

OBRAS DE CAPTACION (ANTECEDENTES)

La mayor parte del agua consumida por el hombre es extraída de los ríos y utilizada aprovechando la fuerza de la gravedad. Hay muchas regiones en el mundo en las cuales debido a la escasez del agua superficial se extrae el agua subterránea por medio del bombeo utilizándola especialmente para el consumo doméstico y a veces para el riego. Frecuentemente el agua se bombea de ríos y lagos.

OBRAS DE CAPTACION (DEFINICIÓN)

Denominamos obra de toma a la estructura hidráulica construida en un río o canal con el objeto de captar parcialmente sus aguas.

El agua derivada puede utilizarse para la generación de energía, irrigación, abastecimiento público e industrial u otros. En muchos casos la obra de toma, o bocatoma como también se conoce, es de uso múltiple.

MULTIPROPOSITO BABA



MULTIPROPOSITO BABA



MULTIPROPOSITO BABA



OBRAS DE CAPTACION (DEFINICIÓN)

El diseño de una bocatoma es uno de los problemas más complejos y su construcción representa una alteración de las condiciones normales de escurrimiento y por lo tanto deben esperarse cambios fluvio-morfológicos importantes como son la erosión y sedimentación.

Movimientos masivos de materiales de construcción en la presa y en el área donde va a ser inundada, desviación de canales hídricos causando disminución y degradación del recurso aguas abajo. Creación de vías de acceso.

CLASIFICACION DE LAS OBRAS DE CAPTACION

Las obras de almacenamiento consisten en presas que cierran el cauce del río u otro sitio apropiado formando un reservorio o embalse en el mismo.



CLASIFICACION DE LAS OBRAS DE CAPTACION

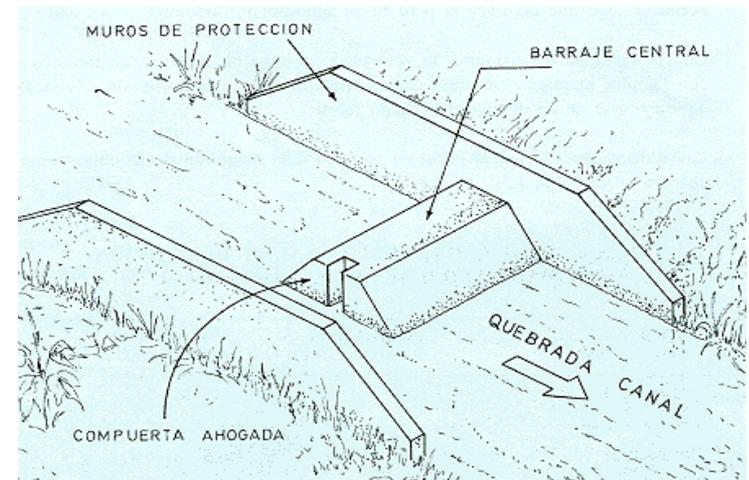
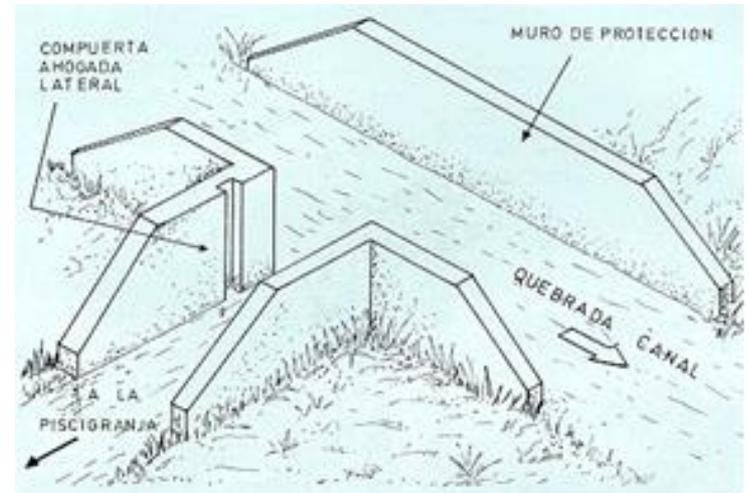
El reservorio permite regular la utilización del caudal del río, almacenando el agua en las épocas de crecientes y utilizándola en las épocas de estiaje (sequía).

El tipo de presa depende de una serie de condiciones pudiendo ser de tierra, piedra u hormigón.



CLASIFICACION DE LAS OBRAS DE CAPTACION

Las tomas de derivación directa captan el agua que viene por el río sin ningún almacenamiento, es decir no existe ninguna regulación y se aprovecha el caudal que hay en un momento dado.



CLASIFICACION DE LAS OBRAS DE CAPTACION



CLASIFICACION DE LAS OBRAS DE CAPTACION

El aprovechamiento que se consigue por medio de un embalse es mucho más completo que con una derivación directa. Sin embargo las presas necesarias para esto son estructuras generalmente grandes que representan altas inversiones de dinero. Además no siempre se encuentran las condiciones topográficas, hidrológicas y geológicas indispensables para su construcción.

CLASIFICACION DE LAS OBRAS DE CAPTACION

Por este motivo y especialmente tratándose de pequeñas obras que son la mayoría de las que se realizan, se escogen las tomas por derivación directa.

El diseño de estas estructuras está basado en las tres leyes fundamentales de la Hidráulica, es decir las ecuaciones de Continuidad, Energía y Cantidad de Movimiento, complementadas con las ecuaciones de vertederos y orificios.

