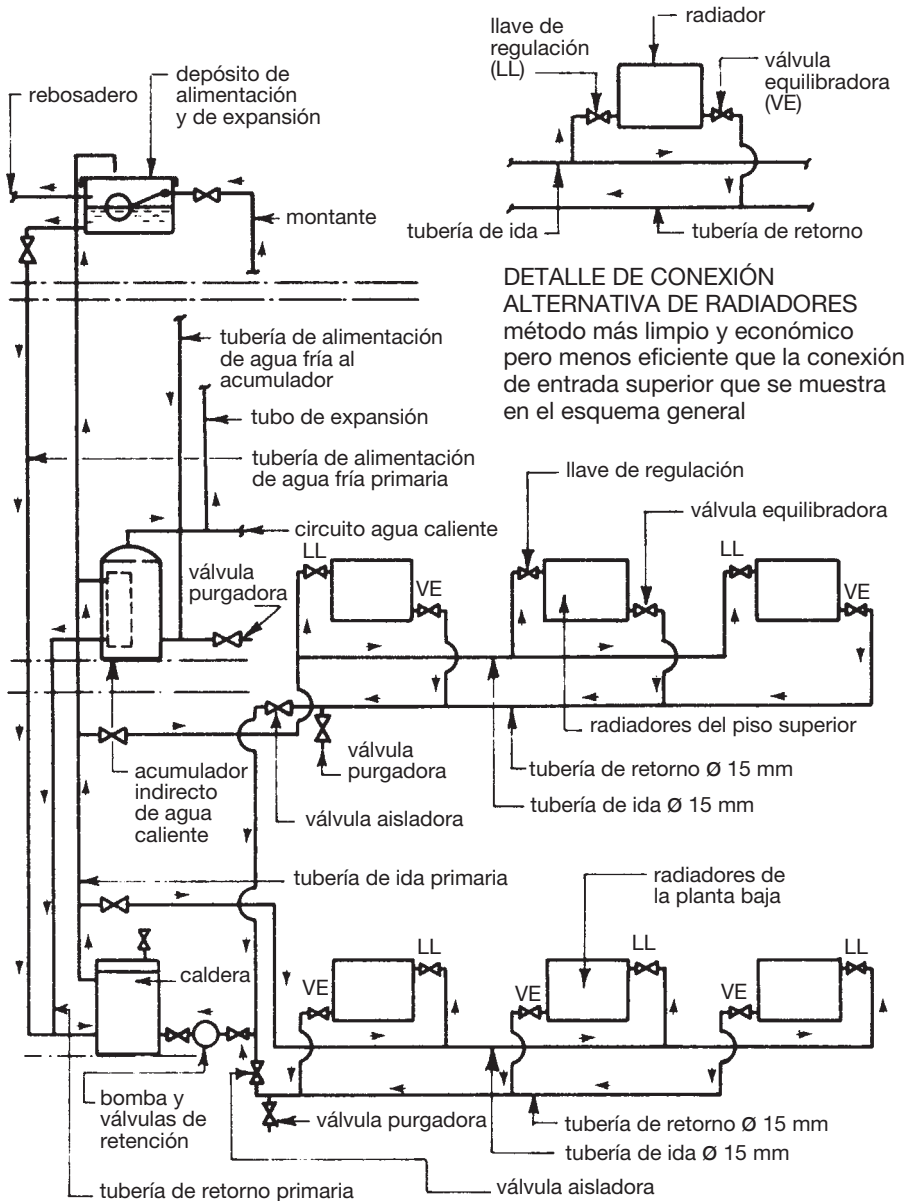
El sistema monotubular es sencillo de concepción y de fácil instalación, pero su principal inconveniente es que, dado que el agua pasa de un radiador al siguiente, la temperatura media de los radiadores se va reduciendo, a menos que estén cuidadosamente compensados o se incremente el tamaño de los mismos hacia el final del circuito para compensar la caída de la temperatura.

### Esquema tipo



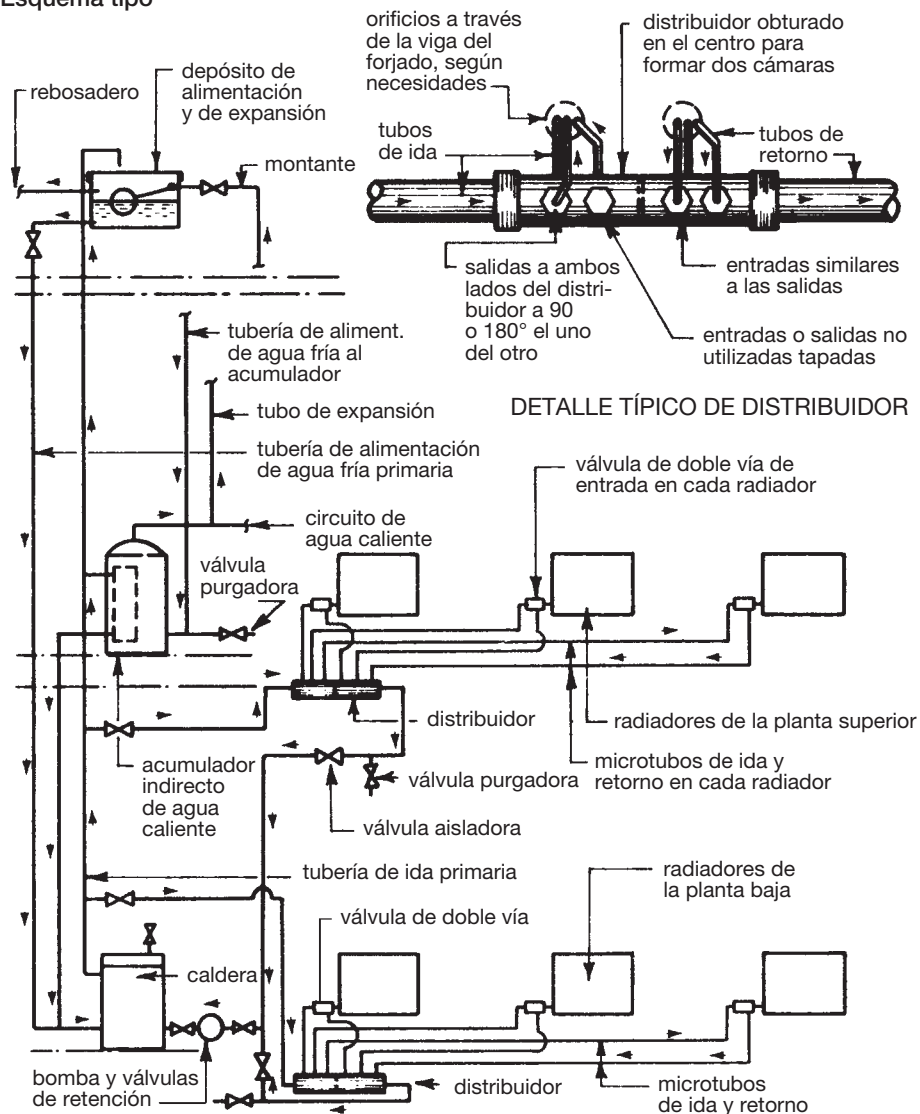
**Sistema bitubular:** este sistema es más caro pero mucho más eficaz que el monotubular de la página anterior. Es más fácil de equilibrar, pues cada radiador o emisor de calor recibe el agua caliente aproximadamente a la misma temperatura que los demás, debido a que el agua caliente que sale del radiador vuelve a la caldera a través de un circuito de retorno sin pasar por otros radiadores.

### Esquema tipo



**Sistema de microtubos:** en este sistema se utilizan tuberías blandas de cobre de 6 a 12 mm de diámetro, empleándose un tubo individual de ida y de retorno para cada radiador o emisor de calor y partiendo todos ellos de un distribuidor o colector común de 22 mm de diámetro. Lo flexible y discreto de las canalizaciones hace de este sistema un método ideal para emplear en situaciones complicadas, pero requiere una bomba más potente que la habitual en los sistemas tradicionales de tuberías de pequeño diámetro. Las válvulas del emisor de calor o radiador pueden ser similares a las que se utilizan en los sistemas de una o dos tuberías de pequeño diámetro; como alternativa, puede usarse una válvula de doble vía.

## Esquema tipo



**Mandos:** en un sistema de calefacción doméstica por agua caliente, la gama de mecanismos de mando para regular la energía térmica liberada y la temporización es considerable y abarca desde las válvulas de control termostático a los reguladores y programadores.

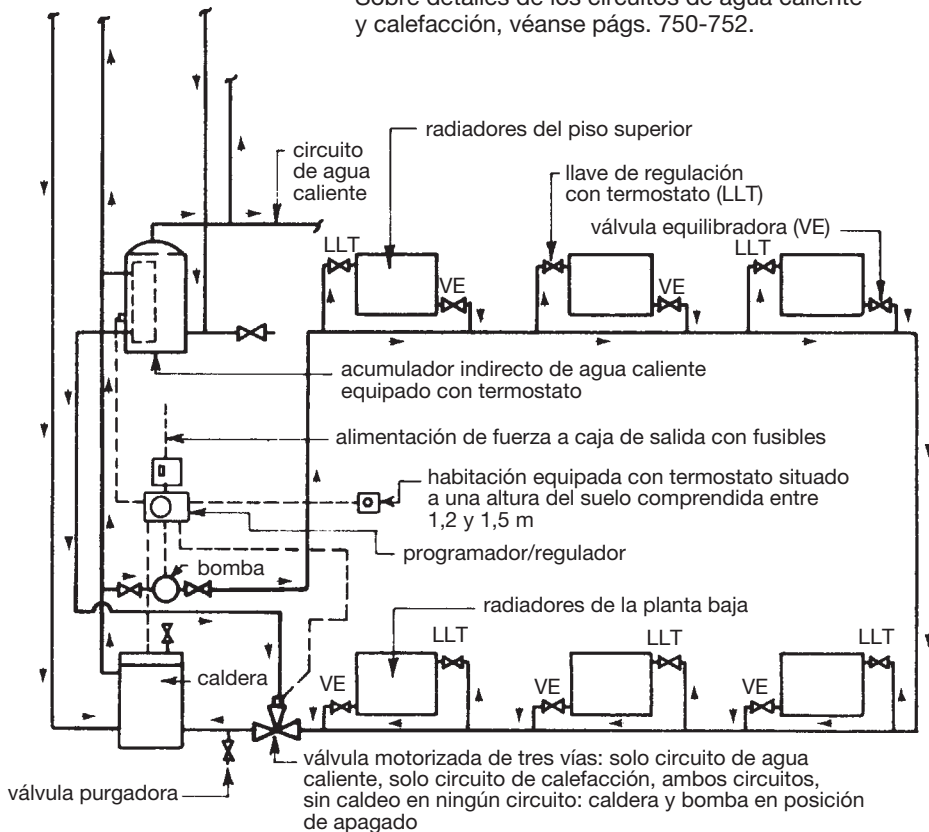
**Ejemplo tipo:**

**Caldera:** equipada con un termostato para controlar la temperatura del agua caliente que sale de la caldera.

**Emisores de calor o radiadores:** dotados de válvulas de regulación termostática para controlar el flujo de agua caliente que llega a los radiadores para mantener la habitación a la temperatura deseada.

**Programador/regulador:** básicamente, es un interruptor de tiempos que, generalmente, puede programarse para un período de 24 horas y permite controlar separadamente los sistemas de suministro de agua caliente y de calefacción central. El programador recibe señales de los termostatos del acumulador de agua caliente y de las habitaciones para controlar la acción de la bomba y la válvula motorizada.

Sobre detalles de los circuitos de agua caliente y calefacción, véanse págs. 750-752.

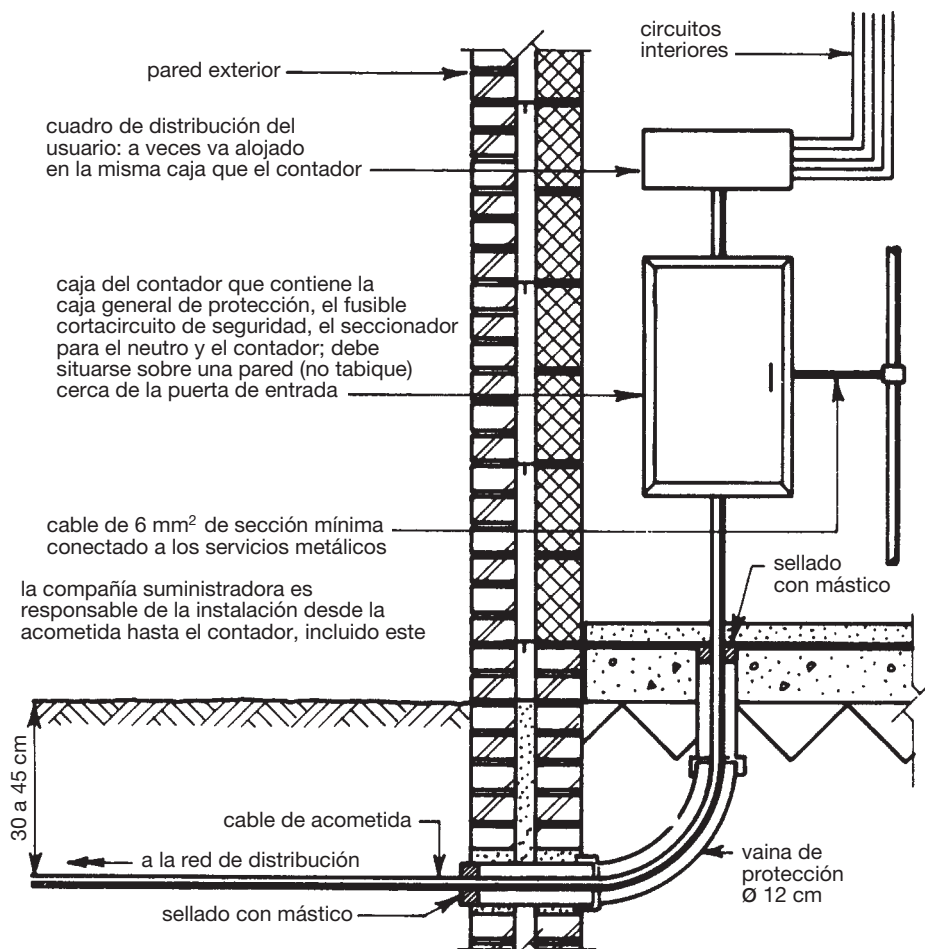




**Suministro de electricidad:** en España, la producción y el suministro de electricidad están a cargo de diversas empresas eléctricas privadas. Las instalaciones receptoras y generadoras de electricidad en baja tensión están reguladas por el “Reglamento electrotécnico para baja tensión e instalaciones técnicas complementarias” (2002), de obligado cumplimiento en todo el territorio. El suministro eléctrico a las instalaciones domésticas se realiza habitualmente a una tensión de 220 voltios entre fase y neutro, y los proyectos se atenderán a los siguientes objetivos básicos:

1. Proporcionar una adecuada puesta a tierra para evitar posibles sacudidas eléctricas a los ocupantes.
2. Evitar fugas de corriente.
3. Evitar la posibilidad de incendios.

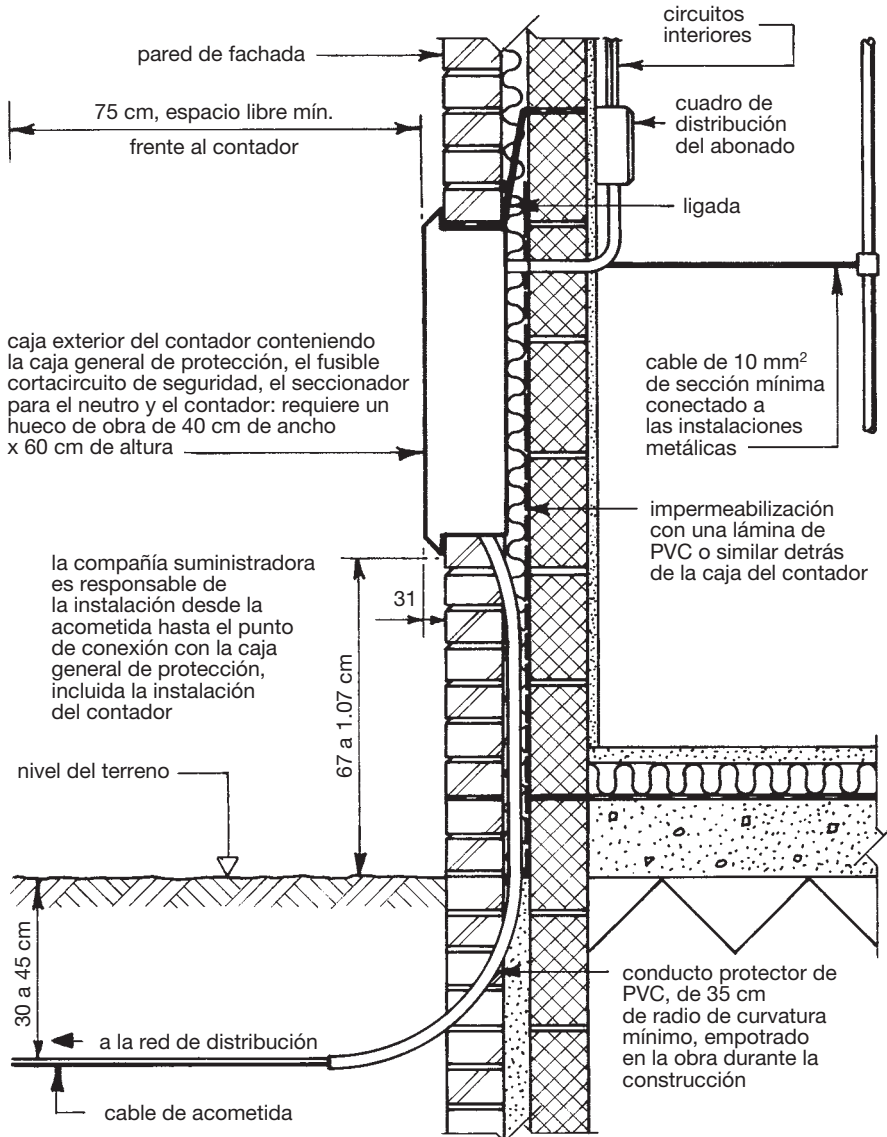
### Detalle tipo de una acometida de electricidad



Como solución alternativa a la acometida, véase página siguiente.

**Acometida de electricidad:** aunque el contador de electricidad pueda, de hecho, instalarse en el interior de la vivienda, las compañías eléctricas suelen preferir que se ubique en el exterior de la misma, para poder realizar las lecturas sin necesidad de penetrar en la vivienda.

**Detalle tipo de una acometida de eléctrica\***



Como solución alternativa a la acometida, véase página siguiente.

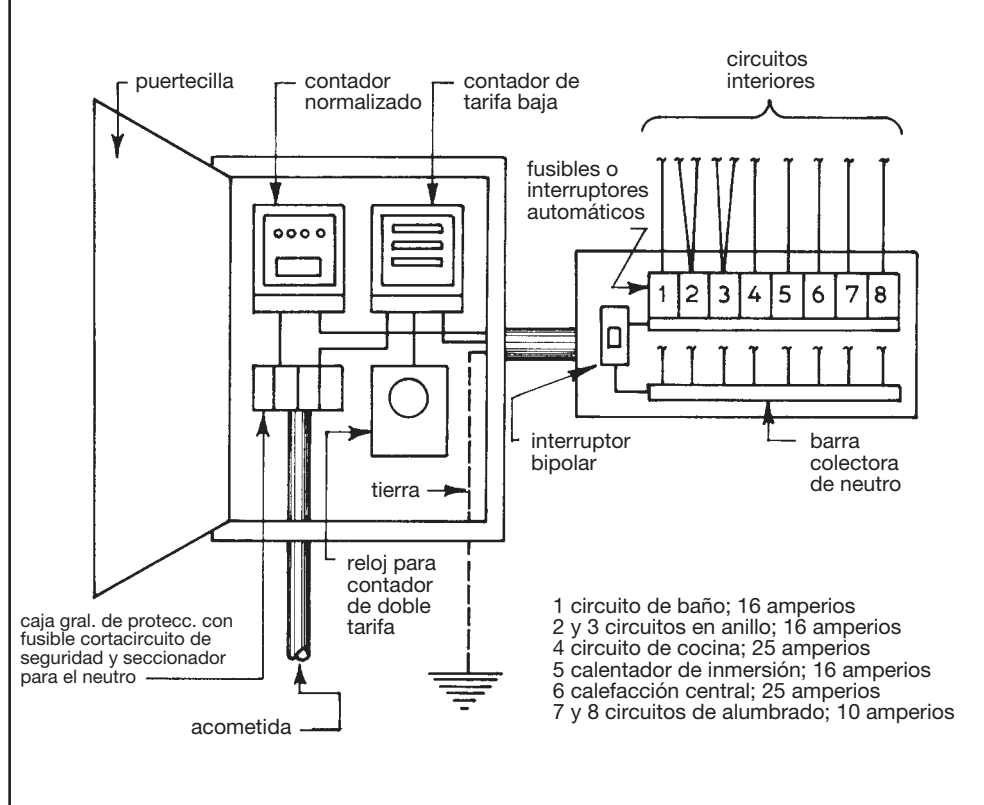
\* En este ejemplo y en el de la página siguiente se ha supuesto que la caja general de protección y el contador del abonado se alojan en la misma caja. Aunque esto sea lo habitual en casos de un solo abonado, no es lo corriente en edificios urbanos de pisos, en donde los contadores pueden alojarse en cuarto o armario diseñado al efecto o ubicarse en el interior de cada vivienda.