EFICIENCIA DE LA CAPTACION

Estas obras de toma deben cumplir con las condiciones siguientes:

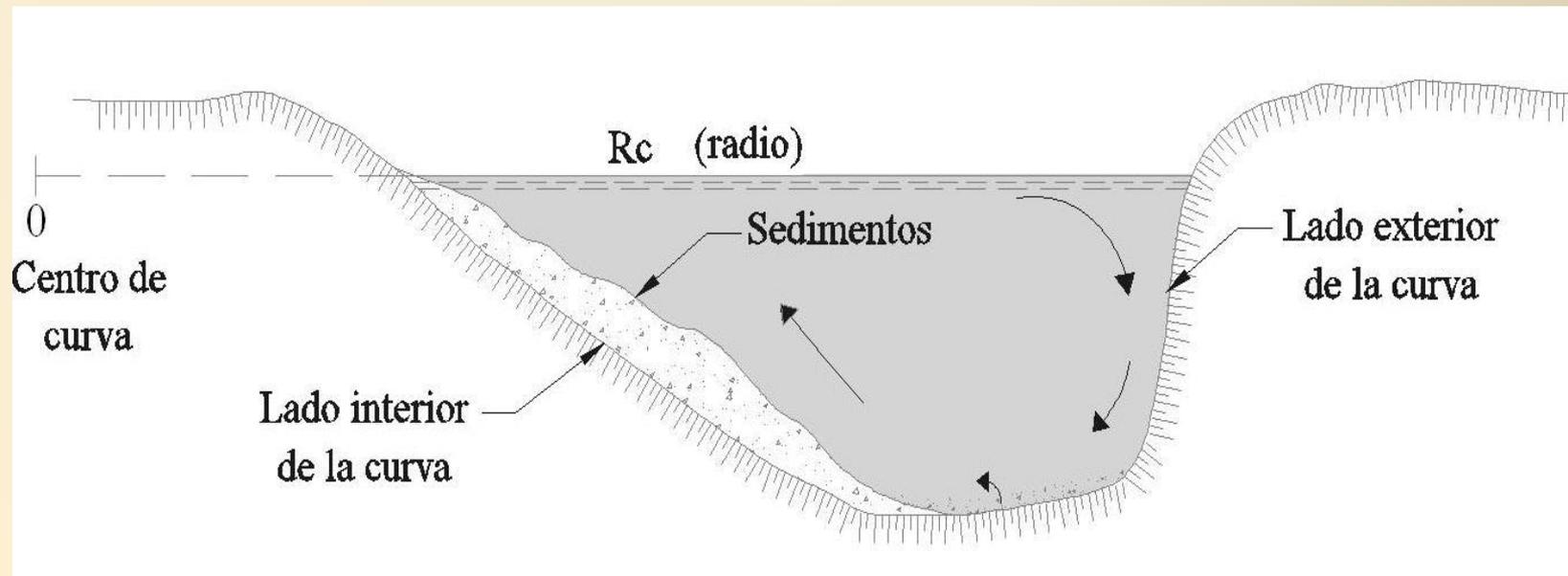
- Asegurar la derivación permanente del caudal de diseño.**
- Deben impedir hasta donde sea posible la entrada a la conducción de material sólido y flotante y hacer que éste siga por el río.**
- Satisfacer las condiciones de seguridad necesarias.**

UBICACIÓN Y FORMA DE CONSTRUCCION DE LA TOMA

- 1.- Reconocimiento previo, a través de inspecciones a los sitios de las obras.**
- 2.- Ubicación aproximada de los sitios de las obras.**
- 3.- La ubicación exacta estará en función de las condiciones geológicas y topográficas del sitio.**
- 4.- Para disminuir la entrada de sedimentos es conveniente situar las obras de toma en la orilla cóncava de un río.**

UBICACIÓN Y FORMA DE CONSTRUCCION DE LA TOMA

Es una regla de oro de la Hidráulica Aplicada que “nunca debe captarse en el lado interno de la curva en un río”.



UBICACIÓN Y FORMA DE CONSTRUCCION DE LA TOMA

5.- Para situar el desrripiador y el desarenador es necesario disponer de un tramo relativamente plano.

6.- Las obras deben ser construidas durante la época de estiaje, el agua que viene por el río debe ser desviada a través de canales o tuberías colocando las respectivas ataguías.

7.- Las ataguías se deben construir en una forma lo suficientemente hermética para que no filtre agua en cantidad excesiva que no pueda ser eliminada mediante bombas y que no cause perjuicios a los trabajos de hormigón.

UBICACIÓN Y FORMA DE CONSTRUCCION DE LA TOMA



RALCO - Desvío del río Biobío - Diciembre 2000

UBICACIÓN Y FORMA DE CONSTRUCCION DE LA TOMA



UBICACIÓN Y FORMA DE CONSTRUCCION DE LA TOMA



TIPOS DE OBRAS DE TOMA

Existen diferentes tipos de bocatomas, los factores determinantes para la selección de la bocatoma más adecuada son:

- **la naturaleza del cauce y**
- **la topografía general del proyecto.**

Según la forma de captación las obras de toma pueden ser:

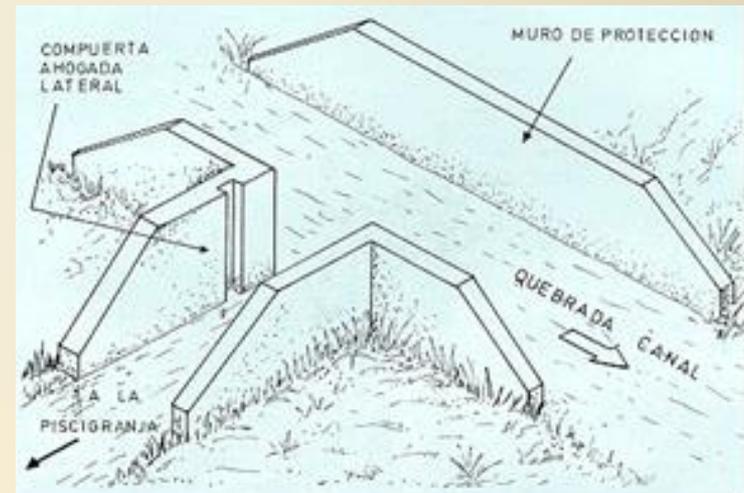
- **Bocatomas de derivación lateral.**
- **Bocatomas de fondo**

BOCATOMAS DE DERIVACIÓN LATERAL (FLUVIAL O CONVENCIONAL).