**Acometida del suministro eléctrico:** la compañía es responsable del suministro, instalación e inspección del cable de acometida hasta el punto de conexión con la caja general de protección, pero el responsable de la seguridad y protección del equipo de la compañía es el abonado. La caja general de protección la suministra e instala el abonado de acuerdo con las instrucciones de la compañía, y puede estar en una pared interior cercana a la entrada o en la fachada del edificio, siendo esta última la preferida por la compañía, pues facilita la lectura del contador (en estos ejemplos se ha supuesto que el contador y la caja general de protección están juntos). Véanse detalles en la página anterior.

**Contadores:** si se ubican junto a la caja general de protección, el conjunto se alojará en una caja especial normalizada de fibra de vidrio y acero cuyas medidas oscilan entre 45 x 65 cm (ancho x alto) y 60 x 80 cm, con un fondo de 20 cm en ambos casos.

**Cuadro de mando y protección:** se ubica en el interior de cada vivienda o local, cerca de la entrada; puede o no estar junto al contador; su función es proporcionar al usuario un medio sencillo, compacto y efectivo para controlar y distribuir la energía eléctrica y proteger a la instalación interior y a las personas contra los contactos indirectos. Estará compuesto por: un interruptor de control de potencia magnetotérmico (ICP) accionado manualmente y dotado de dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos; un interruptor diferencial (ID), asociado al sistema de puesta a tierra, para la protección contra contactos indirectos; y los pequeños interruptores automáticos (PIA), dotados de dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, cuyo fin es el mando y protección de cada uno de los circuitos de la instalación interior.

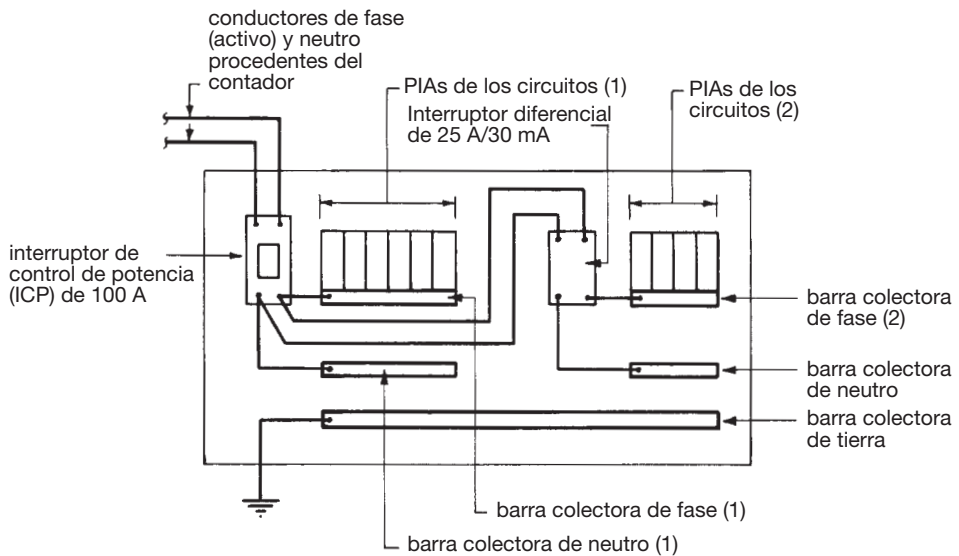
#### Esquema tipo



**Cuadro general de mando y protección:** como se ha descrito en la página anterior, comprende un interruptor de control de potencia, barras de conductores con corriente, neutro y tierra, más una serie de dispositivos de protección de sobrecargas de los circuitos individuales. La costumbre popular lo ha llamado hasta la fecha “caja de fusibles”, pero las variantes actuales son mucho más complejas. La protección contra las sobrecargas y cortocircuitos viene proporcionada por unos pequeños interruptores automáticos (PIAs) conectados a la barra de conductores con corriente o de fase. Además, existe un interruptor diferencial asociado al sistema de puesta a tierra que actúa como dispositivo de seguridad de toda la instalación interior. Como protección adicional, se instala un interruptor diferencial dedicado especialmente a todos aquellos circuitos que pudieran utilizarse para dar corriente al equipo exterior, por ejemplo, tomas de corriente de fuerza de un circuito exterior en la planta baja.

**Interruptor diferencial:** es un tipo de interruptor o solenoide que desconecta el suministro eléctrico cuando se produce un sobrevoltaje o un contacto con tierra.

#### Cuadro general de mando y protección tipo



Téngase en cuenta que si la acometida es aérea, el interruptor de control de potencia se combina con un interruptor diferencial de 100 mA que protege todos los circuitos.

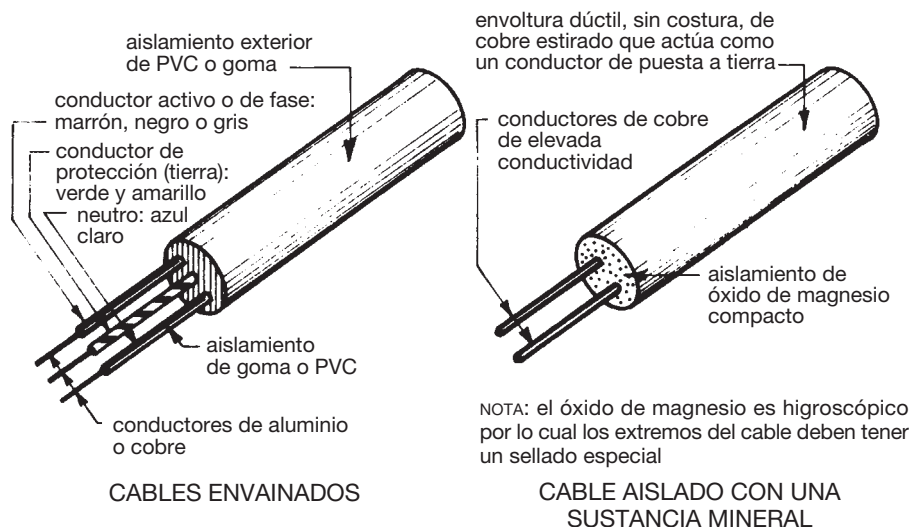
#### NOTA:

Circuitos (1) a los aparatos; es decir, lámparas, cocina, calentador de inmersión y detectores de humos.

Circuitos (2) a las tomas de corriente susceptibles de servir a equipos portátiles exteriores.

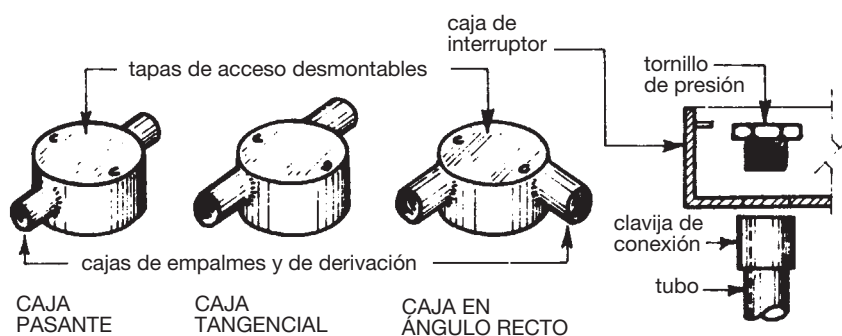
**Cables eléctricos:** los conductores son de cobre o aluminio y están rodeados de un material aislante, como PVC o goma.

### Ejemplos tipo



**Conductos portacables:** son tubos de acero o plástico que protegen los cables. Los de acero actúan como un conductor de puesta a tierra, mientras que los de plástico requieren introducir en su interior un conductor separado de tierra. Los conductos portacables permiten reemplazar los cables de la instalación sin necesidad de alterar la obra. Generalmente, en los tubos se introducen solo cables aislados mientras que en los sistemas de cables no reemplazables tienen una vaina protectora exterior.

### Accesorios tipo de tuberías



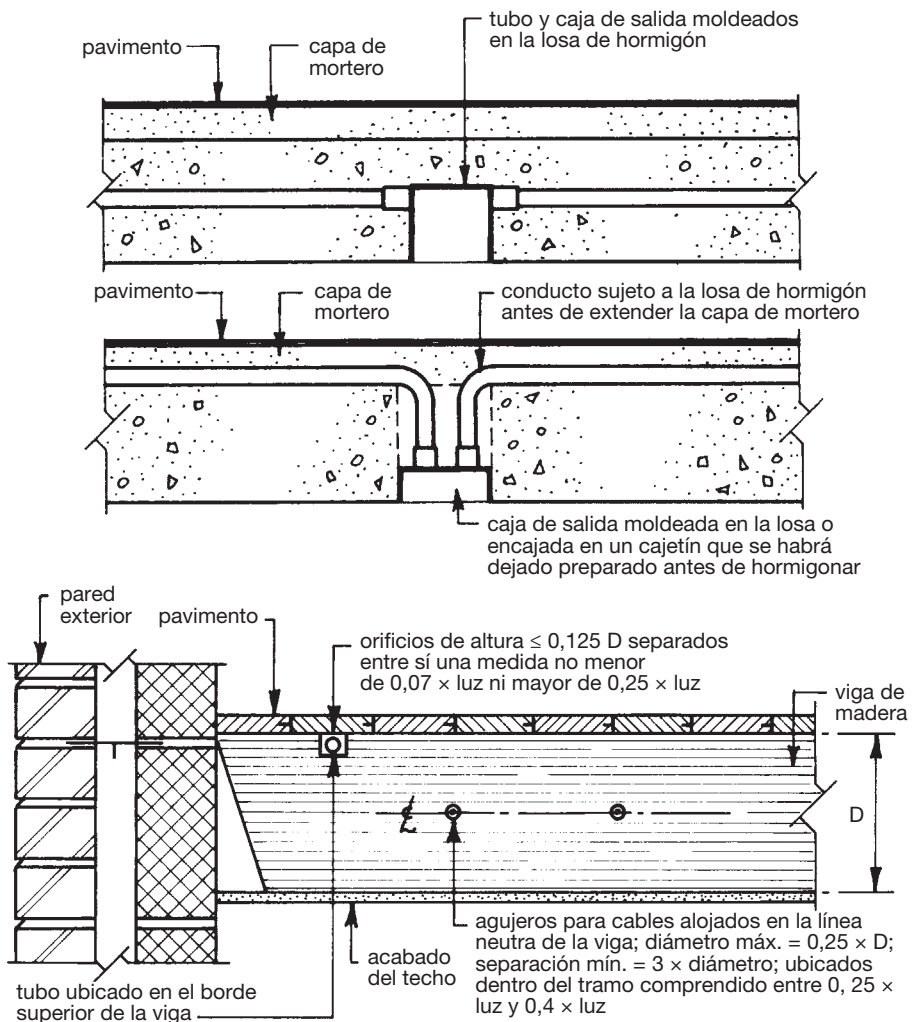
**Canalizaciones de caja:** es un sistema alternativo al de los conductos portacables y consiste en un canal prefabricado que se monta visto sobre la pared; tiene una tapa de resorte extraíble con la doble función de protección y de guarnición o acabado superficial.

**Sistemas de tendido de cables:** los sistemas de hilos reemplazables alojados en tubos portacables horizontales pueden ir moldeados en el forjado o empotrarse en la capa de hormigón. En estos sistemas, para garantizar que los hilos sean realmente reemplazables, deben incorporarse cajas a intervalos regulares, de modo que entre cada dos cajas para pasar cables no haya más de dos cajas en ángulo recto.

Los tubos verticales pueden montarse sobre la pared o ir empotrados en regatas practicadas en la fábrica; en este último caso, la profundidad de la regata no debe exceder nunca de un tercio del grosor de la pared.

Los sistemas horizontales de hilos no reemplazables pueden tenderse a través de las vigas de madera, en el espacio que queda entre el pavimento de entarimado y el falso techo suspendido, mientras que los cables verticales pueden montarse superficialmente sobre la pared o ir alojados en regatas como las descritas en el caso anterior.

### Ejemplos tipo



**Dimensionado de los cables:** la sección de un cable conductor se calcula haciendo una estimación de la intensidad máxima de corriente que va a soportar el cable (que está limitada por el calor desprendido por la resistencia del cable al paso de la electricidad a su través) y de la caída de tensión que se va a producir al transportar la corriente. Para las instalaciones domésticas se suelen considerar como suficientes los siguientes diámetros y secciones:

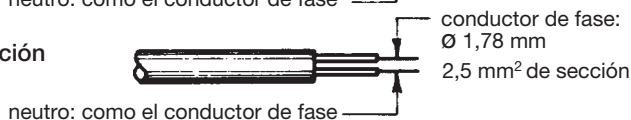
**Circuitos de puntos de luz**



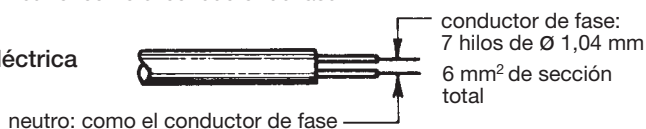
**Calentador de inmersión**



**Circuitos de distribución de fuerza en anillo**



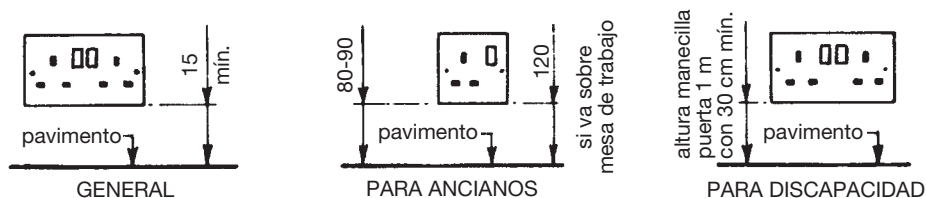
**Circuito de cocina eléctrica de 30 amperios**



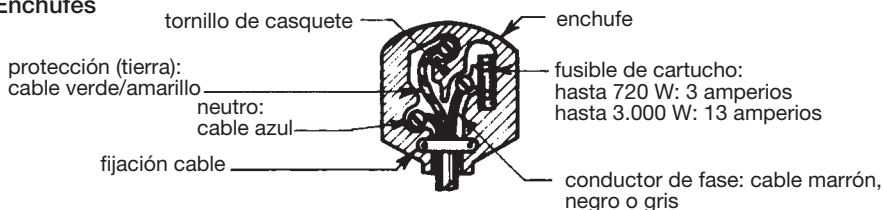
Todos estos datos son para un cable de dos conductores aislados con o sin conductor de tierra.

**Accesorios eléctricos:** para los circuitos de fuerza se incluyen accesorios, como elementos de control de la cocina eléctrica y fusibles para aparatos fijos, como calentadores de inmersión, calentadores de agua y frigoríficos.

**Interruptores:** pueden ser sencillos o dobles, conmutados o no, superficiales o empotrados, y pueden estar equipados con pilotos indicadores. Las alturas recomendables son:

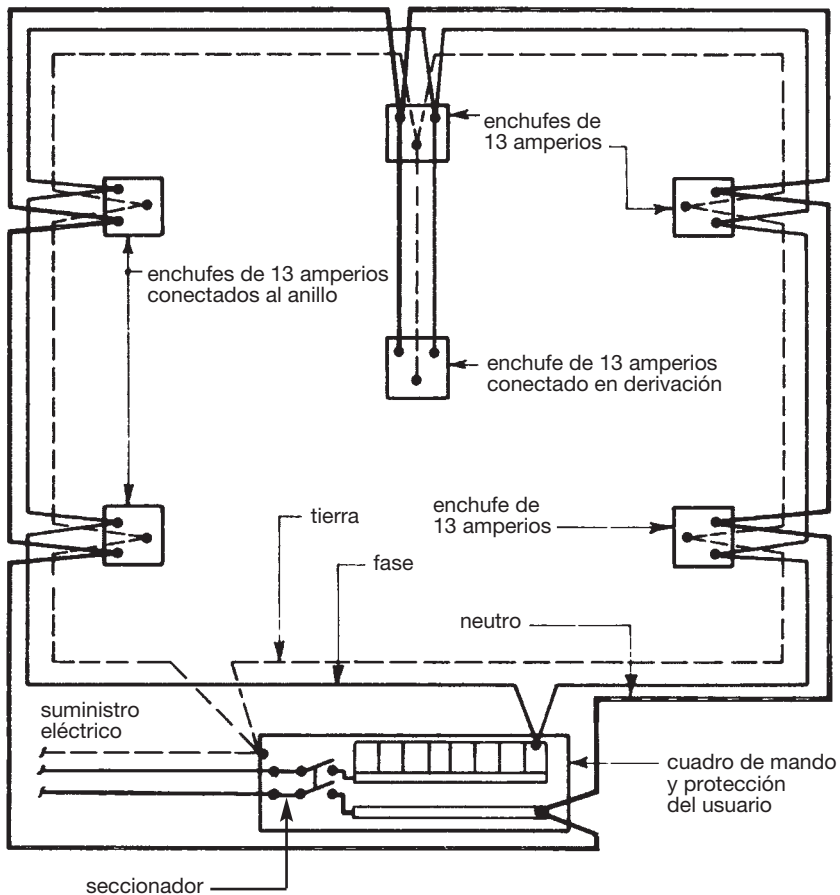


**Enchufes**



**Circuitos de fuerza:** en las nuevas instalaciones eléctricas domésticas puede emplearse el sistema de distribución en anillo en lugar del antiguo sistema en el que cada enchufe tenía su propio circuito protegido con fusible y enchufes macho redondos no fusibleados. Los circuitos de distribución en anillo consisten en subcircuitos en miniatura tendidos de enchufe a enchufe y protegidos por un fusible o disyuntor de 30 amperios, con un conductor de fase, un conductor neutro y un conductor de protección. Los sistemas de tubo metálico no requieren de un conductor de protección o toma a tierra, pues el propio tubo ya hace las veces de toma a tierra. El número de enchufes por circuito en anillo es teóricamente ilimitado, pero conviene disponer un circuito por cada 100 m<sup>2</sup> de superficie en planta. Pueden instalarse enchufes conectados en derivación al anillo, siempre y cuando el número de éstos no exceda del número total de los conectados al anillo y no haya más de dos enchufes por derivación.

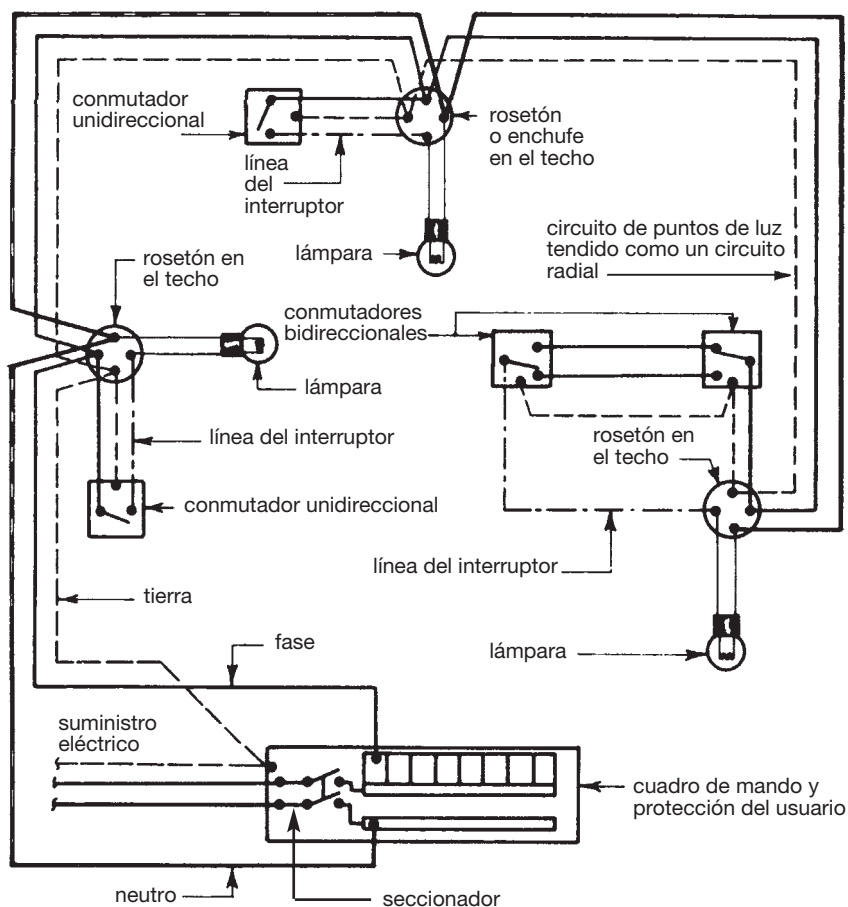
Diagrama de una distribución en anillo





**Circuitos de puntos de luz:** generalmente, se tienden por el método de la intercalación, utilizando un cable de dos conductores puesto a tierra, con un fusible o disyuntor de protección de 6 amperios. Para estimar el amperaje de servicio de un circuito de puntos de luz, se suelen asignar 100 watios a cada enchufe. En toda instalación eléctrica conviene disponer más de un circuito de puntos de luz, de modo que en caso de fallo en el circuito se puedan mantener en funcionamiento algunas lámparas.