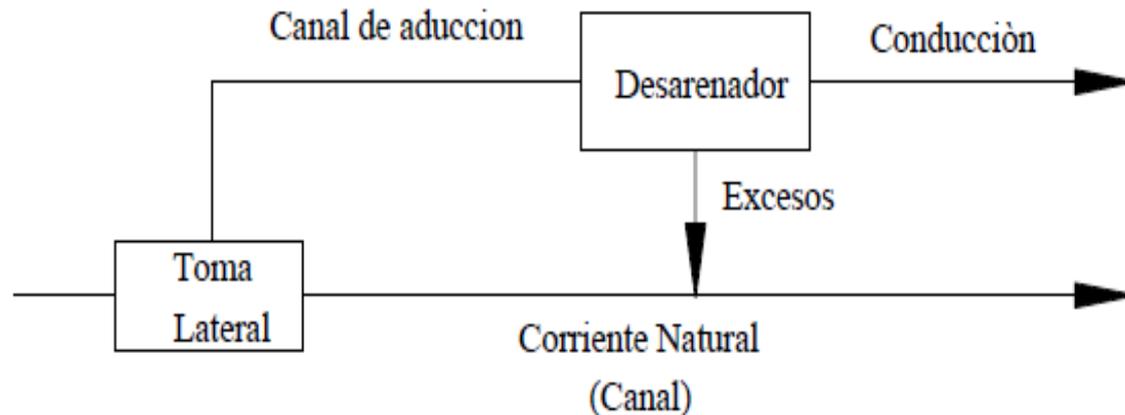
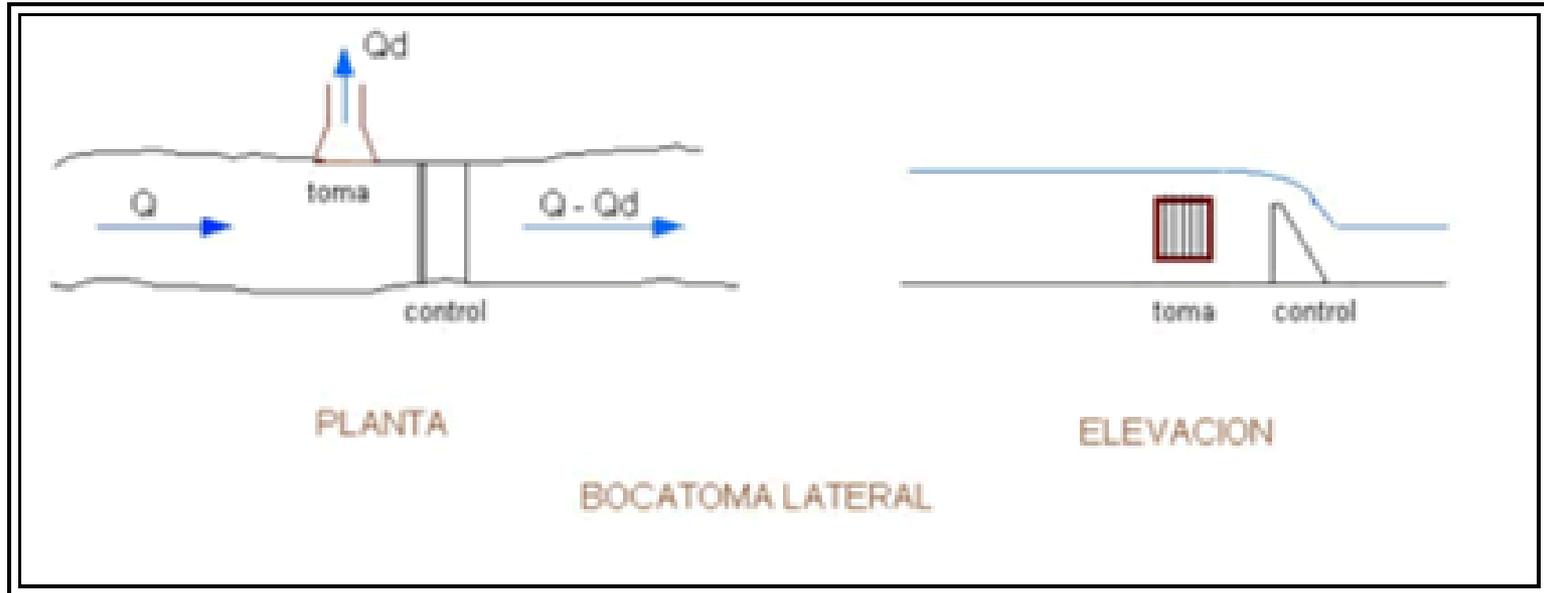
Son utilizadas en ríos relativamente pequeños o quebradas, en donde la profundidad del cauce no es muy grande. Estas bocatomas pueden ser:

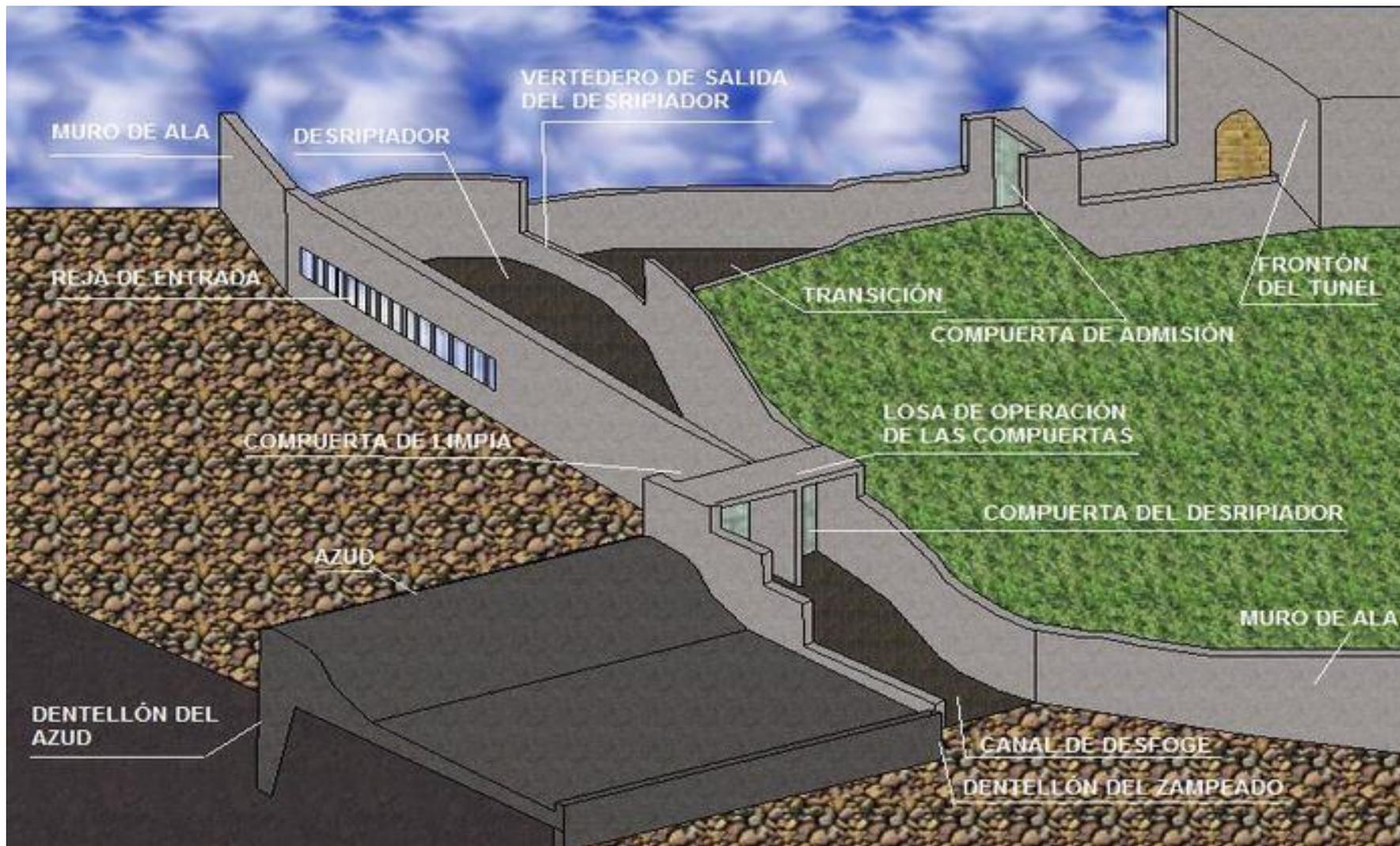
1.- Con toma directa: Se capta directamente mediante un canal lateral.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
No requiere construir un barraje o azud, que por lo general constituye una de las partes de mayor costo.	Puede ser obstruida fácilmente en épocas de crecidas. Permite el ingreso de sedimentos hacia el canal.



BOCATOMAS DE DERIVACIÓN LATERAL (FLUVIAL O CONVENCIONAL).





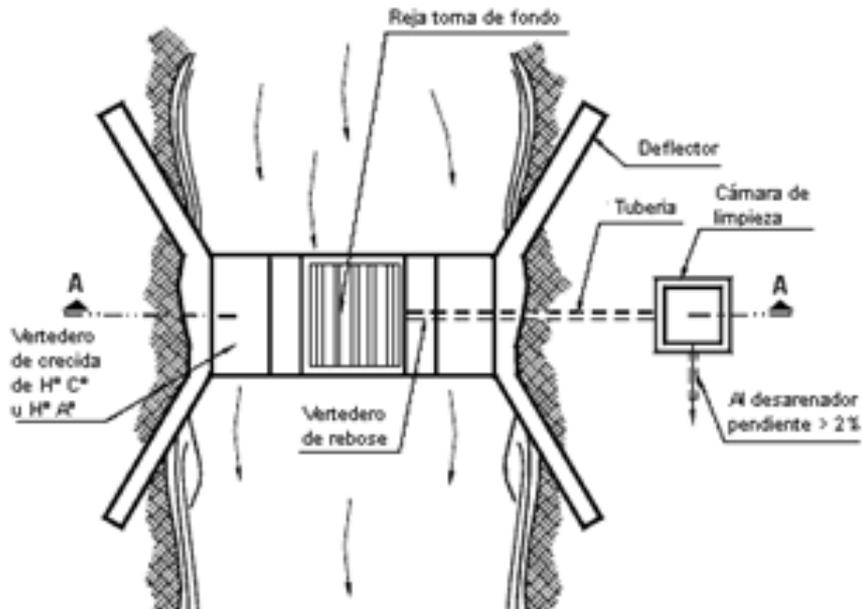
BOCATOMA DE FONDO, TIROLESA O CAUCASIANA.

Son tomas cuya estructura de captación se encuentra dentro de la sección del azud (barraje). El ingreso está protegido por una rejilla que impide el ingreso de materiales gruesos.