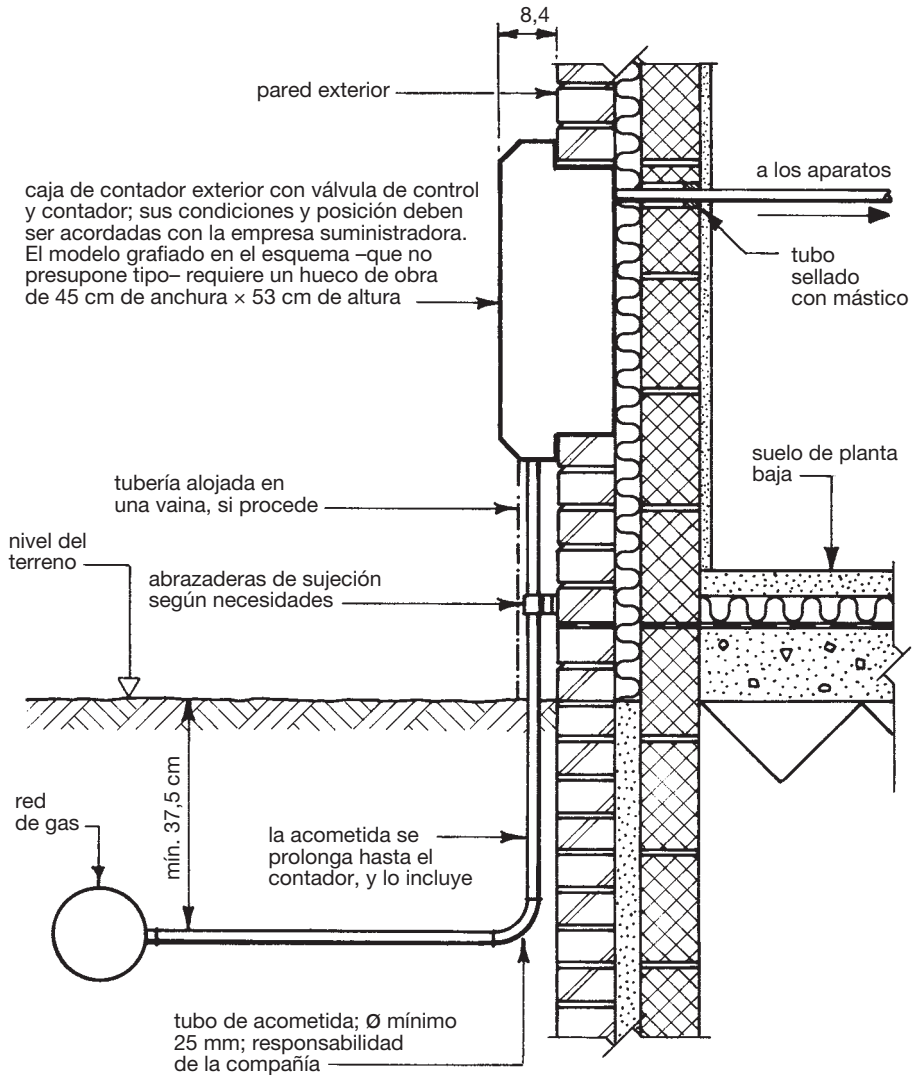
Diagrama tipo de circuito de puntos de luz



**Accesorios eléctricos y mecanismos en los circuitos de puntos de luz:** consisten principalmente en tomas de corriente, interruptores y portalámparas; estos últimos pueden tener formato mural, de techo o colgante, con uno o más casquillos, de bombilla o tubo, etc. Por lo general, los interruptores son de 5 (o 10) amperios y están disponibles en una gran variedad de tipos, como los interruptores dobles, los reductores de intensidad, los interruptores de tirar o colgantes.

**Suministro de gas:** en España el suministro de los diversos tipos de gas corre a cargo de empresas privadas que son las que imponen las condiciones que deben cumplir los edificios para poder acceder al suministro, así como las diversas normas de seguridad que deben tenerse en cuenta por parte de proyectistas, constructores y usuarios. En todo caso, el proyecto y la ejecución de las instalaciones deberán cumplir el “Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11”, vigente desde 2007.

### Disposición tipo de acometida de gas

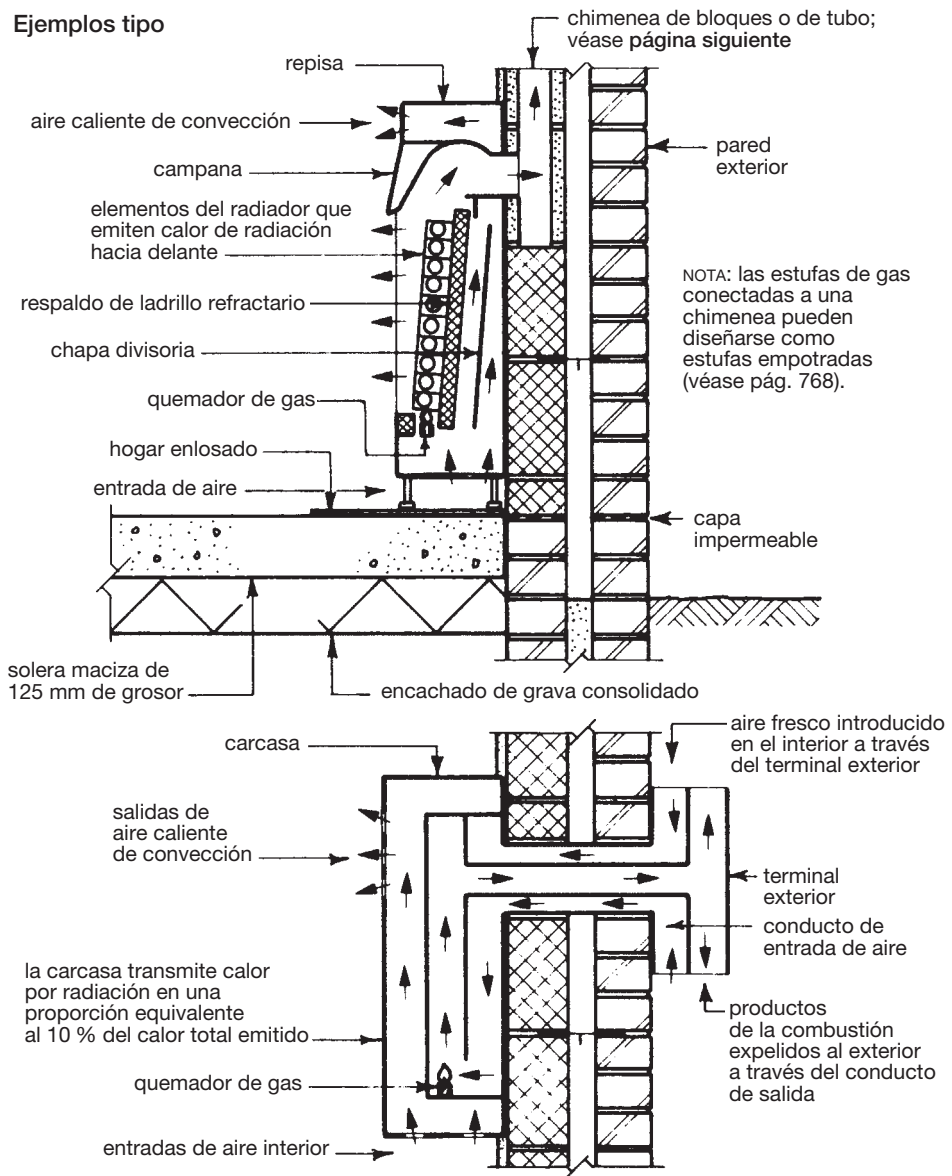


Sobre disposiciones de acometida alternativas, véase página siguiente.

Sobre método de acometida preferible, véase página anterior.

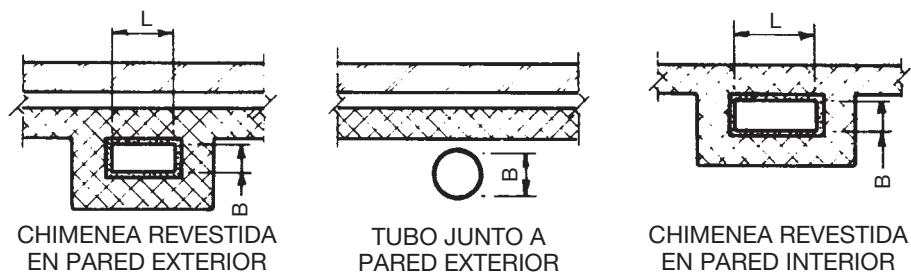
**Estufas de gas:** están clasificadas como aparatos a gas para uso doméstico con una potencia máxima de hasta 7 kW, deben estar homologadas por las autoridades competentes; su instalación debe realizarse según las instrucciones de la compañía suministradora. Por su diseño, la mayoría de las estufas de gas conectadas a una chimenea de salida de humos proporciona calefacción por radiación y por convección, mientras que en los aparatos convectores tipo ventosa el 90 % del calor es transmitido por convección y no precisan de ventilación auxiliar pues no contaminan el ambiente.

### Ejemplos tipo



**Chimeneas de estufas de gas:** proporcionan el medio de evacuar al exterior los humos de la combustión. Esta evacuación de humos puede realizarse por medio de una chimenea de obra, una chimenea de bloques o un tubo. En todos los casos es preciso cumplir con las prescripciones establecidas en las ordenanzas de la edificación.

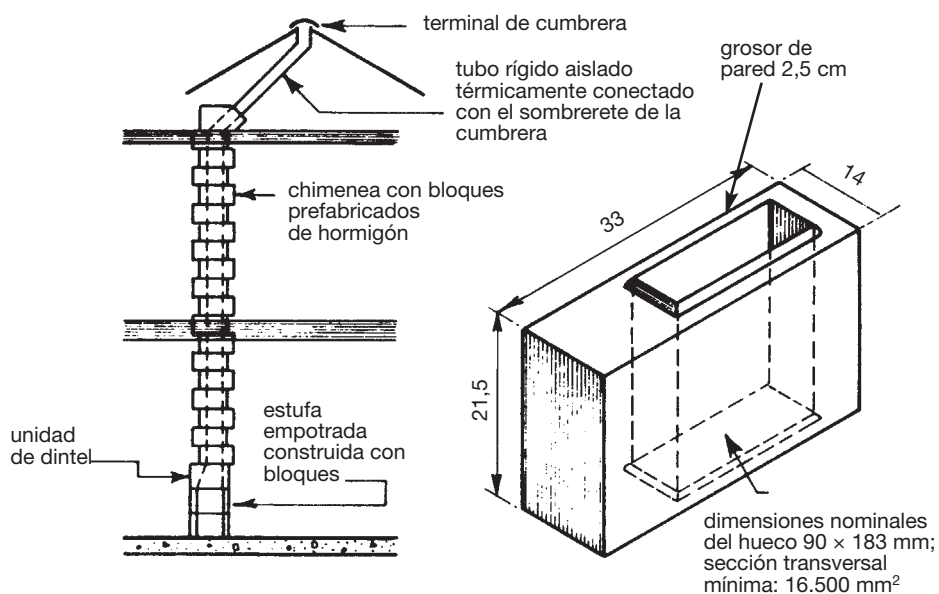
### Soluciones tipo para chimeneas sencillas en estufas de gas



### Requisitos de dimensionado de chimeneas:

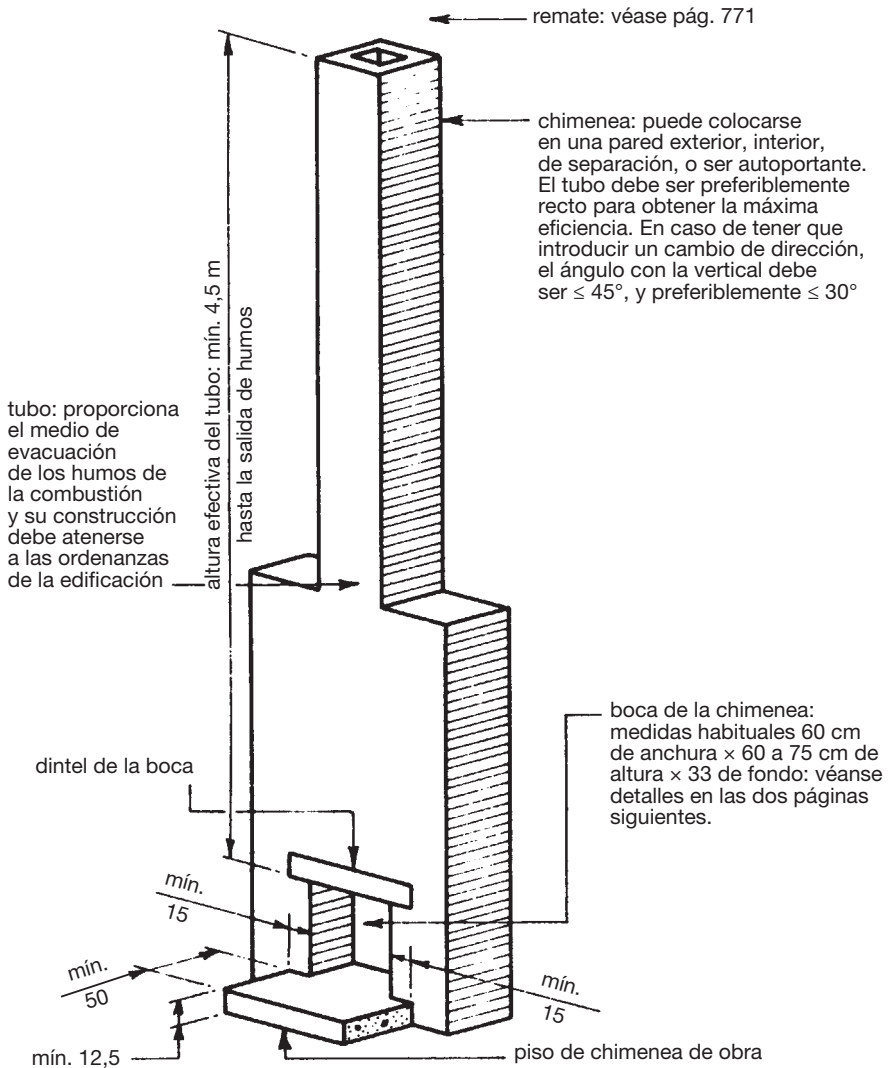
1. Ninguna de sus dimensiones debe ser inferior a 6,3 cm.
2. Las chimeneas de estufas decorativas deben tener una dimensión transversal mínima de 17,5 cm.
3. Chimeneas para estufas de gas: sección mínima = 120 cm<sup>2</sup>, si son redondas; 165 cm<sup>2</sup>, si son rectangulares (y con una dimensión mínima de 9 cm).
4. Cualquier otro aparato debe tener una chimenea con una sección transversal mínima igual a la del tubo de salida del aparato.

### Chimeneas de bloques



**Chimeneas hogar:** en el ambiente doméstico constituyen un medio de proporcionar una fuente de calor con combustible sólido y un rendimiento medio bastante modesto e inferior a 50 kW. Las estufas de leña se definen de forma similar, pero son aparatos cerrados por oposición a las chimeneas hogar, que son abiertas.

**Componentes:** la construcción completa de una chimenea doméstica comprende el piso de la chimenea, la boca, el tubo de salida de humos y el remate final.

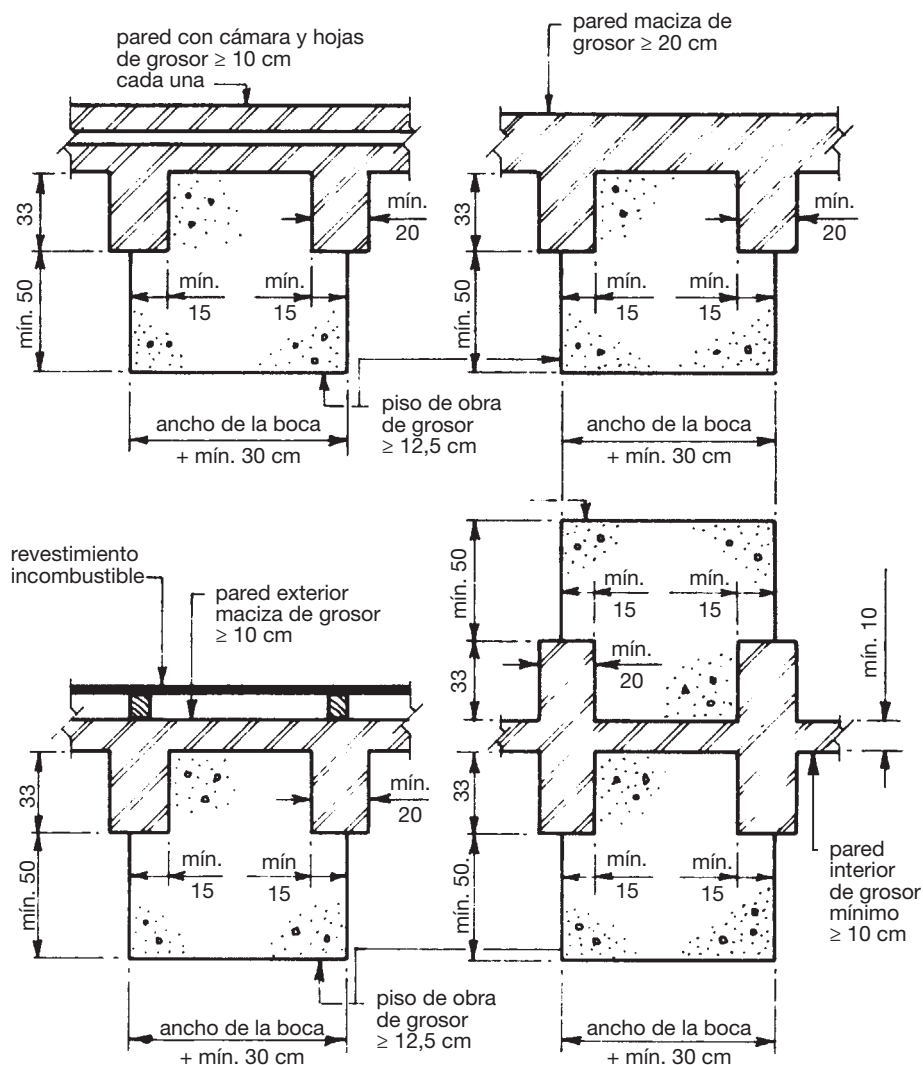


## Chimeneas hogar y conductos de salida de humos

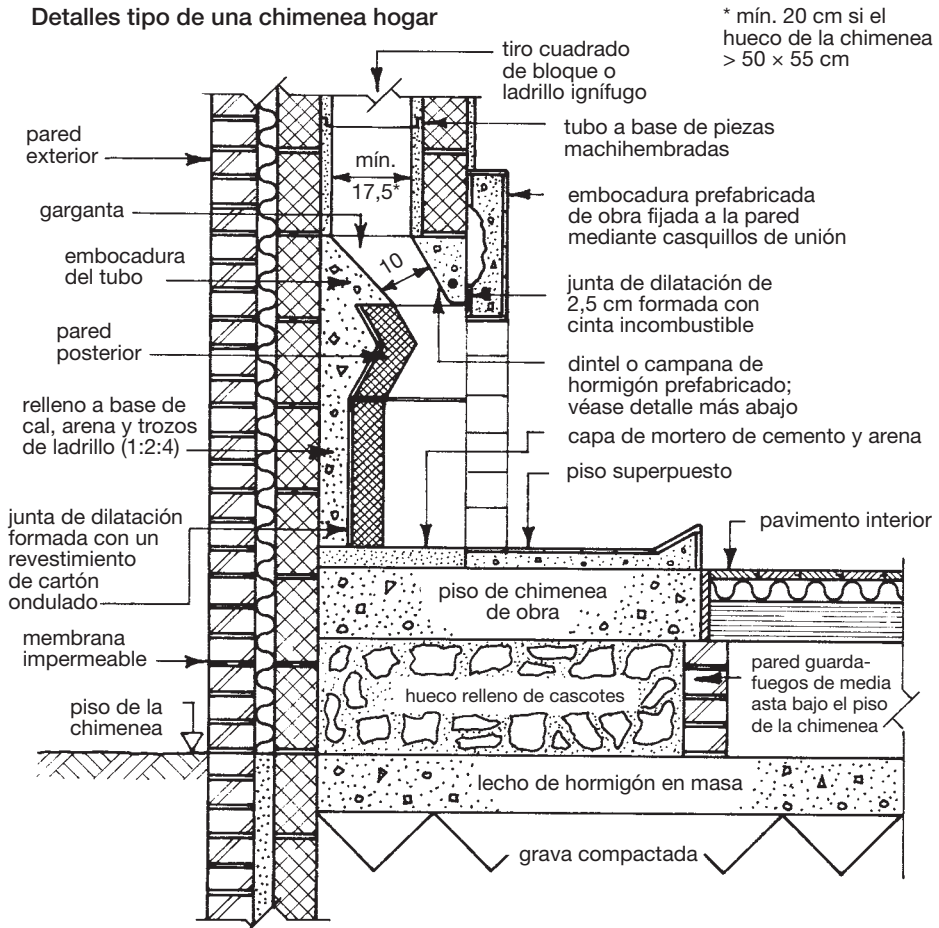
**La boca de las chimeneas hogar:** debe tener un suelo de obra de ladrillo, bloque de hormigón, ladrillo refractario u hormigón in situ.