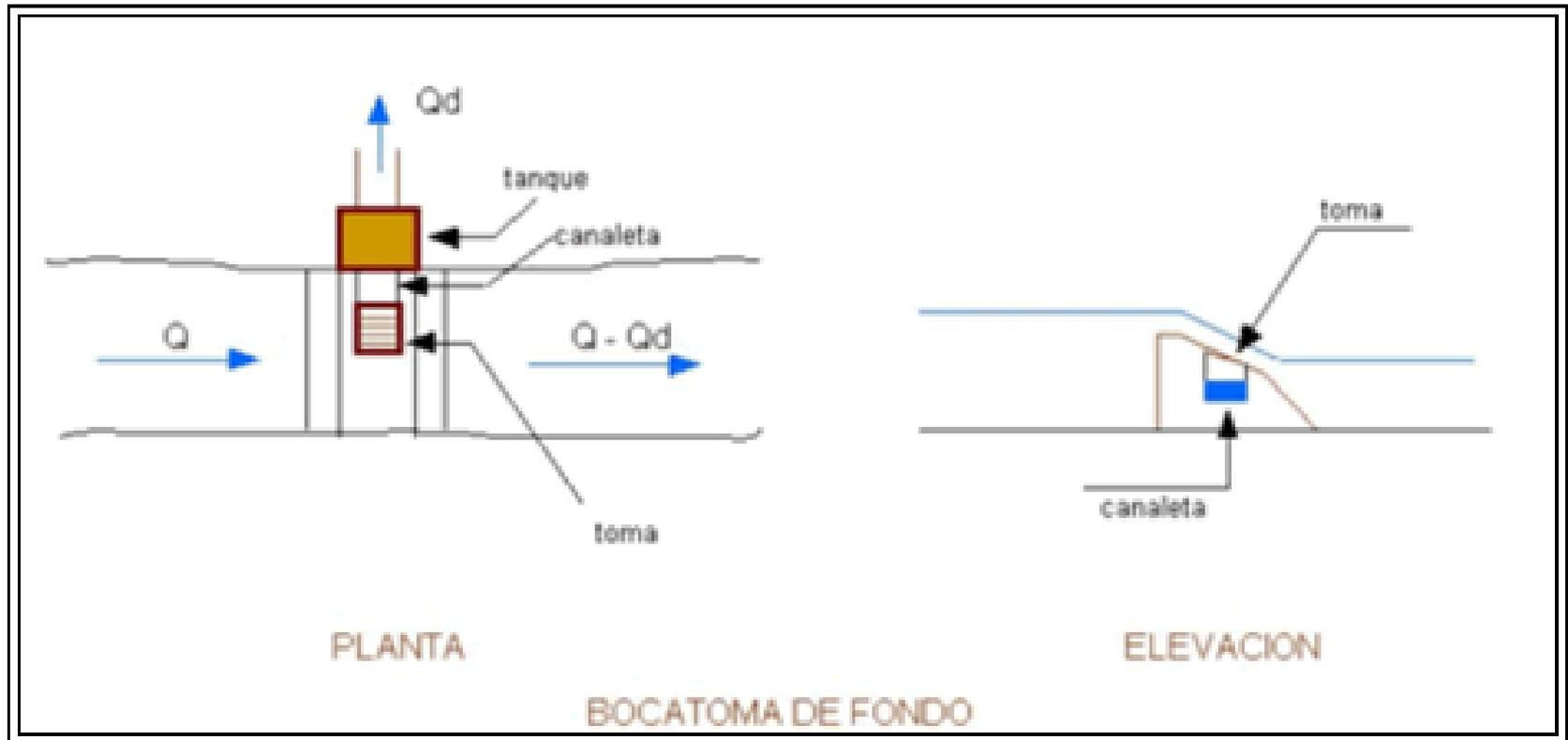
Estas tomas son diseñadas para los ríos de montaña o torrentes que tienen las siguientes características:

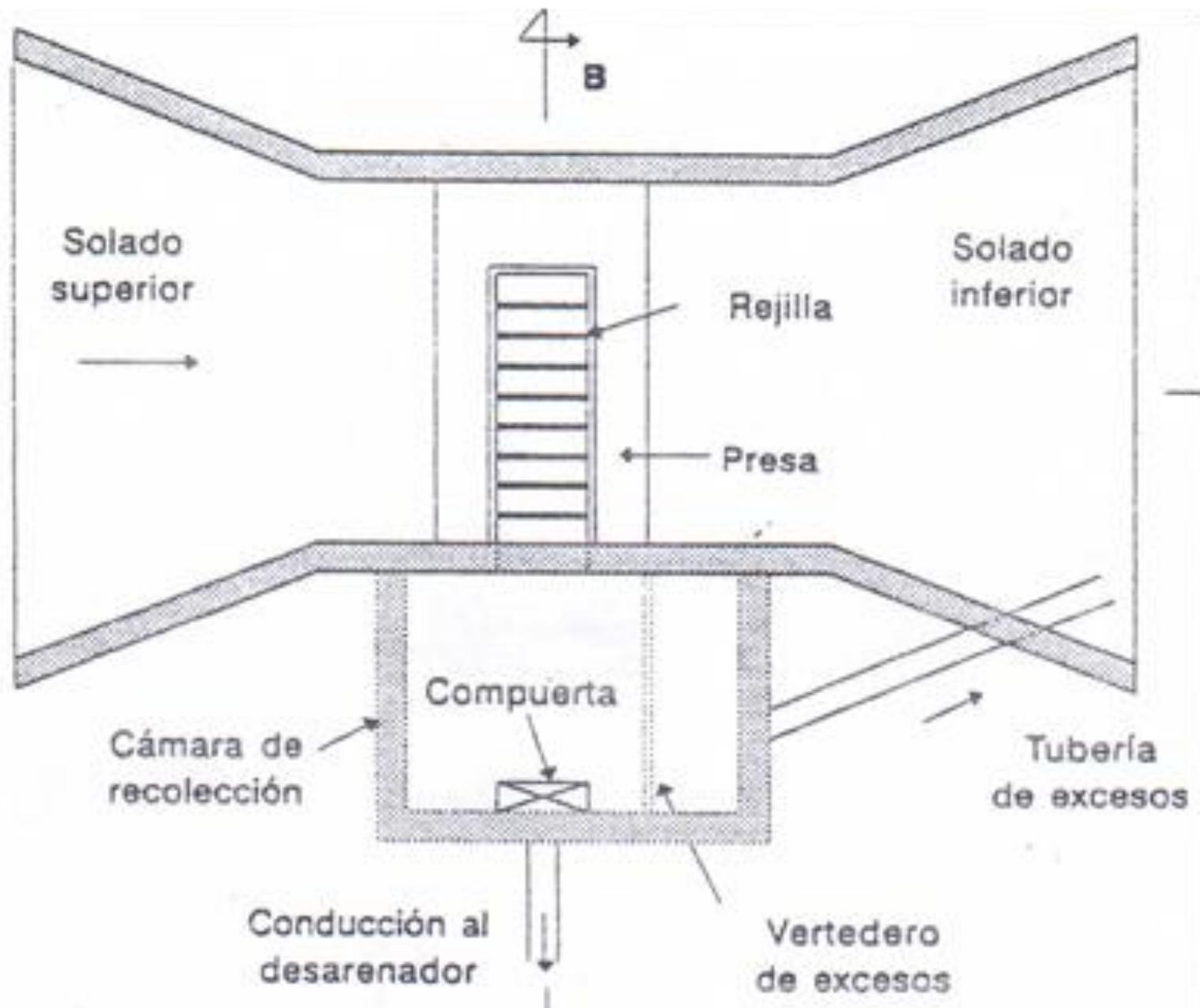
- Pendientes longitudinales fuertes iguales o mayores del 10%.**
- Crecientes súbitas causadas por aguaceros de corta duración y que llevan una gran cantidad de piedras.**
- Grandes variaciones de caudal cuando provienen las aguas de nevados.**
- Pequeño contenido de sedimentos finos y agua relativamente limpia en estiaje.**

BOCATOMA DE FONDO, TOROLESA O CAUCASIANA.