La boca de la chimenea está flanqueada por dos jambas, una a cada lado, y se cierra con una pared posterior.

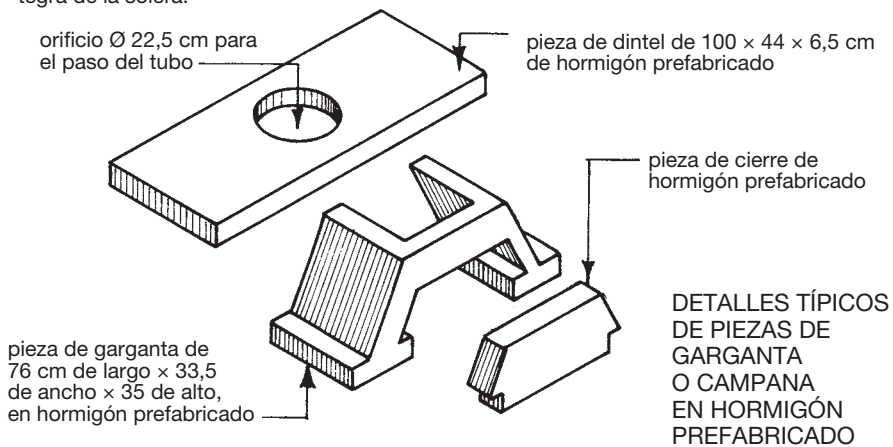
### Ejemplos tipo



Detalles tipo de una chimenea hogar



NOTA: en caso de suelos macizos, el piso de obra de la chimenea puede formarse como parte íntegra de la solera.





## Chimeneas hogar y conductos de salida de humos

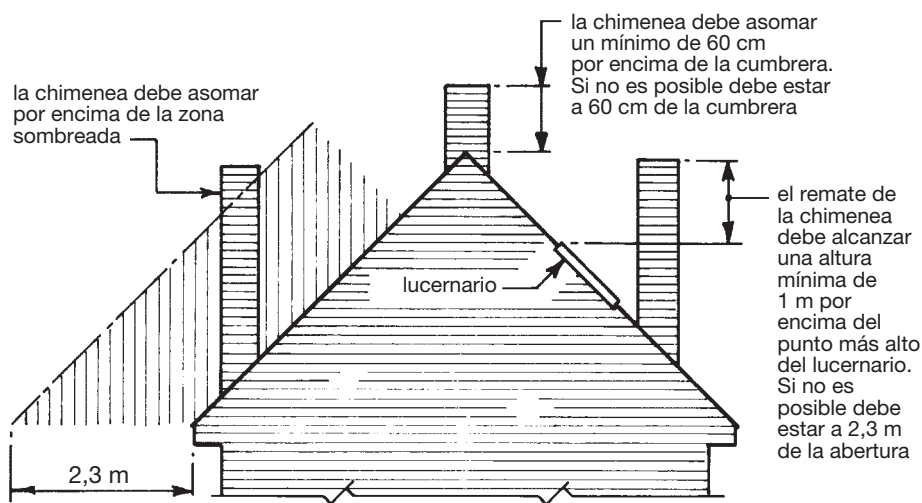
**Chimeneas y conductos de salida de humos:** las funciones principales del conducto de salida de humos son:

1. Inducir un suministro adecuado de aire para la combustión del combustible empleado.
2. Eliminar los productos de la combustión.

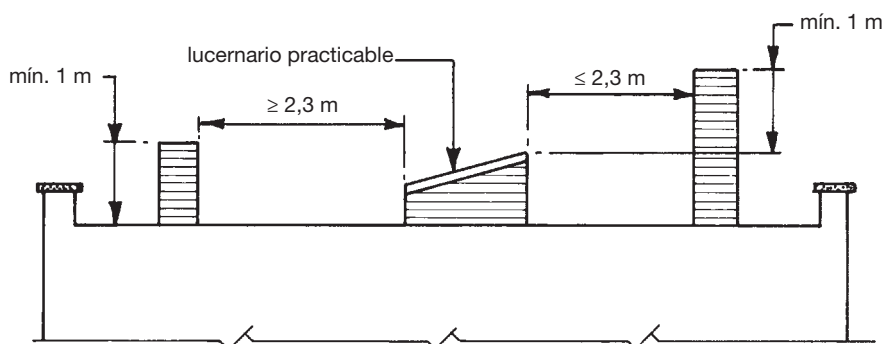
El cumplimiento de ambas funciones fomentará también la producción de un movimiento constante de masas de aire que ayuda a evitar la condensación.

Muchas normas de construcción recomiendan forrar interiormente las chimeneas con materiales adecuados, de manera que el conducto así formado tenga una sección interior mínima equivalente a la de un círculo de 20 cm de diámetro. También se dan recomendaciones sobre la altura de las chimeneas sobre cubierta, algunas de las cuales se resumen gráficamente tal como sigue:

### Ejemplos tipo

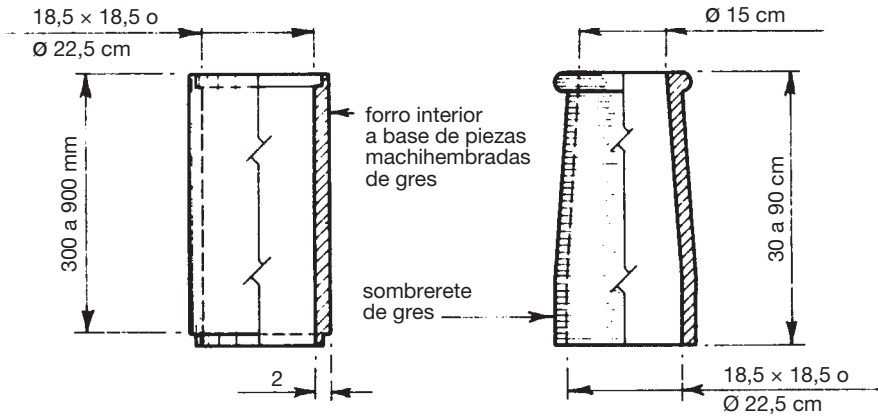


CUBIERTAS CON PENDIENTE SUPERIOR A 10°

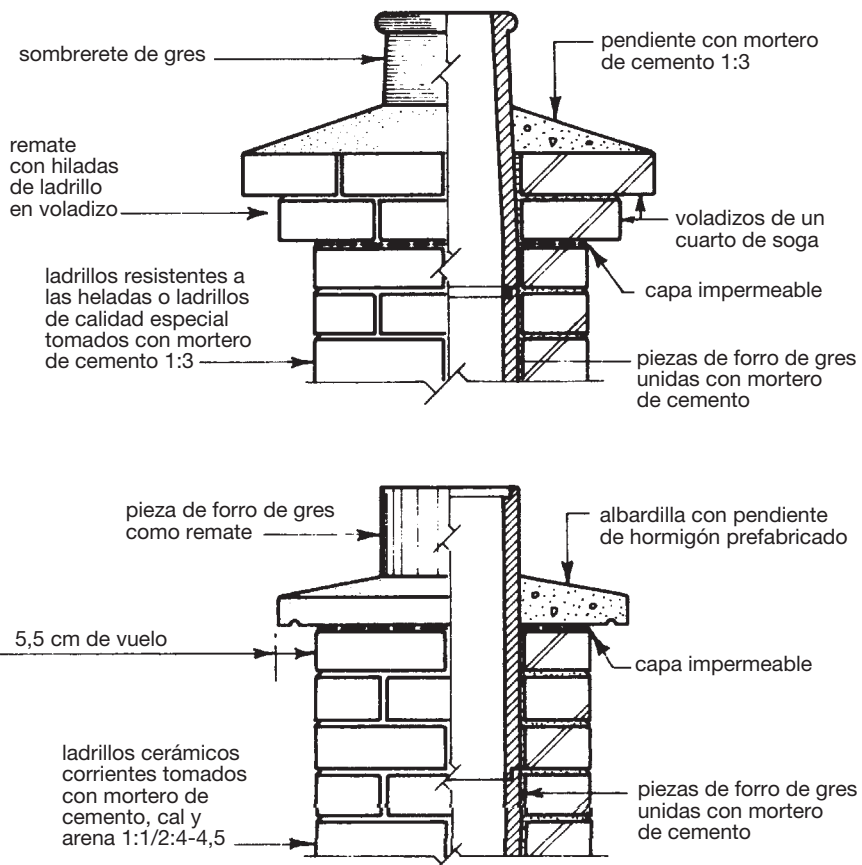


CUBIERTAS CON PENDIENTE INFERIOR A 10°

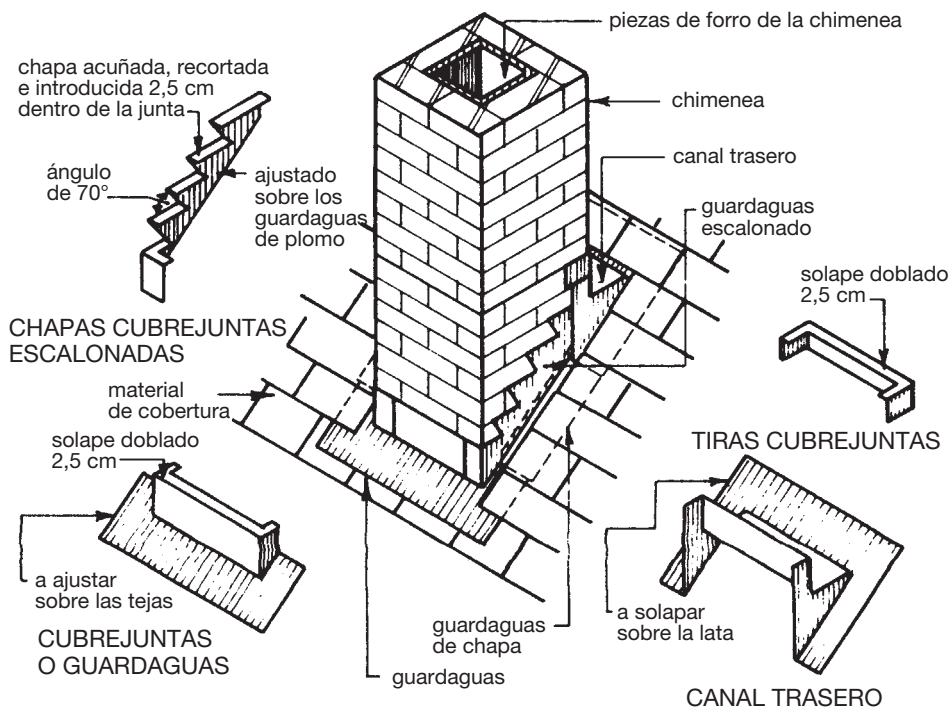
Detalles tipo de forro interior y sombrerete



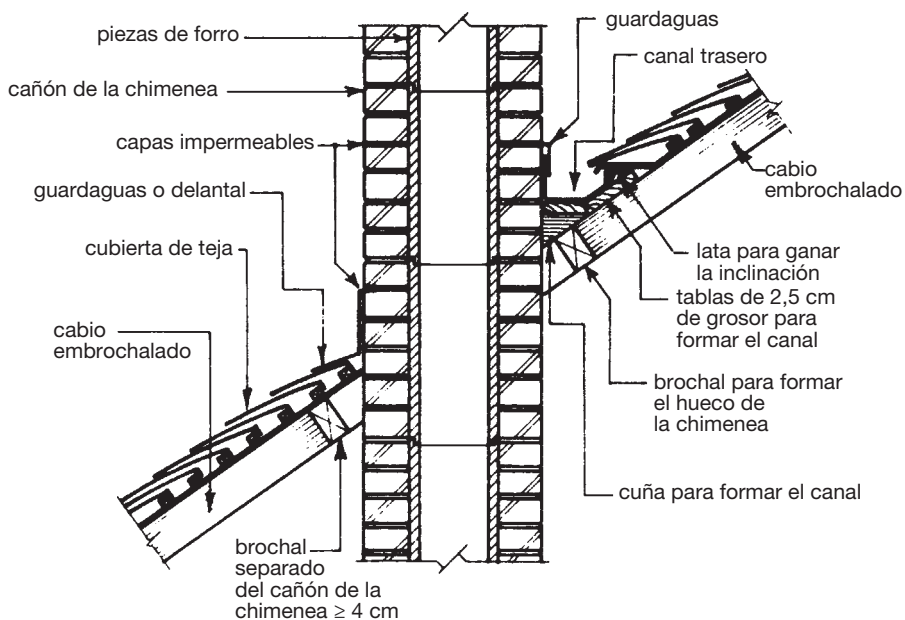
Detalle tipo de sombrero de chimenea



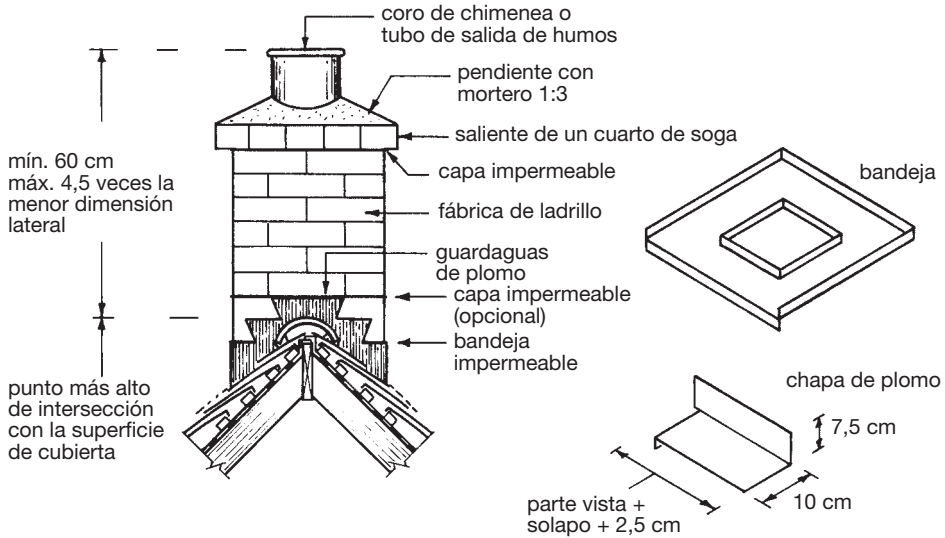
### Detalles de unión entre chimenea y cubierta



NOTA: todos los delantales cubrejuntas y canales grafiados son de chapa de plomo u otro material de duración similar.



### Construcción de la chimenea



### DETALLE TIPO DE CHIMENEA EXTERIOR DE FÁBRICA DE LADRILLO

**Ladrillos de arcilla:** resistentes a las heladas. Densidad mínima:  $1.500 \text{ kg/m}^3$ .

**Ladrillos silicocalcáreos:** resistencia mínima a compresión:  $20,5 \text{ N/mm}^2$  ( $27,5 \text{ N/mm}^2$  para albardillas).

**Bloque de hormigón prefabricado:** resistencia mínima a compresión:  $15 \text{ N/mm}^2$ .

**Mortero:** mezcla relativamente rica de cemento y arena 1:3. El cemento debe ser resistente a los sulfatos solubles presentes en la condensación del gas en la chimenea.

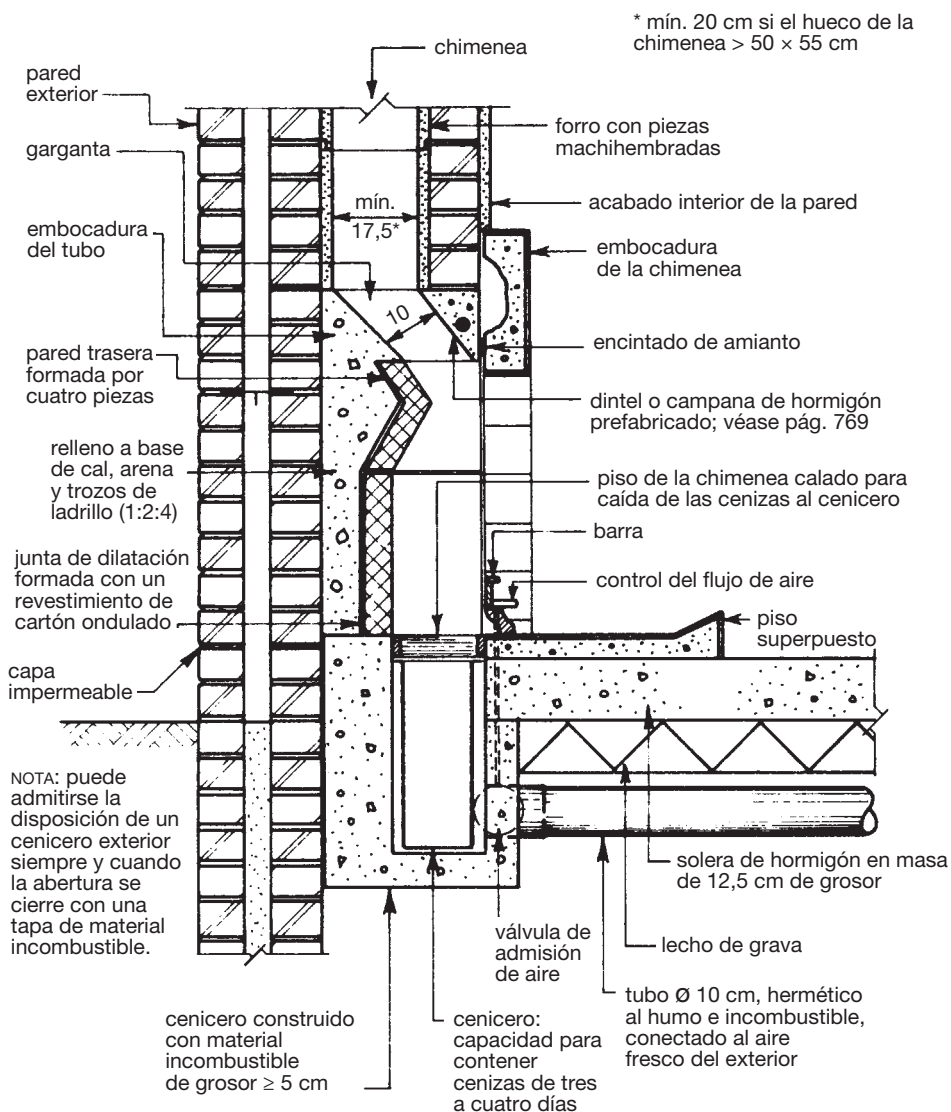
**Cono de chimenea:** debe tener un empotramiento en la fábrica equivalente como mínimo a tres hiladas de ladrillo para evitar que el viento lo arranque.

**Guardaguas y capas hidrófugas:** es esencial para evitar que penetre en el edificio el agua que haya podido infiltrarse por la chimenea. Las tiras de chapa de plomo deben tener un grosor mínimo de  $1,75 \text{ mm}$  y  $1,25 \text{ mm}$  para los refuerzos de cubierta. Por otra parte, tales chapas deben estar revestidas por ambas caras con una pintura bituminosa de base solvente, para evitar el riesgo de corrosión al entrar en contacto con el cemento. Es conveniente que la capa impermeable inferior tenga forma de bandeja, con los bordes doblados  $2,5 \text{ cm}$  hacia arriba, excepto si coincide con cubrejuntas horizontales, como la línea superior del guardaguas frontal. En este caso, unos simples orificios de drenaje a juntas verticales de la fábrica bastarán para expulsar el agua. La parte interior de la bandeja también se dobla  $2,5 \text{ cm}$  hacia arriba, coincidiendo con la cara interior de las paredes de la chimenea.

## Chimeneas hogar y conductos de salida de humos

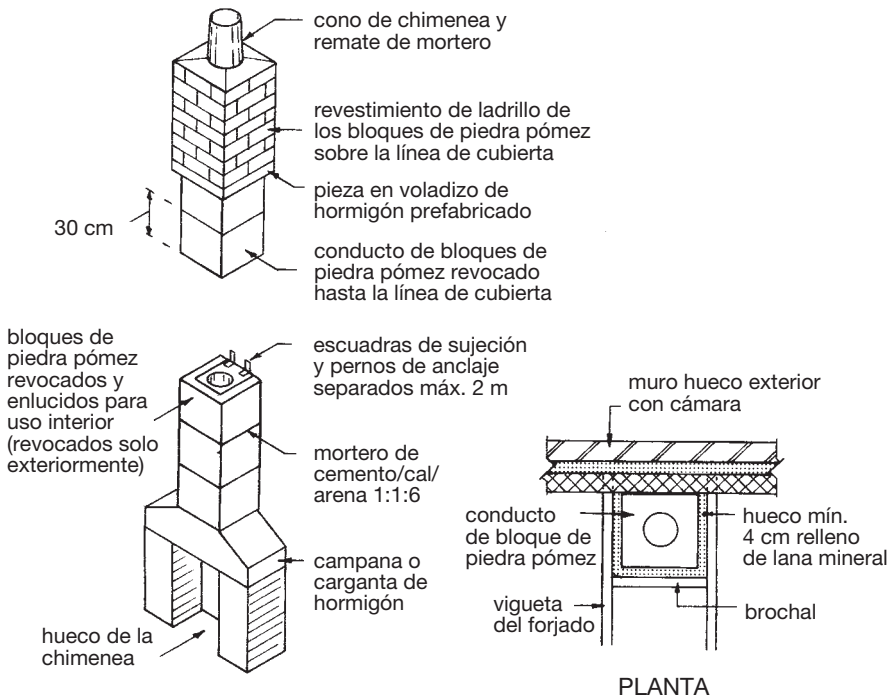
**Aire para la combustión:** las chimeneas hogar abiertas exigen la adopción de las medidas necesarias para asegurar la introducción de la suficiente cantidad de aire para una combustión eficiente. Tradicionalmente, dicha cantidad de aire se tomaba del volumen de la estancia donde está situada la chimenea, lo que se traduce en movimientos interiores de aire y corrientes. Como sistema alternativo, puede construirse un cenicero debajo del nivel del suelo calado de la chimenea e introducir el aire necesario para la combustión a través del cenicero por medio de un tubo.

### Detalles tipo



**Bloques ligeros de piedra pómez:** este material es adecuado para conductos de salida de humos de combustibles sólidos, gas y gasóleo. Las propiedades sumamente aislantes del material evitan en gran medida la posibilidad de condensación. Por otra parte, su instalación como complemento para la construcción existente o en ejecución resulta fácil y muy adecuado para viviendas de estructura de madera y de techumbre de paja, en las que la seguridad frente al fuego es de primordial importancia. Además, por la resistencia natural de la piedra pómez a la corrosión del humo ácido y sulfuroso, no requiere tratamiento o revestimiento adicional. La gama de accesorios que proporcionan los fabricantes permite utilizar el material en el interior de una chimenea hogar, apoyado en el dintel o como estructura externa sostenida por su propio cimiento. Tanto si el uso es interno como externo, las piezas no van aparejadas, sino sostenidas mediante tirantes especiales separados un máximo de 2 m.

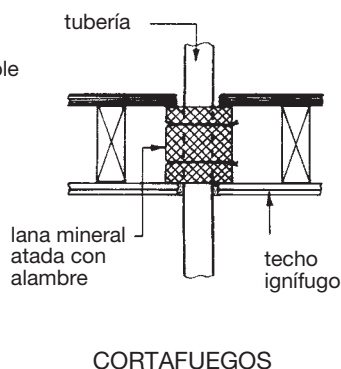
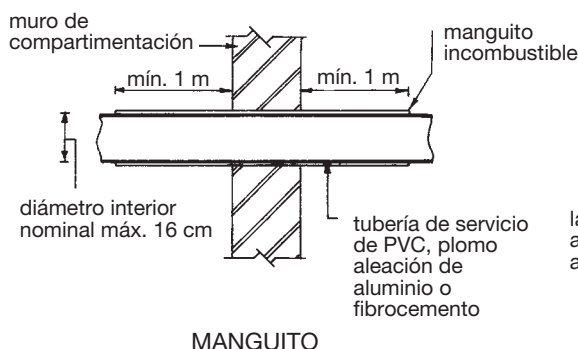
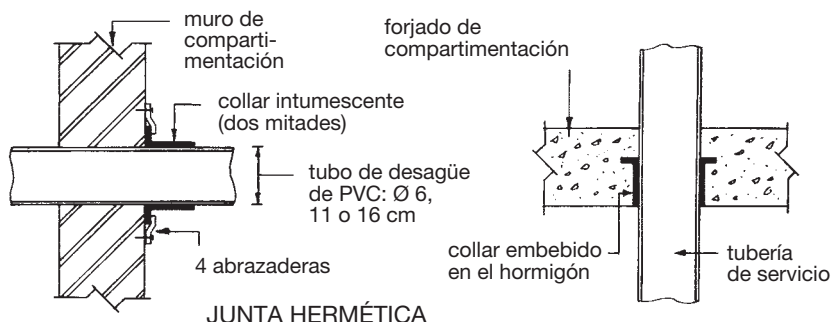
| conducto (cm)       | dimensiones en planta (cm) |
|---------------------|----------------------------|
| Ø 15                | 40 × 40                    |
| Ø 20                | 45 × 45                    |
| Ø 23                | 47 × 47                    |
| cuadrado 25 × 25    | 50 × 50                    |
| rectangular 25 × 15 | 50 × 40                    |



**Protección contra el fuego de los huecos para paso de instalaciones:** la entrada de las tuberías y conductos de servicios a través de los muros y forjados (de las zonas destinadas a impedir la propagación del fuego) es un problema de difícil solución. La excepción se produce cuando existe una galería de servicio para paso exclusivo de instalaciones. En los demás casos, las normas y ordenanzas de protección contra incendios estipulan que siempre que un conducto deba atravesar un muro o forjado, entre ambos elementos deberá haber una junta hermética adecuada. Las juntas herméticas son collares o manguitos con un núcleo intumescente que se expande rápidamente al ser sometido al calor y forman un material carbonoso. La expansión es suficiente para comprimir el plástico caliente y cerrar con éxito un hueco de tubería durante un tiempo de hasta cuatro horas.

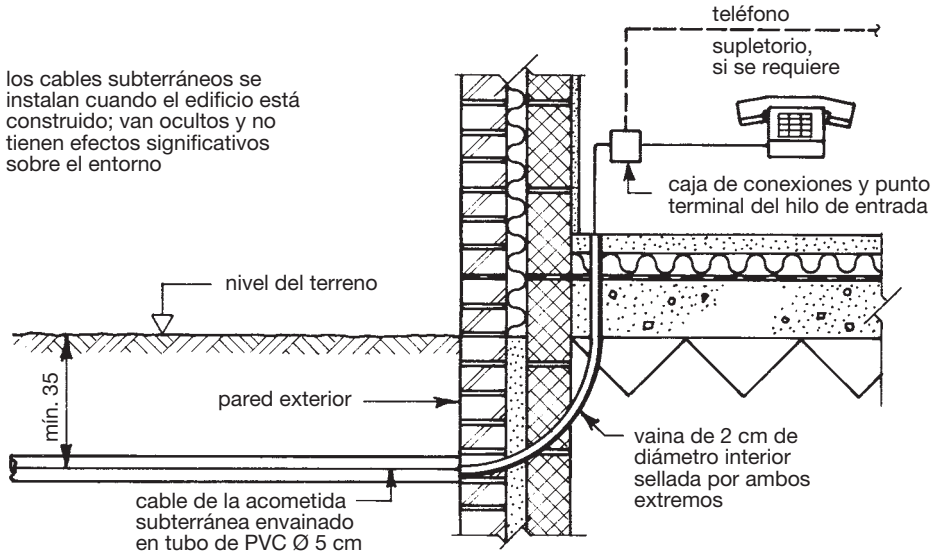
En algunos casos, basta con rodear la tubería de un material cortafuegos, siempre y cuando el hueco entre la tubería y la estructura esté relleno de un material incombustible, como fibra mineral reforzada, cemento, yeso y masillas intumescentes.

Los tubos de baja resistencia al calor, como los de PVC, plomo, aleaciones de aluminio, etc., deben protegerse con un manguito de material incombustible al menos 1 m a cada lado de la estructura de compartimentación.

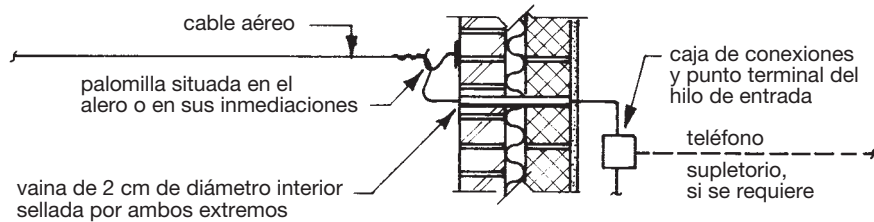


**Instalaciones telefónicas:** a diferencia de otros servicios tales como el agua, el gas o la electricidad, los teléfonos no pueden conectarse a una red de suministro común, sino que cada uno requiere un par de cables que lo conecten a la central telefónica. La acometida externa a la caja de conexiones se lleva a cabo por ingenieros de telecomunicaciones. Las extensiones interiores pueden hacerse in situ por el electricista.

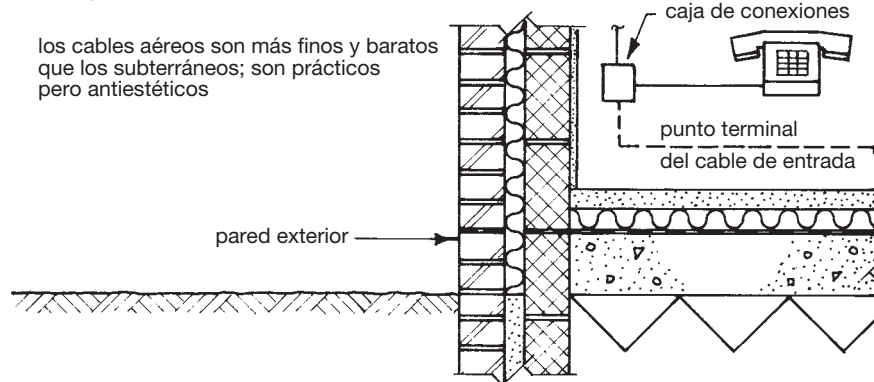
### Disposiciones de acometidas telefónicas tipo



### ACOMETIDA SUBTERRÁNEA



los cables aéreos son más finos y baratos que los subterráneos; son prácticos pero antiestéticos

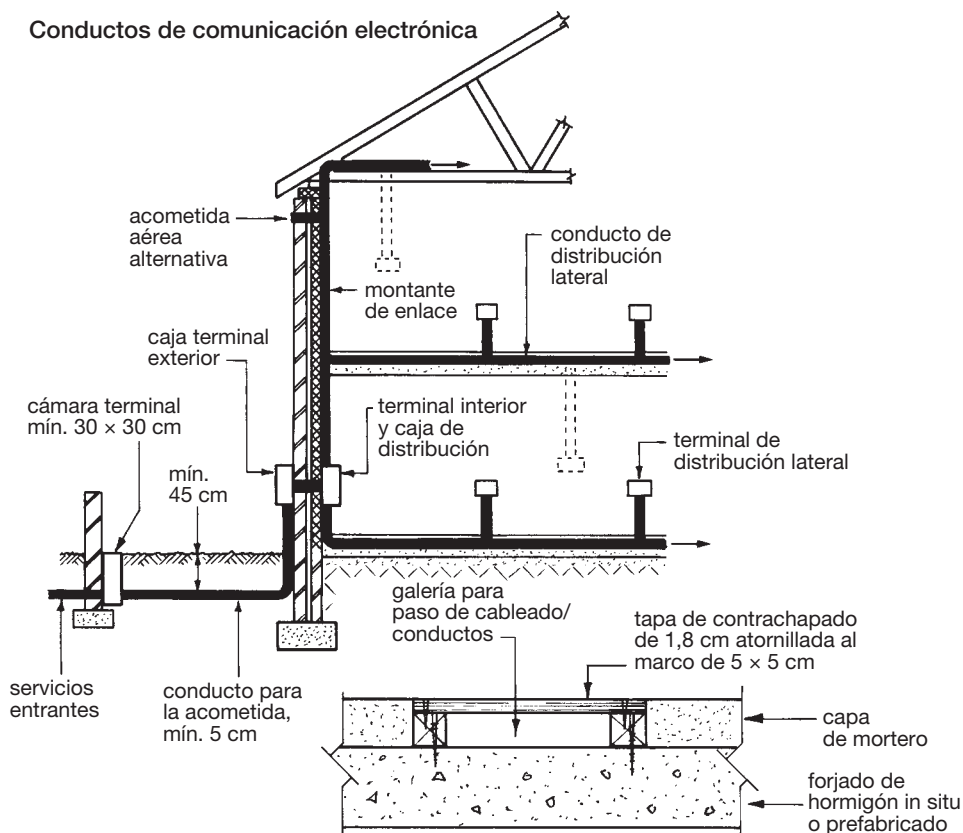


### ACOMETIDA AÉREA



**Instalaciones electrónicas:** además de los suministros normales de electricidad y telecomunicaciones, hoy día existe una demanda creciente de televisión por cable, líneas de seguridad y acceso de banda ancha a Internet. La construcción tradicional no prevé la necesidad de pasar esos servicios desde las redes de distribución hasta el interior de los edificios, y la instalación retrospectiva de los mismos a través de entubado subterráneo existente es costosa y difícil de acomodar a la estructura y el entorno, particularmente al tener que repetirse para cada instalación diferente. Lo ideal sería que en los nuevos edificios hubiese una instalación integral común, con adecuadas dimensiones, que permitiese una instalación sencilla de esos servicios de comunicación en cualquier momento. Una instalación tipo debe comprender una cámara terminal exterior común, desde la que establecer la conexión a través de una conducción subterránea, con una caja terminal de distribución situada en el interior del edificio. La distribución interior se efectúa por galerías o vainas de servicio empotradas en la fábrica o canalizaciones adosadas a la misma. Desde 2003, En España está en vigor el “Reglamento sobre infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicación”.

### Conductos de comunicación electrónica



CONDUCTO DE DISTRIBUCIÓN LATERAL TIPO

# ÍNDICE DE TÉRMINOS



- Abastecimiento de agua, 100, 733
  - cisternas, 454, 741, 746
- Aberturas en muros
  - alféizares, 336-337
  - apoyos de la fábrica, 330
  - arcos, 169, 331-333, 521
  - cabeceros, 334, 337, 399
  - jambas, 15, 330, 334-335, 337, 347, 362, 366, 368, 457, 576, 598, 768
- Píceas (*Picea* sp.), 89-90, 704
- Abrams, cono de (ensayos de consistencia del hormigón), 85
- Acabados, 14, 31,
- Accesibilidad (barreras arquitectónicas), 461-463, 664, 677
- Aceras, 46, 112, 114
- Acero
  - cálculo de pilares, 515
  - cálculo de vigas, 512-514
  - cerchas, 530, 532
  - perfiles compuestos, 502
  - perfiles laminados en caliente, 500-501
  - perfiles laminados en frío, 500
  - perfiles normalizados, 501-502, 504
  - pilares, 128
  - pilotes
    - de tornillo, 214
    - de tubo, 215
  - pórticos, 520
  - secciones compuestas, 502
  - soldaduras, 505, 508
  - tablas ligeras de plancha (ataguías), 263-264
  - uniones empernadas, 379, 509
  - uniones soldadas, 508
  - vigas, 274, 510, 644-645, 693
- Acristalamiento
  - múltiple
    - triple, 581
    - doble, 353, 358
  - y vidriería, 351-352
  - suplementario, 354
- Acumuladores de agua caliente
  - sistema indirecto, 742
  - tipo Prismatic, 742
- Adhesivos, 523-524, 620
- Aditivos, 246, 326, 582, 604, 697
- Aglutinante (pintura), 697
- Agua
  - freática, 275, 291
  - del subsuelo, 248, 275-285, 713
  - línea de captación, 279
  - superficial, 275, 363, 624
- Agua caliente
  - acumuladores, 742
  - depósito de expansión, 739
  - sistema directo, 737
  - sistema indirecto, 738-739
- Agua fría
  - sistema directo, 735
  - sistema indirecto, 736
- Aislamiento térmico
  - cálculo de valores de U (ejemplo), 444-447
  - de los elementos constructivos, 448-449, 453
  - de los elementos estructurales, 438-439
  - método combinado
    - muro, 446
    - paredes y cubiertas, 443, 446
  - método del área proporcional
    - cubiertas, 443, 447
    - muro, 445-446
    - paredes, 443
  - eficiencia energética de edificios no residenciales, 18, 452-453, 462-463
  - emisiones de carbono (modos de reducirlas), 451, 452
  - eficiencia energética de edificios residenciales
    - calificación energética de las ventanas, 450
    - consumo de energía, 436, 449, 452
  - emisiones de carbono, 451-452
    - exigencias de calidad adicionales, 449
    - fuentes de energía, 448
  - muros exteriores, 12, 361
  - puentes térmicos, 438, 449, 457-458

- requisitos constructivos adicionales, 453
- continuidad del aislamiento, 449, 453, 458
- hermeticidad, 452-453, 460
- Albañilería armada, 232
- Aleros
  - canalón de
    - alero, 536
    - limahoya, 412, 416, 536
  - detalles, 379, 395, 405-406
  - pieza de cierre, 406, 533-534, 538-539
  - pieza de escuadra, 533
  - pieza de suplemento, 533,
  - ventilación, 402, 405-407, 413, 422, 430-431, 454
- Alféizares, 336-337
- Almacenamiento de materiales, 77, 79
- Alzados, 20-23, 29, 470, 478
- Análisis de laboratorio (inspección de terrenos), 48
- Anclajes,
  - andamios, 120
  - cubiertas inclinadas de madera, 433
  - de muros en el terreno (sótanos), 244, 266, 499
  - flejes de, 362
  - Freyssinet (hormigón pretensado), 374
  - grúas, 169
  - hormigón postensado, 496-497
  - hormigón pretensado, 497
  - longitud de (hormigón armado), 471, 473
  - para tendón de cables, 497
- Andamios y andamiajes, 116-128
  - accesorios tipo, 121-122
  - anclajes, 120
  - colgados, 124
  - de celosía proyectante hacia el exterior, 127
  - de fachada, 117, 119-120, 124
  - de jaula, 124
  - de torre móviles, 121
  - en voladizo, 126
  - entramados tubulares de andamiaje, 131
  - escaleras, 121
  - exentos, 118
  - móviles, detalles tipo, 121
  - plataforma de trabajo, 117-128, 158, 641
  - sistemas, 123-128
  - patentados, 123
  - sobre pórticos, 128
  - tubulares, 116-124
    - accesorios tipo, 122
    - componentes, 116
- Angledozer (bulldozer angular)*, 145
- Angulares
  - cartelas, 675
  - bridas, 507
  - de acero, 374, 504, 539, 572
  - dulce, 574
  - ejiones, 344, 694
  - perfiles, 630
  - laminados en caliente, 500-501
  - laminados en frío, 500
- Ángulos de talud natural, 255
- Ángulos (replanteo), 107
- Anobium punctatum* (carcoma), 28, 31, 93, 434-435
- Antepecho de ventana (fachadas de paneles), 576
- Aparejos
  - a sogá, 82, 227, 298, 301
  - a tizón, 82, 299, 301, 310
  - de fábrica de ladrillo, 298-303
  - de ladrillo, 298-303
    - especiales, 301
    - flamenco, 232, 300, 387
    - inglés, 223, 299-301
    - principios, 298
  - de ladrillo y medio, 232
  - de llaga continua, 302
  - de "ratonera", 301
  - en zigzag, 297, 311
  - inglés para muro de jardín, 301
- Apeos, véase *también* Apuntalamientos
  - comprobación de estabilidad, 137
  - de asnillas, 129-130, 135
    - cálculo, 135-136
  - proyecto y cálculo, 135-136
  - pies derechos, 130, 137, 256
  - puntales, 131-132, 135
    - cálculo, 136-137
- Aplanadora mecánica (hormigonado), 178
- Apuntalamientos véase *también* Apeos
  - oblicuos, 129, 131-132, 134
  - dobles oblicuos, 133
  - horizontales, 116, 129, 132, 134
    - asimétricos, 134
    - simples, 132
    - inclinados, 127, 129
  - y apeos, 129-134, 267