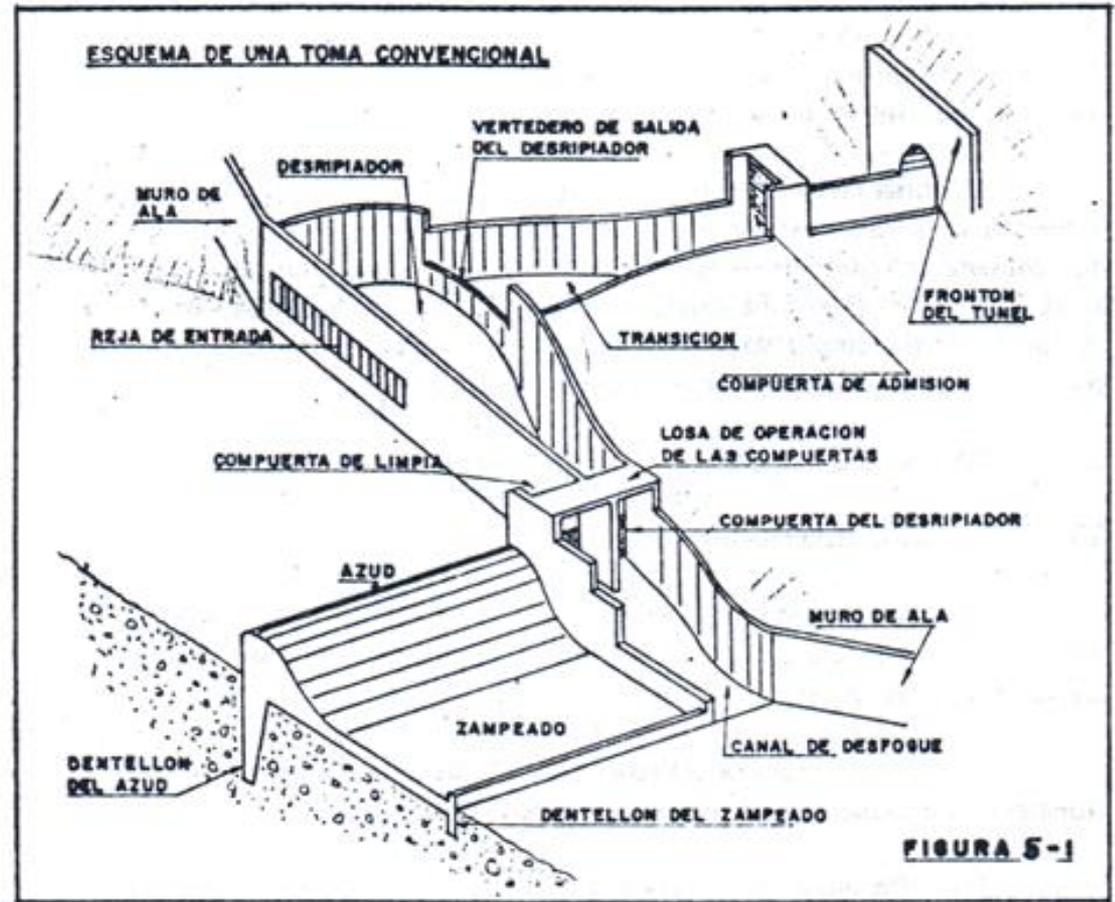
BOCATOMA DE FONDO, TOROLESA O CAUCASIANA.





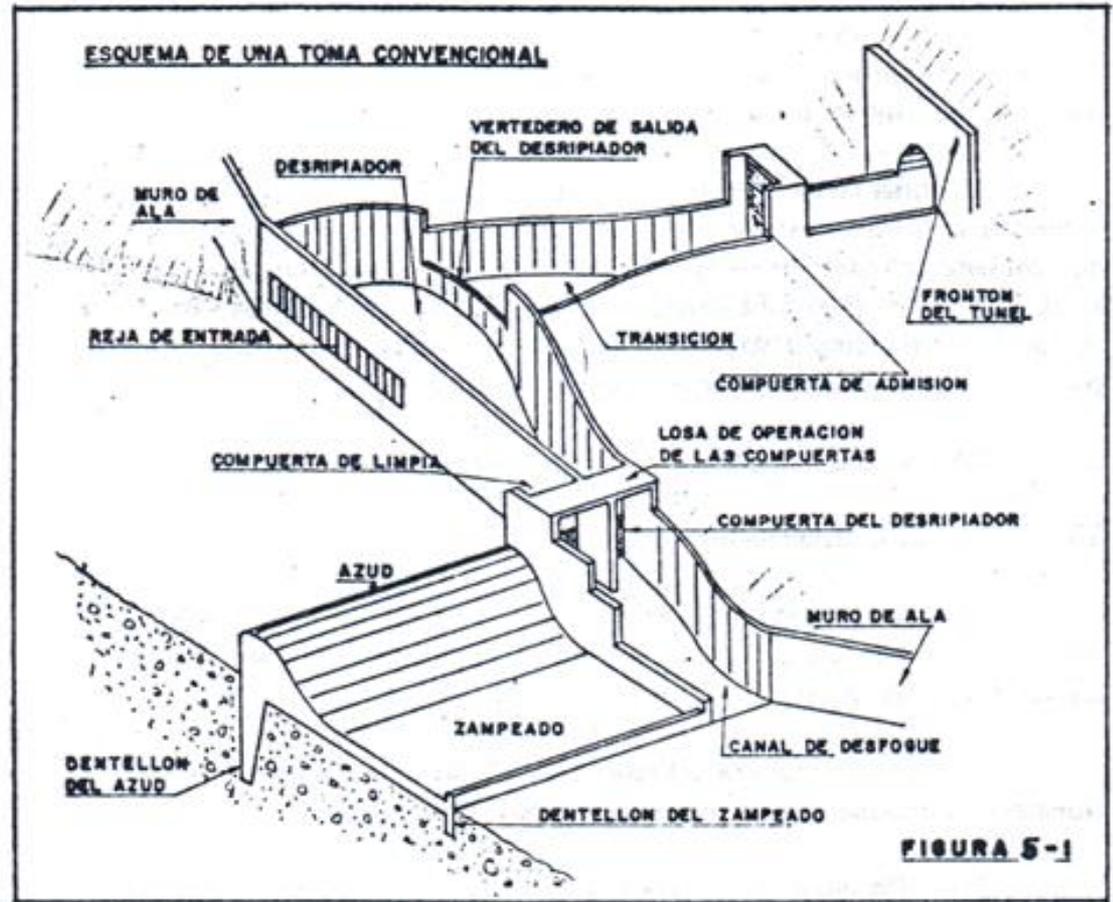
ELEMENTOS PRINCIPALES QUE CONSTITUYEN UNA OBRA DE TOMA.