- Árboles,
    - conservación, 99, 183-184
    - cubiertas ajardinadas, 436
    - entorno natural, 2
    - entorno edificado, 4
    - lesiones a cimentaciones, 182-184, 195
    - solar, 47, 66, 79
  - Arcos, 330-333
    - apuntados, 331
      - de tres centros, 331
    - cimbras para, 331-332, 335
    - de trasdós horizontal, 309
    - escarzanos, 331
    - rebajados, 332
  - Arena
    - almacenamiento, 81
    - compactación, 288
    - ensayos, 58, 83-84
    - entumecimiento, 83, 260
    - hormigón, 186
    - naturaleza del suelo, 57-58
    - relleno (aislamiento acústico), 652
    - soleras, 189
  - Áridos, 35-36, 186, 258-260, 287, 326, 380, 475, 480, 578, 582-583
    - defectos superficiales (hormigón)
    - ensayos, 87
    - muestras, 84
    - visto (acabado superficial hormigón), 583
  - Armado (hormigón), 251, 467
    - longitud de anclaje, 471, 473
    - recubrimiento de las armaduras, 480
      - protección contra el fuego, 480
    - separadores, 468, 494
    - tipos de armadura,
      - barras de acero, 478
      - mallazos, 479
  - Armaduras
    - arqueadas (véase Armadura de arco y cuerda), 541
    - Belfast (cubiertas de grandes luces), 543
    - de arco y cuerda (cubiertas de grandes luces), 541, 543
    - de celosía arqueada (cubiertas de grandes luces), 543
    - de doble espolón, 395, 398
  - Arriostramiento (véase también Sujeción lateral)
    - andamios, 118, 121, 123,
    - en espina de pez (forjados de madera), 627
    - de celosía, 543
    - de estructuras de varias plantas, 528-529
    - de fachada (andamios), 126-127
    - de forjados (de madera), 31, 626-629
    - de muros de carga, 372-373, 375
    - de muros de sótano, 229, 245
    - de pilares, 516
    - paredes, 408, 434, 533
  - Articulaciones, 125, 517, 519, 520
    - de horquilla invertida (andamios), 126
    - de pasador (pórticos), 519
    - en el vértice (pórticos), 519
    - pilar-cimiento (pórticos), 517, 520
  - Asnillas, 129-130, 135, 271-272
  - Ataguías, 240, 263-264, 499
  - Atirantados, 91, 377, 629
  - Avenamientos, 275, 713-714
- B**
- Baldosas de hormigón, 35, 112, 114
  - Bandeja galvanizada (cámaras de aire en arcos), 332
  - Bandeja vibrante, 175
  - Bañeras, 81, 745
  - Barandillas, 13, 31, 69, 222, 359
    - de andamios, 117-119, 121, 123, 126-128
    - de balcones, 359
    - de escaleras, 662-663, 666-667, 676, 672
      - accesibilidad, 461-463
  - Barra colectora (electricidad), 756-757
  - Barras
    - de anclaje (cosido de suelos), 235
    - de montaje (hormigón armado), 470
    - para absorber esfuerzos cortantes, 493
  - Barrena sacamuestras (sondeos), 55
  - Barreras
    - de vapor, 708
      - cubiertas, 405, 408, 420-422, 536
      - de plancha de cartón yeso, 379, 407, 430, 610
    - desvanes, 430
    - paredes (aislamiento térmico), 455-456
    - sótanos (aislamiento térmico), 251
  - impermeables
    - aislamiento técnico, 322
    - control agua subsuelo, 280
    - de cámara aislada (fachadas), 314
    - suelos contaminados, 292

Barreras arquitectónicas (accesibilidad), 461-463, 664  
 Barrotes (barandillas), 653-659, 662-663, 666-667, 672, 674-676  
 Base acartelada (nudos de bases de pilares), 507  
 Bentonita, 55, 203, 205, 265, 282-283  
 Biorrestauración, 293  
 Bloque de vidrio (pavés), 361-362, 560  
 Bombas  
   de hormigonado, 176  
   dimensionado (exclusión de agua), 276-279, 284  
 Bombeo de pozos simples (exclusión temporal de agua en terrenos), 276  
 Borde, viga de, 196  
 Bordes  
   de cubiertas  
   de la excavación, 239, 241, 244, 256  
   de peldaños, 463, 677, 679-680  
 Bordillos, 113-114, 462  
 Bóvedas  
   de cañón, 548-550, 560  
   con luz cenital norte, 550  
   escalonadas, 550  
   por arista, 550  
 Brochales, 526  
   en forjados de madera, 630  
 Bucles tensores de acero, 231  
 Bulbo de presiones, 51, 52, 202  
*Bulldozer* (explanadora de empuje), 145  
 Bullivant (sistema patentado de recalce por micropilotes), 273

## C

Caballote véase Cumbrera  
 Caballote partido (cubierta de plancha), 534  
 Cabios de encuentro (ventanas de guillotina), 344-345  
 Cables  
   aislados, 758  
   eléctricos, 758  
   envainados, 758  
   sistemas de tendido, 759  
   trenzados (pretensado), 494, 497  
 Cabrias de perforación (sondeos), 54-55, 204, 219  
 Caja sin fondo (dosificación del hormigón), 260  
 Cajones  
   carpintería, 702  
   de cimentación, 265-266

amoldados al terreno, 265  
 cerrados, 265  
 monolíticos, 265-266  
 sin fondo, 265  
 neumáticos, 265-266  
 Cálculo  
   apeos, 135-136  
   cimientos, 197-198  
   control calidad materiales, 83-84, 88, 91  
   cubiertas de grandes luces, 542  
   de la transmitancia térmica U, 438-439, 443-447  
   puentes térmicos, 459  
   escaleras, 680  
   espacio de almacenamiento en obra, 78, 494  
   estructural (forjados), 37  
   fábrica de ladrillo, 325-327  
   muros de contención, 224, 237-238  
   pilares, 359-360, 388  
     de acero, 515  
     de hormigón armado, 515  
     simplificado (sección equivalente), 476-477  
   pozos ciegos, 722  
   puntales y pies derechos (madera), 123, 599  
   resistencia al corte (suelos), 60  
   secciones de acero, 511  
   tuberías drenaje, 732  
   vigas y losas  
     de acero, 512-514  
     de hormigón, 471-473  
     de madera, 626-634  
 Calefacción,  
   central, 448, 737-738, 753, 756  
   doméstica por agua caliente, 753  
   sistemas bitubulares, 751  
   sistemas monotubulares, 750  
 Calentador de inmersión, 756-757, 760  
 Calicatas de prospección, 48  
 Calificación energética  
   ventanas, 448, 450  
   viviendas, 448, 451  
 Calles, 4, 21, 29, 46, 64, 108-111, 138, 281, 479, 622, 718-719  
   aceras y sendas peatonales, 112  
   bordes, 113-114  
   bordillos, 113-114, 462  
   construcción, 108-111  
   drenaje, 718-719  
   imbornales, 712, 719, 724-726

- jardinería, 115
- juntas, 111-112
- movimiento de tierras, 109
- replanteo, 108
- rótulos de circulación, 115
- servicios, 115
- trazado, 108
- Cámara de aire aislada, 405, 412, 459
  - cierre de la (fachadas), 322, 377, 379, 406, 470, 577
- Cámara de inspección, 718, 729
- Cámara drenada (impermeabilización de sótanos), 246, 250
- Camillas (replanteos), 102-103
- Camiones, 154, 172, 175-176, 186, 254
- Camiones cuba, 175-176
- Camionetas, 154
- Camisa recuperable (cimientos de pilares), 505
- Canal trasero, 772
- Canalón
  - de alero, 720
  - de borde, 716
  - de limahoya, 716
- Caoba, 705
- Capa
  - de barrera de vapor, 619
  - de base (fieltro o cartón para techar), 420, 424
  - de mortero, 314, 379, 461, 618-619, 625, 639, 648, 651
  - de sellado de arena (soleras), 189
    - lámina de polietileno, 80-81, 124, 128, 189
  - impermeables (hidrófugas), 318
    - aislantes, 322
    - en obras de reparación, 319-320
    - unión chimenea-cubierta, 772
  - obturadora (juntas en losas), 247, 249
- Capilaridad, humedad por, 402
- Cápsulas
  - de humo (hermeticidad), 453
  - de muestras (sondeos), 54, 55
  - para suelos granulares, 204
- Carcoma, 28, 31, 93
  - muebles (*Anobium punctatum*), 434
- Cargas permanentes, véase Pesos propios
- Carpintería y ebanistería, 701-702
- Carrera de pared, 127, 131-134
- Cartelas, 397, 492, 509, 530-531, 675
- Cartón paja, 35, 706
- Cartón yeso, 441, 447, 606-608, 610-612, 635, 648-652, 692
- Caseína (adhesivo), 524
- Casquetes (pilotajes), 212, 216, 219
- Cedro rojo (*Thuja plicata*), 704
- Cementos
  - Instrucción para la recepción de, 258
  - morteros de, 98
  - para albañilería, 328
  - portland, 282, 328
  - resistencia, 329
- Cepilladoras (carpintería), 701
- Cepos (encofrados), 264, 485-486
- Cerchas
  - a dos aguas, 537-538
  - de celosía, 397, 537, 539
  - espaciales, 10
- Certificado de eficiencia energética
  - etiqueta energética, 32
  - de resistencia al fuego, 686
  - final de obra, 34
- Chapa
  - cubrejuntas (cubiertas), 534, 772
  - de acero, base de (zapatas de emparrillado de vigas de acero), 199
  - de mortero, 529-530
  - de plomo
    - chimeneas, 772-773
    - cubiertas, 410
  - obturadora (juntas en losas), 580-581
- Chezy, fórmula de, 732
- Chimeneas, 765-775
  - conductos de salida de humos, 767-775
  - de bloques, 765-766
  - forro interior, 771-772
  - hogar, 765-775
- Chorro de agua a presión, inyección de (estabilización de terrenos), 287-288
- Cielos rasos véase Falsos techos
- Cierre de alero pieza de (cubiertas de chapa), 534
- Cimbras, 331, 333
- Cimentaciones, 180-221
  - análisis de lesiones, 185
  - cálculo véase Cálculo, de cimientos
  - de sellado de arena (soleras), 189
    - lámina de polietileno, 80-81, 124, 128, 189
  - dimensionado, 190-192
  - emparrillados, 199
  - en voladizo, 201
  - escalonadas, 193



- funciones, 180
- jácnas y losa, 200
- lineales, 191, 193, 198
- losas de hormigón armado
  - con refuerzo de borde, 196
  - con viga de borde, 196
- losas macizas flotantes, 200
- movimientos del subsuelo, 181-185
- pilotajes, 202-221
- pilotes
  - cálculo, véase Cálculo, de pilotes
  - clasificación, 202
  - cortos, 183, 195
  - de inyección de cemento, 280
  - de pequeño diámetro, 206
  - perforados por rotación de barrena continua, 208
- soleras, 189, 198
- tipos, 187-188, 197-201
- zapatillas aisladas, 103, 188, 197, 199
- zapatillas combinadas, 188
- zapatillas lineales, 191, 197, 198, 253, 268
- Cimientos véase Cimentaciones y Cálculo de cimientos
- Circuitos eléctricos
  - de cocina eléctrica, 760
  - de fuerza, 760-762
  - de puntos de luz, 762
- Círculos de Mohr, 62
- Cisternas, 454, 741, 746
- Claraboyas, 558-561 *véase también*
  - Lucernarios
  - linternas, 560
  - prefabricadas en forma de cúpula, 561
- Clasificación de suelos (diagrama triangular), 58
- Coeficiente de pandeo, 477
- Coeficiente de sección, 511
- Coeficiente de sección (perfiles), 511
- Colchones reno (muros de contención), 236
- Colectores sencillos
  - arquetas registrables, 726-728
  - calles, 723-724
  - juntas, 730
  - lecho de asiento, 730
  - replanteo, 730
- Collares o manguitos intumescentes (cortafuegos), 779
- Collarín de unión (pilotes), 212
- Combustión, aire de (chimeneas), 765-767, 770
- Compactación de arena, 288
- Compactación dinámica (estabilización de suelos), 286, 289
- Compartimentación, 18, 595, 635, 776
- Compresión, deformación (hormigón pretensado), 494
- Conductividad térmica, 251, 357, 439, 441-444, 456, 459
- Conductos de salida de humos, 767-775
- Conductos portacables y cajas (electricidad), 607-609
- Conductos y contenedores para evacuación de escombros, 159
- Conectores
  - de anillo
    - cerrado (cubiertas de madera), 544
    - dentado, 396, 544
    - partido, 544
  - de perno, 543
- Congelación artificial del terreno (mejora de suelos), 285
- Cono de Abrams (consistencia del hormigón), 85
- Conoides (cubiertas laminares), 550
- Consolidación
  - del hormigón, 177
  - del suelo, 286-287, 290-291
- Construcción
  - actividades, 19-20, 70
  - construcción de calles, 108, 111
  - de entramado de madera
    - armadura sin rigidez (*Balloon Frame*), 376
    - estructura de plataforma (*Platform Frame*), 376
- Contador (instalaciones eléctricas), 40, 754-757, 763-764
  - caja del, 754-755
- Contención, muros de, véase Muros de contención
- Contenedores de escombros, 159
- Contrachapado de madera, 706-707
- Contrapesos (ventanas de guillotina), 339, 344-345
- Control de calidad de los materiales, 45
- Convectores tipo ventosa (estufas de gas), 765
- Coordinación modular, 42-43
- Cordón de soldadura, 505, 507
- Cordones paralelos (vigas de celosía), 540
- Cornisa, 609, 703
  - cóncava, 609

- Correas (cubiertas inclinadas de madera)
  - de madera, 395
  - de celosía, 398
  - cubiertas de grandes luces, 541
  - de perfil Z, 435, 533, 535-536
  - de sujeción, 533
  - escuadrías, 393
- Cortafuegos y juntas herméticas, 776
- Cortante, esfuerzo, 493, 507, 513, 517, 522, 525-526, 632-634
- Corte a cuartos (madera laminada), 522
- Corte tangencial (madera laminada), 522
- Cortina continua de pilotes, 281
- Costeo directo, método de (maquinaria), 143
- Cotas referenciales provisionales, 101, 104-105
- Coulomb, ley de (muros de contención), 238
- Cristalera patentada, 538, 539, 558, 559
- Cruces y recesos en T (calles), 108
- Cuadro general de mando y protección, 757
- Cubas (hormigonado), 155, 176, 262
  - con pedestal, 177
  - de volteo, 172
  - mezcladora, 173
- Cubiertas
  - ajardinadas (verdes), 436-437
  - amansardadas (o a la mansarda), 403
  - calientes, 407, 420-422, 454, 692
    - invertidas, 422
  - cerchas, 378, 396-397, 525, 530-532, 537-539, 586
    - a dos aguas, 537-538
    - de celosía, 397, 537, 539
    - espaciales, 10
  - de cabios,
    - cerradas, 394
    - con puentes, 394
    - sin puente (parhilera), 394
  - de correas, véase Armaduras de doble espolón
    - de celosía, 398
  - de doble plancha (mejora de cubiertas existentes), 535
  - de grandes luces, 537-545, 558
    - armadura Belfast, 542, 543
    - armadura de arco y cuerda (arqueada), 541, 543
  - de mástico asfáltico, 423
  - de plancha, 532-539
  - evacuación de las aguas pluviales, 537
  - fieltros para techar, 402
  - funciones, 392
  - inclinadas
    - de madera, 392-397, 433
      - caliente, 407, 422, 454, 692
      - fría, 405, 407-408, 422, 454
    - domésticas, 435
    - industriales, 542
  - laminares, 9, 546-557
  - lucernarios salientes, 537, 539
  - mallas espaciales, 546
  - materiales de cobertura, 429, 545, 715-716
    - aislamiento térmico, 407-408, 420, 422-424, 447-449, 453-454, 535-539, 541, 548
    - chapa de plomo, 410-413, 416-417, 424-426, 538-539
    - fieltros para techar, 402
    - madera (planas), 420
    - mástico asfáltico, 248-249, 423, 519
    - plancha, 532, 535
    - tejas, 402-413, 416, 427-441
  - planas de madera, 420-426
    - capa gravilla 420-423
    - chapa de plomo, 424-426
    - aplicación de la chapa, 426
    - tipos de junta, 424-425
  - plegadas, 8, 555
  - ventilación, 405-408
- Cubos
  - con pedestal, 172
  - de volqueo, 172
- Cuchara
  - brazo de la, 139, 150-151, 205, 242
  - de cuatro usos (palas mecánicas), 148
  - de mordaza (excavadoras), 152
- Cubrejuntas escalonados (cubiertas), 410
- Cumbrera o caballete
  - cubiertas de plancha, 532, 535
  - detalles, 390-400, 538
  - rollizo de, 418
  - tejas de, 80, 392, 403-413
  - ventilación, 430-433
- Cunas (andamios volantes), 125
- Cúpula o cáscara de rotación
  - de pechinas, 547
  - de traslación, 547
  - geodésica, 546
  - semiesférica, 9, 547

## D

Defectos en la pintura, 700  
Defectos latentes de construcción, 28  
Deformación por compresión (hormigón pretensado), 494  
Demoliciones, 45  
    pieza a pieza, 139  
    por vuelco, 139  
    recuperación, 138, 205, 291, 452-453, 709  
    seguros, 124, 138, 633  
    trabajos preliminares, 138  
Densidad aparente, 62  
Densidades de materiales de construcción, 35-36, 91, 261, 357, 439, 442, 707  
Denticulado (ménsulas de fábrica), 310  
Descarga sistemas de (saneamiento), 748  
Desecadores (pinturas), 697  
Diagrama triangular (clasificación de suelos), 58  
Dibujos  
    anotaciones, 38-40  
    bocetos, 22  
    empleados en construcción, 21  
    perspectiva cónica, 25  
    plantas y alzados, 20, 29  
    proyección  
        axonométrica, 24  
        isométrica, 24  
        ortogonal, 23  
    rayados, 38-41  
    símbolos, 38-41  
Dientes de perro (ladrillos especiales), 310  
Dimensionado  
    bombas (exclusión de agua), 276  
    cables (electricidad), 760  
    chimeneas, 766  
    cimientos, véase Cálculo de cimientos  
    coordinación modular, 42-43  
    muros de contención, 222-228  
    viguetas y vigas de madera, 632-633  
    zapatas de cimentación, 198  
Dinteles, 330, 334, 337, 340, 347, 366, 458-459, 495, 526, 565  
    compuestos, 311, 459  
    de acero estampado, 311  
Divisiones  
    desmontables, 597, 602-603, 758  
    de entramado de madera, 599  
    de entramado metálico, 600-601

    interiores no portantes, 597-603, 707, véase *también* Tabiques, 597, 598  
    interiores portantes, 597  
Doble piel (revestimiento de fachadas), 568  
Doble vidrio, 341, 347, 353, 357, 533, 566  
Dosificación del hormigón  
    en peso, 261  
    en volumen, 260  
Dragalinas (grúas excavadoras), 152  
Drenaje  
    áreas pavimentadas, 717, 719  
    calibre de las tuberías, 729  
    calles, 109, 718-719  
    colectores sencillos, 727-730  
    efluentes, 712, 723  
    pendiente, 729  
    profundidad hidráulica media, 732  
    prueba de agua (verificación de sistemas), 731  
    sistemas, 718, 724-726  
    verificación del funcionamiento, 731  
Duchas, 745  
Dúmpster véase Volquete  
    de carretera, 155  
    estándar, 155

## E

Edificios,  
    de varias plantas, 528-529  
    no residenciales, 18, 452-453, 462-463  
    órdenes de protección, 99  
Edómetro, 63  
Eficiencia energética, 32, 354, 450, 452  
    aislamiento térmico de los elementos de construcción, 354, 450  
    calificación energética de las ventanas, 450  
    certificado de etiqueta energética, 32  
    emisiones de carbono, 451-452  
    en edificios no residenciales, 452  
    en viviendas de nueva planta, 32  
    fuentes de energía (eficiencia de), 448  
        índice SEDBUK (eficiencia temporal de una caldera doméstica), 448  
Efluentes, 712-723  
Electricidad  
    barra colectora, 756-757  
    circuito de cocina, 756,  
        de fuerza, 760  
    conductos portacables y cajas, 758  
    cuadro general de mando y protección, 757

- dimensionado de cables, 760
- pequeños interruptores automáticos (PIAs), 712, 756, 757
- suministro a obras, 73
- suministro doméstico, 754-757
- Empalmes, 211, 521, 557, 723, 758
  - biselados (madera laminada), 521
  - cola de pescado (madera laminada), 521
- Empujes de las tierras, 224-225, 237-238
  - activos, 225
  - pasivos, 225
- Enchufes, 73, 605, 760, 761
- Encofrados
  - a toda altura, 229
  - de escaleras, 668
  - de losas, 468-469
  - de muros, 487
  - de muros de contención, 230
  - de pilares, 485-486
  - de una cara, 231
  - de vigas, 468, 484
  - detalles, 483
  - móviles, 229
  - permanente, 469
  - principios básicos, 482
  - separadores de tableros, 488
  - trepadores, véase Encofrados móviles
- Ensanchamientos de la base de los pilotes, 203, 390
- Ensayos
  - al corte, 59-63
  - de compresión no confinada, 59, 61
  - de compresión triaxial, 62
  - de consistencia del hormigón (cono de Abrams), 85
  - de entumecimiento de la arena, 83
  - de la hélice (estudios del suelo), 60
  - de limpieza de la arena, 84
  - de materiales, 83-86
  - de penetración (suelos), 59, 87
  - de tracción (suelos), 87
  - SPT (penetrómetro dinámico estándar), 59
  - Vane, véase Ensayo de la hélice
- Entarimado (aislamiento acústico), 652
- Entibación, 49, 239-241, 244, 253, 255-257, 264, 279
- Entorno edificado, 2
- Entramado de madera, 376-377
- Entumecimiento de la arena, 260
- Esbeltez, grado de, 136-137, 325, 327, 476, 515, 599
- Escaleras
  - barandillas, 461-463, 667, 676
  - barrotes, 653-676
  - de caracol, 663, 666, 672, 674, 681
  - de hormigón armado in situ, 664
  - de hormigón prefabricado, 669
  - de ida y vuelta sin ojo, 661-662
  - de incendios, 673
  - de losa acodillada, 670
  - de losa inclinada, 664
  - de madera, 655-659
    - de caracol, 663
  - de mano, 29
  - de un tramo recto, 653-657
  - de zanca, 665
  - helicoidal, 666
  - metálicas, 673-675
  - pasamanos, 653-654, 656, 658, 662-663, 666-667, 672, 676-679
  - públicas, 99, 138, 461, 677, 723, 731
  - reducidas de peldaños alternados, 660
  - sin tabica, 658-659, 671-672
- Escopleadoras (carpintería), 701
- Escuadra de alero, pieza de (cubiertas de chapa), 533
- Escurrimiento por vacío (soleras pesadas), 623
- Esfuerzo cortante, 57, 60, 91, 93, 493, 507, 513, 517, 522, 525-526, 632-634
- Espaciador para ventilación (tejados), 406
- Espigadoras (maquinaria de carpintería), 701
- Espigón, 681
- Estaca de referencia (replanteos), 101,
- Estribos de anclaje o de sujeción, 433, 626, 628
- Estructuras
  - apeadas, 528
  - con muros rigidizadores, 529
  - con núcleo central rígido (rascacielos), 529
  - de celosía (rascacielos), 529
  - de esqueleto, véase Estructuras porticadas
  - de membrana plegada, 8
  - de plataforma *Platform Frame* (construcción con entramado de madera), 376
  - formas básicas, 7-10
  - porticadas, 470, 474
  - suspendidas, 696

Estructuras porticadas, 7, 470, 528, 562, 570-574

nudos en bases de pilares, 507

Estufas de gas, 765-766

*Eucalyptus marginata*, 705

Evacuación de aguas, 712-728, 730

inspección, 28, 30

pluviales, 712, 715-718, 720-721

residuales domésticas, 723

sistemas, 723-726

subterráneas, 712

superficiales, 275

tipos, 712

Excavaciones

a cielo abierto, 239

avenamientos, 275, 713

en trinchera (zanjas), 245, 253

completas, 242

limpieza y desbroce, 252

nivelación, 252

replanteo de cimientos, 197-198

pozos de cimentación, 151, 253

sótanos, 242-244

sustentaciones provisionales, 255-257

Excavadoras, 142, 144, 149, 150, 153, 242

para usos específicos, 149

polivalentes, 149, 153

universales, 149

Explanadora de empuje (*bulldozer*), 145-146

## F

Fachadas

de paneles no portantes, 564

no portantes, 562, 565

Falleba de gancho (cierre de ventanas), 347

Falsos techos

de cartón yeso, 692

suspendidos, 13, 693-696

de estructura reticulada, 693

de paneles, 695

de placas, 695

decorativos, 696

sin juntas, 694

Fatiga

admisible (apeos) del hormigón, 139

cubiertas, 424

paredes, 327

Fenol-formaldehído, 524, 708

Fielros (cubiertas), 402, 423

Flechas, 472, 514, 525

Forjados

aislamiento acústico, 18, 626, 647-648, 652-652

capas de mortero, 624

compuestos (mixtos)

de chapa nervada, 469

de hormigón prefabricado con vigas

de acero laminado, 644-645

de hormigón armado in situ, 636-640

losa armada en dos direcciones, 636

nervado bidireccional (reticular),

637-638

con casetones huecos, 639

nervado monodireccional, 637-638

de hormigón prefabricado, 642-643

huecos, 643

losa maciza de hormigón aireado,

641

placas huecas, 641

placas prefabricadas, 642

vigas pretensadas y bovedillas, 642

viguetas semirresistentes, 642

de madera, 585, 626-635

arriostramiento, 627-629

brochales, 630, 634

mixtos, de hormigón prefabricado y

vigas de acero laminado, 644-645

sanitarios

de hormigón pretensado, 619

y bovedillas de hormigón vibrado,

648

y bovedillas de poliestireno

expandido, 619

de madera, 98, 617, 618

sobrecargas de uso, 37, 192, 641, 626, 641

Freático, nivel, 46, 48, 255, 266, 275, 279, 712-713, 728

Fresadoras de mesa, 701

Friso, 703

Frodingham

pilotajes, 214

tablas metálicas ligeras (ataguías), 264

Fuego

integridad (puertas), 687-689

protección de estructuras de acero,

510-511

Fungicidas, 98, 382

Fusible de cartucho, 760

## G

Galces intumescentes (puertas ignífugas), 687-688

Garaje, 23-26, 66, 79, 304-305, 724-726

Gas

acometida, 763-764

chimeneas de estufas de, 765-766

estufas de, 765-766

suministro, 763

Grado de esbeltez, 136-137, 325, 327, 476, 515, 599

Grapas

de hierro dulce (apeos), 130-134, 483

de pared, 131

Grietas en muros, 185

Grifos, 735-736

Grúas, 70, 73, 142, 160-167

de mástil, 166

de pluma de celosía, 163

de pórtico, 165

de torre, 70, 142, 160, 167

estática, 167

locomóvil, 170

dragalinas (grúas excavadoras), 152

montadas sobre camión, 162

montadas sobre orugas, 164

motorizadas, 161

móviles, 160-162

telescópicas montadas sobre camión, 162-163

torre, trepadoras, 167

grúa trepadora, 171

vías de grúa, 170

Guardaguas, 315, 383-384, 406, 410, 421, 423, 426, 536, 559, 579, 653, 657, 772-773

## H

Haya (madera dura para ebanistería), 705

Hermeticidad

(aislamiento térmico), 452-453, 460, 527

al paso del aire, 341

saneamiento, 749

Herrajes

planos de carpintería, 349

puertas, 363, 367, 685

puertas ignífugas, 585, 686

ventanas, 343

Hormigón

acabados

árido en realce (hormigones), 582-583

árido visto, 583

con textura o relieve, 582

labrados, 582

moldeados en la masa, 565, 582, 583, 727

superficiales, 706

aditivos, 246, 582,

almacenamiento, 172, 329

armaduras, 246, 473- 476, 478-481

cálculo, 473, 477

losas, 471-472

pilares, 476-477

vigas, 471-472

cimentaciones, 197-201

dosificación

en peso, 260, 261

en volumen, 260

encofrados, 230-231, 547, 582, 584, 623, 639-641, 668

escaleras, 664-671

fabricación

dosificación

en volumen, 260, 261, 329

en peso, 261

hormigonado, 171-178

maquinaria de hormigonado, 141, 172-173

losas, 466, 471-472

losas de cimentación, 11, 52, 200, 243

mezclado en fábrica, 205, 262, 282, 329

moldeado vertical, 583

monolítico compacto, 246

muros de contención, 2, 222, 224-225, 227-231, 237, 243-244

postensados, 233

paneles de fachada, 564, 576-577

pilares, 200, 474-477

separación entre las barras de la armadura, 471

postensado, 233, 496-497

prefabricado

escaleras, 699-672

forjados, 641-644

muros pantalla, 286, 499

pórticos, 518-520

pretensado, 244, 246, 374-375,

493-495, 497-499, 538, 618-619

probetas, 85, 329

puesta en obra, 87, 162, 172-173, 175-177, 261-262, 328, 471, 624

suministro, 262, 282

transporte, 175

- vibradores de aguja (hormigón), 177, 288
- vigas, 274, 470-473, 493
- zapatillas aisladas, 103, 197-199
- zapatillas lineales, 191, 197-199, 268
- Hormigonado, 171-178
  - aplanadora mecánica, 178
  - bombas de, 176, 262
  - maquinaria, 141, 172-173
- Hormigoneras, 172-174, 262, 329
  - de tambor basculante, 173-174
  - de tambor reversible, 174
- Horquillas elevadoras
  - de mástil vertical, 156
  - de pluma telescópica, 156
- Hylotrupes bajulus* (longicornio), 434, 435

## I

- Iluminación
  - cables, 758
  - circuitos,
    - de festón, 7
    - suministro eléctrico obras, 73
- Impermeabilización
  - de muros, 246-251
  - de sótanos, 246-251
    - con cámara drenada, 246
  - interior, 246-251
  - materiales, 248-250
  - química (obras de reparación), 319-320
- Imprimación, 697-699
- Infiltración, control del agua
  - entubados, 277
  - sistemas de captación, 278
  - tubos de captación, 278-279
- Información, comunicar la
  - alzados, 23, 26
  - bocetos, 22
  - inspección de edificios, 28-31
  - libro del edificio, 32
  - plan de obra, 33
  - plantas, 23, 26-27, 29
  - proyección cónica, 25
  - proyección isométrica, 24
- Inodoro, 40, 75, 323, 461, 463, 709, 736, 746-749
- Inspección
  - de edificios, 28-30
  - defectos de construcción, 28-31
  - estudio termográfico, 453
- Inspección del terreno, 45-56

- trabajo de campo, 46-48
- trabajo de despacho, 46-48
- Instalaciones de agua, 452
- Instalaciones de comunicaciones electrónicas, 778
- Instalaciones eléctricas, 28, 758-762
  - distribución en anillo, 761
  - domésticas, 761
- Instalaciones telefónicas, 777
- Interés sobre el capital desembolsado (compra de maquinaria), 143
- Interruptor diferencial, 756, 757
- Inyección
  - de chorro de agua a presión
    - en estabilización de terrenos por compactación de arena, 288
    - controlar el agua de infiltración, 278
  - de lechada, 280, 284, 286, 290
- Iroko o abang (*Chlorophora excelsa*)
  - madera dura, 705

## J

- Jácenas
  - de cimentación, 187, 200, 245
  - de madera, 634
  - estructuras porticadas, 470, 474, 528, 636
  - estructuras reticulares, 16, 637
  - pilotajes, 221
- Jalón de nivelación, 730
- Jambas, 335, 337
  - puentes térmicos, 457-458
- Juntas
  - calles, 111-112
  - colectores de saneamiento, 730
  - constructivas (o de movimiento), 592
  - de dilatación, 111-112, 222-223, 227, 247, 548
  - de retracción, 111-112
  - de tuberías, 743
  - elásticas, 730
  - obturadoras, 580-581
  - rejuntado, 30, 306, 308, 321, 387, 562, 569- 570, 734
  - térmica, 356
  - uniones de junta drenada, 579

## L

- Ladrillos
  - control de calidad, 82
  - formatos especiales 308-310
    - denticulado, 310



- dientes de perro, 310
- por encargo, 297, 308
- zócalos, 309
- juntas, 306
- perforados, 233-324
- pichulín, 307
- recalces, 203, 267-268, 270-271, 274
- rejuntado, 306
- resistencia, 325-326
- Laminados verticales (madera), 522
- Lana de madera, 36, 441, 707
- Largueros de encuentro, 691
- Lavabos, 81, 712, 744
- Lechada, inyección de, 280, 284, 286, 290
- Lechadas, 284, 329, 614
  - de cemento, 284
  - de resinas, 284
  - en alicatados y pavimentos, 614
  - químicas, 284
- Libro del edificio (comunicación de información), 32
- Listón
  - horizontal de nivelación, 103-104, 730
  - intermedio (jalón de nivelación), 103-104, 730
  - obturador (marcos de carpintería), 358, 366
- Llagas (aparejo), 297, 301, 315, 592
- Llaves de anclaje (muros), 565
- Longitud virtual
  - de pilares, 515
  - de puntales, 136
- Losas
  - bidireccionales o armadas en dos direcciones, 637-639
  - cálculo, 471-472
  - de cimentación, 200
  - de forjado mixtas, 469
  - de hormigón armado, 471, 472
    - encofradas con chapa nervada, 469, 645
  - macizas de hormigón aireado, 641
  - macizas flotantes (cimentaciones), 200
  - monodireccionales o armadas en una dirección, 637
  - planas, 638
  - simplemente apoyadas, 466-468
- Lucernarios *véase también* Claraboyas, 399, 537, 539, 558

## M

- Machones, 30-31, 303-304, 313, 330, 495
- Madera
  - almacenamiento, 78
  - armazón (soporte y guía del tubo de pilotaje), 215
  - blanda, 89-96, 434, 523, 526-527, 621, 703-704
  - cálculo de vigas, 585
  - cubiertas inclinadas, 295
  - cubiertas planas, 420
  - dura, 90, 621, 705-707
  - encolada, productos, 706
  - entramado, 376-378, 380-382, 387, 598-600, 603, 648-649
  - escaleras, 585-659, 661-663
  - laminada, 521-524
    - elementos curvos, 523
    - empalmes, 521
    - biselado, 521
    - en cola de pescado, 385, 629
    - encolado, 523
    - laminados horizontales, 522
    - laminados verticales, 522
  - lana de, 36, 441, 707
  - paredes de entramado, 380, 585
  - prensada *véase* Tableros de partículas, 35, 621
  - sellos de clasificación, 89
  - tabiques de entramado, 598, 600
  - vigas de celosía, 539-540
- Maguire, regla de (tuberías de drenaje), 732
- Malla espacial, 546
- Manguitos o collares intumescentes (cortafuegos), 776
- Manómetro, 62, 284, 731, 749
- Maquinaria
  - consideraciones generales, 64
  - coste, 143
  - de carpintería, 701
  - de construcción, 154
  - de hormigonado, 141, 172-173
  - excavadoras, 142-144, 149-150, 153, 242
  - explanadoras de empuje (*bulldozers*), 109, 141, 145
  - grúas, 70-73, 142, 160-167
  - horquillas elevadoras, 156
  - método de costeo directo, 143
  - montacargas, 154, 157-158, 669
  - niveladoras (*graders*), 109, 141, 147, 149, 491, 624



- palas mecánicas, 148, 242
- rendimiento y ciclos de las máquinas, 144
- traillas (*scrappers*), 145-146
- vehículos de transporte, 144, 154
- volquetes (dúmpers), 155, 172, 175
- Marcos de puertas y vestíbulos de entrada, 359
- Marcos, listón obturador de, 366
- Martillo de Schmidt (esclerómetro), 86
- Martinetes, 219, 220
  - de caída libre (pilotajes), 204, 212, 215-216, 219-220
  - de doble efecto (pilotajes), 220
  - de simple efecto, 212, 219, 220
  - Diesel (pilotajes), 220
- Masilla, 185, 340, 342, 352, 460, 592, 699, 709
- Materiales
  - almacenamiento, 77-79
  - capas impermeables, 318, 322
  - conductividad, 443-456
  - control de calidad, 173-174
  - densidad, 35-36, 649-650
  - pesos, 34-35
- Membranas
  - delgadas revestidas de lechada de cemento, 280
  - impermeables, 318, 708
  - permeable al vapor, 379, 381, 387, 402, 408, 456, 536
  - resistentes a los gases, 323
  - transpirables, 377, 382, 406-407, 535
- Ménsulas de fábrica de ladrillo, 309-310
- Metano, 48, 291, 323, 619
- Método del área proporcional (cálculo de valores de U), 443, 446-447
- Micropilotes oblicuos (recalces), sistema Bullivant, 273
- Microtubos, sistema de (calefacción), 752
- Mochetas, 337, 453
- Módulo básico de la retícula, 42
- Módulo resistente, 512
- Moldeado vertical (hormigón), 583
- Molduras, 685, 701
  - alicatados, 613
  - carpintería y ebanistería, 701
  - cóncavas (yeso), 692
  - en panelado de ebanistería, 590, 703
  - enlucidos, 606
  - falso techo de cartón yeso, 692
  - puertas, 685
  - ignífugas, 689
  - revestimiento en seco, 609
  - superior del zócalo (panelado mural de carpintería), 703
- Momento flector, 507, 512, 517, 626, 632
- Momento resistente, 136, 503, 511-512
- Montacargas
  - obras, 157-158, 669
  - para personas, 158
  - vehículos de transporte, 154
- Morteros
  - mezclados en fábrica, 329
  - resistencia de los, 326
- Muelle de doble efecto (puertas de vaivén), 691
- Muestras
  - barra de, 59
  - barrena sacamuestras, 55, 59
  - bolsas precintadas de, 29
  - cápsulas de, 54-55
  - de áridos y grava, 84-85
  - de hormigón, 186, 260, 262
  - de subsuelo, 48-51
  - de suelo, 62
    - alteradas, 50, 53
    - inalteradas, 50, 53-55
- Muros
  - aberturas, 31, 243, 272, 317, 337, 354
  - abombamiento, 629
  - aislamiento acústico, 443-446, 649-650
  - alicatados, 614
  - altura virtual (pandeo), 327
  - anclajes, 591
  - apilastrados, 316
  - arriostramiento lateral, 372, 555, 628-629
  - atirantados, 629
  - cálculo, 325
  - con cámara, 295, 312-315
    - capuchinos, 233, 302, 310
    - de aire, 319, 321
  - cortina, 571-574, 581
    - de gravedad, 226
    - vidrio estructural, 570
  - de bloques
    - de baja densidad, 454
    - de hormigón, 251, 325, 332, 445
      - aislamiento, 445
      - celular, 455-456
      - ligeros o aligerados, 378
    - huecos, 232
    - macizos, 455
    - prefabricados, 311

- de contención, 222-238
  - cálculo, 237-238
  - colchones reno, 236
  - cosido de suelos, 235
  - de albañilería armada, 232
  - de altura mediana, 224
  - de gaviones, 236
  - de gravedad, 226
  - de ladrillo, 223
  - de poca altura, 223
  - encofrados, 229-231
  - encribados, 234
  - mixto, 222
  - postensados, 233
- de ladrillo, 562-563
- divisorios (o de separación), 18
- encofrado, 487-488
- grado de esbeltez, 325, 327
- grietas, 185
- humedad por capilaridad, 402
- interiores, 243, 372, 529
- juntas, 592-593
- llaves de anclaje, 565
- pantalla, 244-245, 282-283, 499
- recalces, 268
- Nivel
  - basculante (aparatos de nivelación), 105
  - de explanación, 229-230, 240-241, 245, 252, 254, 257, 263, 266, 275, 278, 279, 283
  - freático, 46-49, 56, 255, 266, 275, 279, 712-713, 728
- Nivelación
  - colectores, 730
  - estructuras de acero, 505
  - falsos techos, 694-695
  - listones y postes de, 103-104
  - mortero de, 651
  - paneles de fachada, 577-576
  - replanteo, 105-106
  - soleras, 622, 624
  - suelos, 651
- Niveladoras
  - de cuatro ruedas, 147
  - de seis ruedas, 147
  - mecánicas, 178
- O
- Obras, 9
  - acceso, 79
  - acomodamiento, consideraciones, 78, 142
  - almacenamiento de materiales, 76-81
  - análisis del suelo, 291
  - control de calidad de los materiales, 82-95
  - disposición en el solar, 64-66
  - estudio del suelo, 52-53, 286
  - iluminación, 70-72
  - inspección del terreno, 45, 47, 50, 56
  - oficina, 66, 74
  - plan de, 33, 64-65, 142
  - replanteo, 101-104
  - requisitos higiénicos y sanitarios, 75
  - seguridad, 67-72
  - servicios provisionales, 65, 79
  - suministro de electricidad, 73
  - tipo de suelo, 144, 191, 207, 236, 285-286
  - trabajo de campo, 48
  - trabajo de despacho, 48
  - vallas, 67-69
- Obturadores, 449, 580, 690, 710
- aislantes, 449
- Orden, 99, 184
  - de conservación (árboles o edificios), 32, 48, 99, 184
  - de ejecución, 268
  - de protección, 46
- Orificios de
  - de drenaje, 773
  - del perno (conectores), 544
  - escape (ensayos), 59
  - tendido de cables, 759
  - ventilación de desvanes, 454
- P
- Pabellones, 3, 305, 537, 541, 557
- Palas
  - cargadoras o arrastradora (hormigonera), 174
  - excavadoras frontales, 145, 150
  - mecánicas, 148, 242, 252
  - niveladoras, 149
- Pandeo, 61, 129, 475-477, 515-516, 525, 599
  - altura virtual de muros, 327,
  - coeficiente, 477
  - grosor virtual de muros, 325-327
  - longitud virtual
    - de elementos de apeo, 136
    - de pilares, 515
- Paneles
  - compuestos (*sándwich*), 138, 566