1.- Un dique vertedero llamado azud que cierra el cauce del río y obliga a que toda el agua que se encuentra por debajo de la cota de su cresta entre a la conducción.



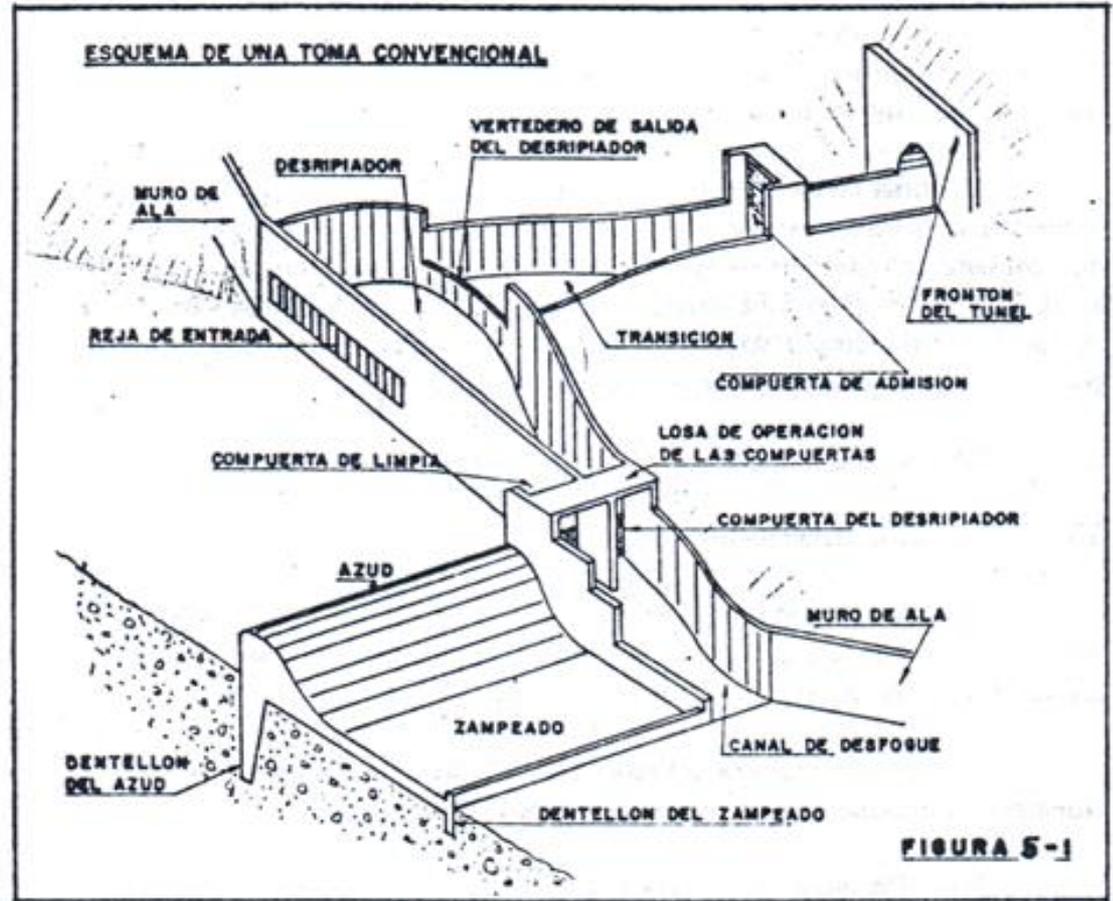
ELEMENTOS PRINCIPALES QUE CONSTITUYEN UNA OBRA DE TOMA.

2.- Una rejilla de entrada que impide que pase hacia la conducción material flotante demasiado grueso. Para esto el umbral de la rejilla se pone a cierta altura sobre el fondo del río y la separación entre barrotes no pasa de 20cm.