- de aleación de aluminio, 72, 342, 546, 561, 566, 572, 602, 693
- de cartón yeso, 375, 610-612
- de chapa de acero galvanizado y núcleo de aislamiento térmico rígido, 74
- de fachada
  - de antepecho (o delantal) de ventana, 571, 576
  - de madera (*Balloom frame* y *Platform frame*), 379
  - ligeros no portantes, 528, 564, 566-567
  - portantes de hormigón, 575-581
- de falso techo, 695
- de vidrio, 690
- divisores modulares, 602
- prefabricados de hormigón
  - muros de carga, 374
  - muros pantalla, 283
- de revestimiento, 568, 580, 609
- de tablas de chapa de acero, 264
- de un piso de altura (vidrio estructural)
- murales mixtos, 378-379
- tabiques desmontables, 603
- Paredes, 12, véase también Muros
  - aberturas en, 317, 334-337
  - aislamiento acústico, 647-650
  - aislamiento térmico, 456-460
    - puentes térmicos, 457-459
    - hermeticidad, 460
  - alicatados, 613-614
  - con cámara aislada de planchas de lana mineral, 455
  - con cámara de aire (huecas), 312-314, 316-317, 405, 455, 420
  - de armazón de acero, 378-379
  - de bloque de hormigón ligero, 592
  - de bloque macizo, 455, 592
  - de entramado de madera, 376-367, 380, 585, 599
  - de ladrillo, 249, 604
  - de pavés, 361-362
  - de sótanos, 243, 246, 249
  - humedad por capilaridad, 402
  - macizas de ladrillo, 297-302
  - medianeras, protección al fuego, 595
  - protección contra incendios, 465, 481, 511, 601, 604, 635
- Paredes interiores, 587-596, véase también Tabiques y Divisiones interiores
  - de bloque, 590-591
  - de ladrillo, 589, 591
  - funciones, 587
  - juntas
    - de asiento armadas, 593
    - de construcción, 592
  - medianeras, 595-596
    - de madera, 596
    - normativa, 595
    - requisitos constructivos
      - aislamiento acústico, 596
      - de resistencia al fuego, 596
    - protección contra el fuego, 594
    - tipos, 588
  - Pasamanos, 653-663, 667, 672, 676-681
    - helicoidal, 663
  - Pavimentación
    - de calles, 110-114
    - zonas pavimentadas, 64, 712, 717-719
  - Pavimentos, 109-115, 462, 620-621, 646, 708, 710
    - de tablero de partículas, 621
    - domésticos, 620
    - elevados registrables (técnicos), 595, 646
    - táctiles, 462
  - Peatonales, sendas, 112
  - Pedestales (pavimentos elevados registrables), 646
  - Peldaños en cuña, 663, 672, 677
  - Pequeños interruptores automáticos (PIAs), 712, 756-757
  - Perfil
    - de pared (unión pared interior-exterior), 591
    - H (perfil universal), 199
    - Z, 533
  - Perforación
    - equipos, 55, 203-209
    - rotativa, 55
  - Pernos de anclaje, 168-169, 490, 505, 507, 519, 577, 775
  - Persianas, 368, 371
  - Perspectiva cónica, 25
  - Pesos de los materiales, 35-36, 631
  - Pesos propios (cargas permanentes), 192, 472, 512
  - Picea de Sitka (*Picea sitchensis*), 704
  - Pigmento, 306, 697
  - Pilares
    - aislados, 325
    - de fábrica de ladrillo
      - excentricidad, 325
      - grosor virtual, 325

- estructuras de acero, 501-502
  - cálculo, 515-516
  - nudos, 505-507
  - protección contra el fuego, 510-511
  - uniones empennadas, 509
- cálculo simplificado de pilares de
  - hormigón armado, 476-477
  - encofrados, 485-486
  - estructuras porticadas, 474
  - flexión lateral o pandeo, 477
- de hormigón prefabricado, 490-492
- hormigón armado, 200, 474, 476, 477
  - armaduras, 478-480
    - barras de acero, 478
    - mallazos (tela metálica acero), 479
    - recubrimiento de, 480
    - separaciones entre las barras, 475
- recalces, 274
- redondos, 474
- replanteo, 103
- zapata
  - combinada, 188
  - lineal de carga discontinua, 198
- Pilastras, 303-305, 313, 316
- Pilotajes, 202-203
  - martinetes, 219, 220
  - vainas, 216, 496, 778
- Pilotes
  - collarín de unión, 212
  - compuestos, 216
  - cortina continua de, 281
  - de gran diámetro, 207
  - de hincia, 217-218
  - de pequeño diámetro, 206
  - de perfiles ligeros, 214
  - de plancha perfilada ligera
    - Frodingham, 214
    - Rendhex, 214
  - de rozamiento, véase Pilotes flotantes, 62-63, 203, 221, 224, 238
  - de sustitución, 203, 216
    - perforados por rotación de barrena continua, 208
  - de tubo de acero (enfundados), 74, 215, 663
  - encepados, 213, 221, 243
  - ensayos, 221
  - fragmentarios Mega (recalces), 270-272, 274
  - hincados in situ, 217
  - moldeados in situ, 218, 281
  - perforados, 203, 208-209, 271, 281
    - por rotación de barrena continua, 208, 209
    - por percusión, 204, 211-212, 214, 216, 264
    - por rotación, 206-209, 214
    - preformados, 212, 217
- Pino araucano (*Araucaria araucana*), 704
- Pinturas, 352, 585, 697-700, 708
  - de base acuosa, 697, 710
  - de poliuretano, 697
  - defectos, 700
  - desecadores, 697
- Pisón vibrante, 623
- Placa de base (estructuras de acero), 126, 168, 507
- Plancha
  - ondulada (cubiertas), 540
  - perfilada (cubiertas), 559
- Planos, 20-21
  - de elementos, 21
  - de emplazamiento, 27
  - de planta, 21
  - de situación, 21
- Plaquetas decorativas para paredes
  - exteriores
    - esquinas entrantes (cóncavas), 384
    - esquinas salientes (convexas), 383, 384, 606
  - formas
    - borde festoneado, 385
    - borde redondeado (visera o espada), 385
    - borde redondeado y festoneado, 385
    - trébol, 385
  - formas trébol y borde festoneado, 385
- Platabandas, 502-503, 506
- Plataforma de trabajo (andamios), 117-121, 124-125, 127-128, 158, 641
- Platform frame, 376
- Pluma amantillable (grúas), 166
- Pluma volante (grúas), 161-164
- Pórticos, 517-520
  - biarticulados, 517
  - detalles de articulaciones, 519
  - de un solo vano, 518
  - de varios vanos, 518
  - rígidos, 517-518
    - biempotrados, 517
  - trarticulados, 517
- Poste de arranque (escaleras), 653, 656, 658, 662, 674
- Postensado, 233, 496-497

- Pozos
  - de sondeo, 48, 56
  - entubados (control agua infiltración), 277
- Prefabricados, conjuntos, 685-686
- Pretensado, 244, 246, 493-495, 497-499, 538, 618
- Pretils, 315
- Primarios elementos, 12
- Primera mano (pintura), 697-698
- Probetas, 85, 329
- Programador/regulador (calefacción por agua), 753
- Protección contra incendios, 465, 481, 511, 601, 604, 635
- Proyección, 23-25
  - axonométrica, 24
  - cónica (perspectiva), 25
  - isométrica, 24
  - ortogonal, 23
- Pudrición, 31, 97-98, 185, 422
  - de la madera, 185, 422
  - húmeda, 97-98
  - seca, 97-98
- Puentes
  - de penetración de la humedad, 321
  - térmicos, 321-322, 457-459, 536
- Puertas
  - acristaladas, 353
  - con resistencia al fuego, 687-688
    - de 30 minutos, 595, 687
    - de 60 minutos, 688
  - corredoras, 369
  - exteriores, 364-367, 682-684
  - ignífugas, 585, 686
    - conjuntos prefabricados, 685-686
  - industriales, 368, 603
  - interiores, 461-462, 682-684
  - marcos, 13, 30, 366, 682, 710
  - requisitos de funcionamiento, 338, 344, 363
- Puntales, 130-137
  - de refuerzo, 131
  - horizontales, 132-134
  - inclinados, 241
  - oblicuos, 131
- Pynford (o de las banquetas), método de recalce, 272
- R**
- Radiadores, 750-753
- Radio de giro (de una sección), 515-516, 599, 747
- Radón, 48, 323, 619
- Rankine fórmula de (muros de contención), 237
- Rebajes
  - en jambas de ventana, 337, 345
  - rebajes de una excavación, 104, 189, 254,
- Recalces, 203, 267, 268, 270, 271, 274
  - con micropilotes oblicuos, 273
  - de pilares, 274
  - de pilotes y asnillas, 271
  - pilotes fragmentarios Mega, 270
  - Pynford o de las banquetas, 272
- Redes, localización de servicios públicos, 100
- Rellanos, 158, 661, 664-665, 677, 678
- Replanteo, 101-107
  - teodolito, 101, 103-104, 107
- Resistencia al fuego de, 510, 571, 594, 595, 635, 673, 687, 688
  - elementos constructivos portantes, 635
  - escaleras, 673
  - estructuras de acero, 510-511
  - fábrica de ladrillo, 35, 70, 192, 223, 271, 308, 325, 326, 327, 330, 362, 375, 376, 379, 380, 387, 439, 442, 563, 773
  - falsos techos, 694
  - forjados de madera, 35, 626
  - hormigón armado, 480-481
  - paredes de pavés, 361
  - paredes medianeras, 595-596
  - puertas, 363, 368, 682, 687-690
  - tabiques de entramado metálico, 601
  - vidrio armado, 351
- Resistencia al fuego/aislamiento
  - integridad, 687, 688
- Resistencia térmica, 438-439, 446-448
- Resorcina-formaldehído, 524, 706
- Respiraderos de cubiertas, 422, 430
- Reticula, 42-43
  - axial, 43
  - coordinación modular, 42-43
  - de control, 42
  - de proyecto, 42
  - dimensional, 43
  - estructural, 42
- Retroexcavadora, 33, 151, 240, 254
- Revestimientos
  - con tejas, 386
  - de chapa, 500
  - de cubiertas a base de fieltros asfálticos, 423

- de fachadas, 564, 708
  - de fábrica de ladrillo, 563
  - plaquetas, paredes exteriores, 382
- de plásticos, 708
- elásticos, 651
- ignífugos, 31, 610, 707
- secos, 608-609
- Revoques exteriores
  - manos y acabados, 381
  - mezcla y soporte, 380
- Riostras
  - cubiertas de madera, 399, 543
  - estructuras de celosía, 529
  - forjados de madera, 627, 635
  - mallas espaciales, 546
  - puertas, 364
- Roble, 36, 182-183, 404, 434, 705
- S**
- Sándwich (paneles compuestos), 566
- Saneamiento,
  - comprobación de los sistemas, 749
  - sistema de un solo conducto, 747-748
- Sanitarios, aparatos, 744-745
  - bañera, 40, 631, 745
  - ducha, 40, 745
  - inodoro, 40, 75, 323, 461, 463, 709, 736, 746, 747, 748, 749
  - lavabo, 40, 463, 744
  - sistemas de descarga, 748
- SAP (coste energético de las nuevas viviendas), 451
- Sapeli, 705
- Schmidt, martillo de (esclerómetro), 86
- Sección equivalente
  - madera, 526
  - método de la (cálculo simplificado de pilares de hormigón armado), 476
- Sectores de incendio, 687
- Secuoya (*Sequoia sempervirens*), 91, 704
- Sellados, 186, 248-249, 346, 536
  - exterior con mástico asfáltico (sótanos), 248
  - interior con mástico asfáltico, 249
- Separaciones entre las barras de las armaduras (pilares y muros), 475
- Servicios públicos, localización de redes, 100
- Sierras (carpintería), 701
- Sistema de cámara drenada (impermeabilización de sótanos), 246, 250
- Sobrecargas de uso, 1, 37, 192, 626, 641
- Sobrecarga del terreno, 192, 224, 286
- Soga (aparejo), , 82, 227, 298, 301
- Soldadura a tope (estructuras de acero), 508
- Soleras
  - capas de mortero, 615-616
  - domésticas ligeras, 615-616, 618
  - escurrimiento por vacío (soleras pesadas), 623
  - pesadas moldeadas in situ, 622
- Sombreretes (remates de chimenea), 771
- Sondas
  - manuales, 49-50, 54
  - mecánicas, 54
- Sondeo
  - datos, 56
  - métodos, 54-55
    - con inyección, 55
    - perforación rotativa con inyección de fangos, 55
- Soporte articulado, 515, 516
- Sótanos, 239-251
  - a gran profundidad, 244
  - aislamiento térmico, 251
  - celulares, 243
  - con muros y losa de contención, 243
  - excavación, 239-242, 244
  - impermeabilización, 246-250
- Subsuelos
  - agua del, 275-285
  - contaminados, 292-293
  - drenaje, 222, 225, 234, 276, 718-719
  - inspección del terreno, 45-50, 56
  - movimientos, 181-185
- Suelos
  - análisis de laboratorio, 48
  - clasificación, 57
  - cohesivos, 54
  - cosido de suelos, 235
  - de relleno, 46
  - diagrama triangular, 58
  - distribución granulométrica, 57, 62
  - ensayos, 57-63
  - estudio del, 54-55
  - granulares, 54
  - inspección del terreno, 45, 47, 50, 56
  - muestras alteradas, 50, 53
  - muestras inalteradas, 50-55
  - naturaleza, 57-63
  - sondeos, 55-56
  - trabajo de campo, 46, 48

Suelos técnicos (elevados registrables), 13, 595, 646  
Sujeción lateral, 202, 244, 433, 527, 563, 626-628, 643  
Sumideros, 81, 98, 253, 715, 717, 719  
Supresión de barreras arquitectónicas, 461-463, 664

## T

Tabiques, 597-598, 600-603  
  de entramado, 597-598  
  de madera, 598  
  metálico, 600-601  
  de obra, 597, 744  
  desmontables, 597, 602-603  
  protección frente al fuego, 601  
Tablas de entibación, 257  
Tableros y chapas, 706-707  
  aislamiento térmico, 442  
  contrachapados, 676, 702, 704, 706  
  de alma enlistonada, 706  
  de cartón paja, 706  
  de fibras, 441, 707  
  pretensadas, 707  
  de lana de madera (virutas finas), 707  
  de madera, 76, 229, 468, 483, 706  
  encolada, 706  
  de partículas, 707  
  aglomeradas con cemento  
  de virutas orientadas (OSB), 707  
  murales, 609  
  para paredes, 610  
Tablestacados metálicos, 257  
Tablestacas, 240, 257, 280  
Talud natural, ángulo de  
  en excavaciones, 253, 255  
  en muros de contención, 224, 235, 237-239, 253, 255  
Teca (*Teutona grandis*), 36, 705  
Techo colgadizo, 390, 394  
Techumbres de paja, 429, 715  
Tejados  
  de pizarra, 413-417  
  de teja plana, 409-412, 429, 715  
Tejas  
  de clavija de doble solape, 404  
  de lima, 409  
  de limahoya, 409, 417  
  curvas, 409  
  de pizarra, 413-417, 715  
  planas, 409-412, 429  
  de doble solape, 403, 410

  de solape sencillo, 411  
Tendeles, 302  
Tendones (hormigón pretensado), 494, 496-498  
  curvos, 496  
  de alambres paralelos, 494  
  de grupo de cables, 494  
Teodolito, 101, 103-104, 107  
Tercio central, regla del (estabilidad de muros de poca altura), 223  
Terrenos baldíos, recuperación, 291  
Terrenos no urbanizados, 291  
Tirantes de alambre de acero (encofrados muros contención), 229-231  
Tizón (aparejo), 82, 299, 301, 310  
Tolva  
  de carga (pilotajes), 204-205  
  evacuación de escombros, 159  
  maquinaria de hormigonado, 172-176  
  pesadora, 261-262  
Traíllas o escarpadoras  
  de arrastre, 146  
  de dos ejes, 146  
  de tres ejes, 146  
Trampilla de acceso al desván, 460  
Transmitancia térmica, 251, 341, 355, 438-439, 444  
Triángulo de fuerzas (muros de contención), 223  
Trinchera perimetral (excavación de sótanos), 240  
Trípode o cabria, 54  
*Tsuga albertiana*, 704  
Tubos de drenaje  
  almacenamiento, 81  
  arquetas, 728  
  avenamiento del subsuelo, 234, 714  
  de calles, 718  
  de captación (control agua infiltración), 278-279  
  de muros de contención, 224, 226  
Tupíes véase Fresadoras de mesa

## U

Unidades de obra, estudio de, 20, 33  
Uniones  
  articuladas al cimientto (pórticos), 519  
  de vigas y pilares, 492  
  empernadas (estructuras de acero), 379, 396, 509  
  entre pilares, 491, 492  
Urea-formaldehído, 524, 708



## V

### Válvulas

- de compuerta, 741
- de control termostático, 753
- de flotador véase Válvula esférica, 741, 746
- de regulación termostática, 753
- de retención, 733-734, 739-740, 751
- esférica, 740-741
  - de diafragma, 740

Vane véase Ensayo de la hélice, 59, 60

### Vástago hueco

- de acero, 208-209, 219
- giratorio (pilotajes), 205-207
- de transmisión, 282
- perforación (estudio del suelo), 55

### Vehículos

- de horquilla elevadora, 156
- de pasajeros, 154
- de transporte, 144, 154

### Ventanas

- abatibles, 339, 344
- abuhardilladas redondeadas, 429
- acristalamiento
  - doble, 353, 358
  - suplementario, 354
- aislamiento térmico, 448-449, 452-453
- amansardadas, 391
- basculantes, 339, 347
- Bay windows*, 348
- calificación energética, 450
- correderas, 339, 346
- de buhardilla, 424, 427
- de celosía, 339
- de guillotina, 344-346
- de madera, 340-341, 343
  - termoacústicas, 541
- de perfiles huecos de aluminio, 356
- de plásticos, 708
- fijas, 339, 673
- hermeticidad, 460
- herrajes, 342
- metálicas, 342
- pivotantes, 339, 347
- puentes térmicos, 457-459
- requisitos de funcionamiento, 338, 344, 363
- tipos, 339
- selladores, 710
- vidrio armado, 351, 688, 690, 691

Ventilación del espacio bajo cubierta (desván), 431

Ventilación espaciador para (tejados), 406

Vértice articulado (pórticos), 519

### Vibración

- para consolidación de suelos, 286-287
- para mejora de suelos, 287-288

Vibrador, 177, 287

- de aguja (hormigón), 177
- de grapa, 177

Vidriería y acristalamiento, 351-352

### Vidrio

- de baja emisividad, 355
- doble, 353, 566
- estructural, 465
- translúcido, 351
- transparente, 74, 683, 691

### Vigas,

- alveoladas, 503
  - de acero, 274, 510, 644-645, 693
    - compuestas, 502
      - caballete (secciones compuestas), 502
  - de alma aligerada, 503
    - alveoladas, 503
    - peraltadas (vigas de alma aligerada), 503
    - perforadas, 503
  - laminado (forjados mixtos), 644-645
  - laminado asimétricas, 645
- de hormigón, 274, 470
- de madera
- cálculo, 512-514
  - compuestas, 465, 525, 527
    - de alma de acero, 527
    - de alma de contrachapado, 525
    - de alma de tableros, 525
    - de cajón, 525
    - de celosía, 398, 504, 537, 539-540, 599
    - de doble T, 525
    - de fibras paralelas (Parallam®), 526
  - secundarias, 7, 16, 470

### Viguetas

- brochales, 526, 630
- de alma de celosía de acero, 527
- de madera, 69, 420, 633, 635
  - cálculo, 633
  - pesos, 36
  - protección contra incendios, 635

### Voladizo

- andamios en, 126
- Bay windows*, 378
- cimentaciones en, 201



- escaleras en voladizo, 665
- estructuras en, 528
- recalces, 271
- vigas en, 125-126
- Volquetes
  - dúmpers, 155, 172, 175
  - giratorios, 155
- Y
- Yeso, enlucidos interiores de,
  - aislamiento térmico, 441, 455-456, 604-605
- Yesos, 604-605
- Z
- Zapatas
  - aisladas, 103, 188, 197-199
  - armaduras, 194
  - combinadas, 188, 199
  - de cimentación, 198, 253
  - de emparrillado de acero, 199
  - dimensionado básico, 190
  - lineales
    - con carga discontinua, 198
    - profunda, 184, 187, 198
    - tradicional, 198
  - plantilla de (replanteos), 103
  - rectangular, 199
- Zócalo, ladrillos especiales, 309
- en panelado mural de carpintería, 703
- Zunchado helicoidal (pilares redondos), 474-475