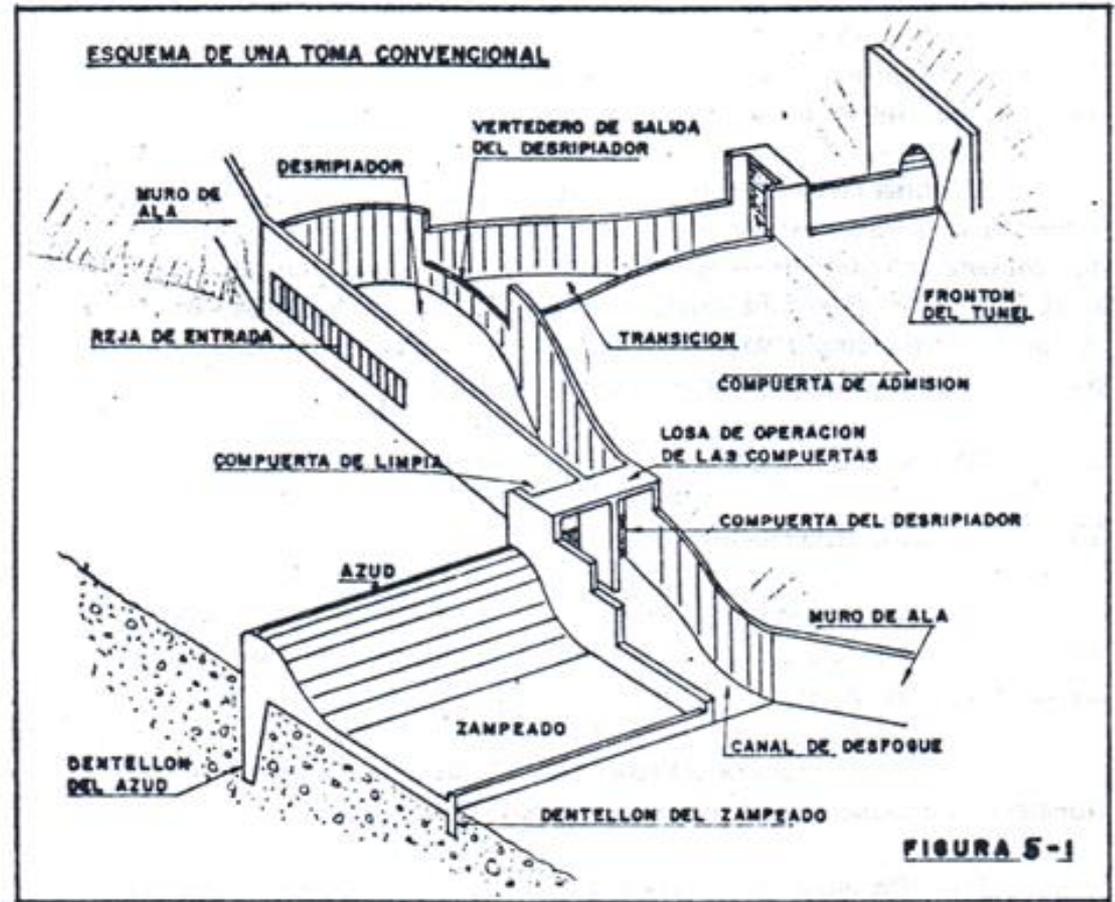
ELEMENTOS PRINCIPALES QUE CONSTITUYEN UNA OBRA DE TOMA.

3.- Una cámara llamada desrripiador que se encarga de retener el material sólido remanente que pasa por la rejilla. Este desrripiador debe tener una compuerta hacia el río a través de la cual periódicamente se lava el material acumulado en el fondo.



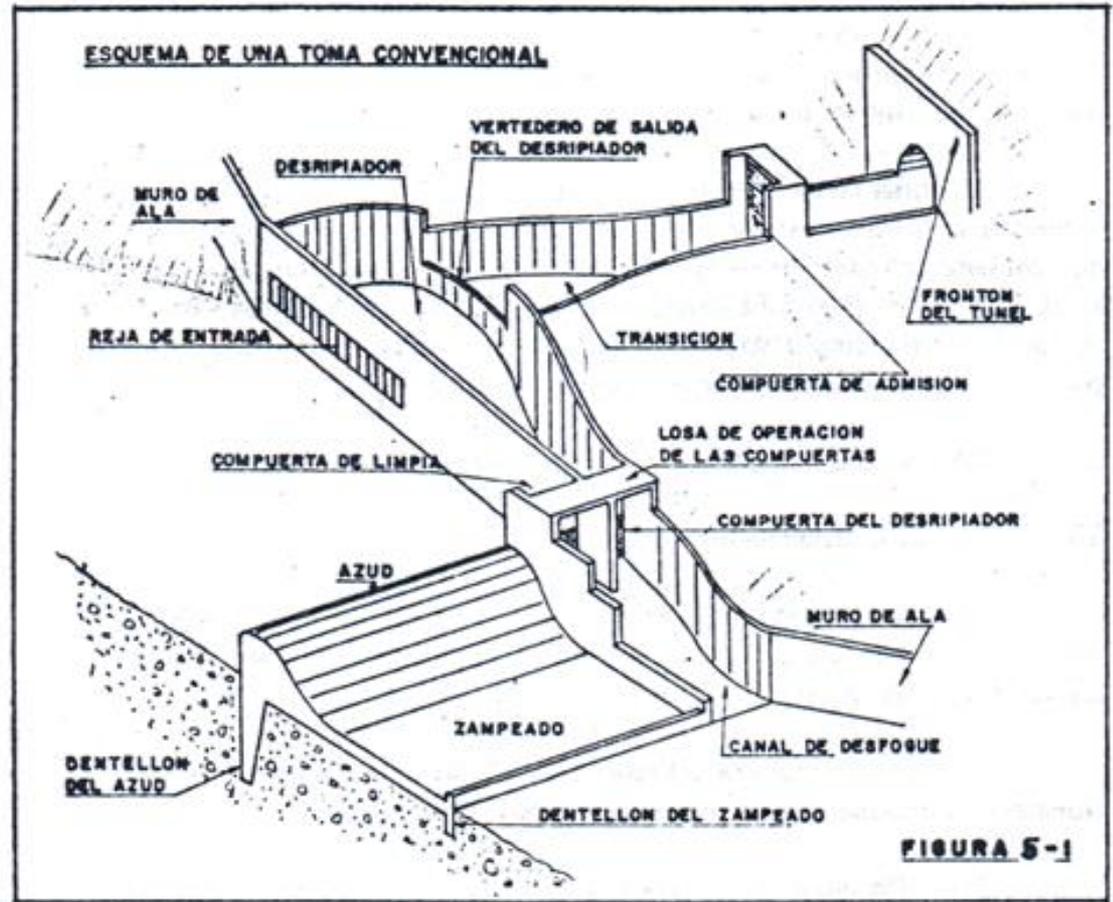
ELEMENTOS PRINCIPALES QUE CONSTITUYEN UNA OBRA DE TOMA.

4.- Una transición (alabeada) de entrada al canal. Se desea que la mayor parte del material grueso que llega al desrripiador se deposite dentro de éste y no pase al canal. Por este motivo la conexión del desrripiador se hace generalmente por medio de un vertedero cuyo ancho es bastante mayor que el canal que sigue.



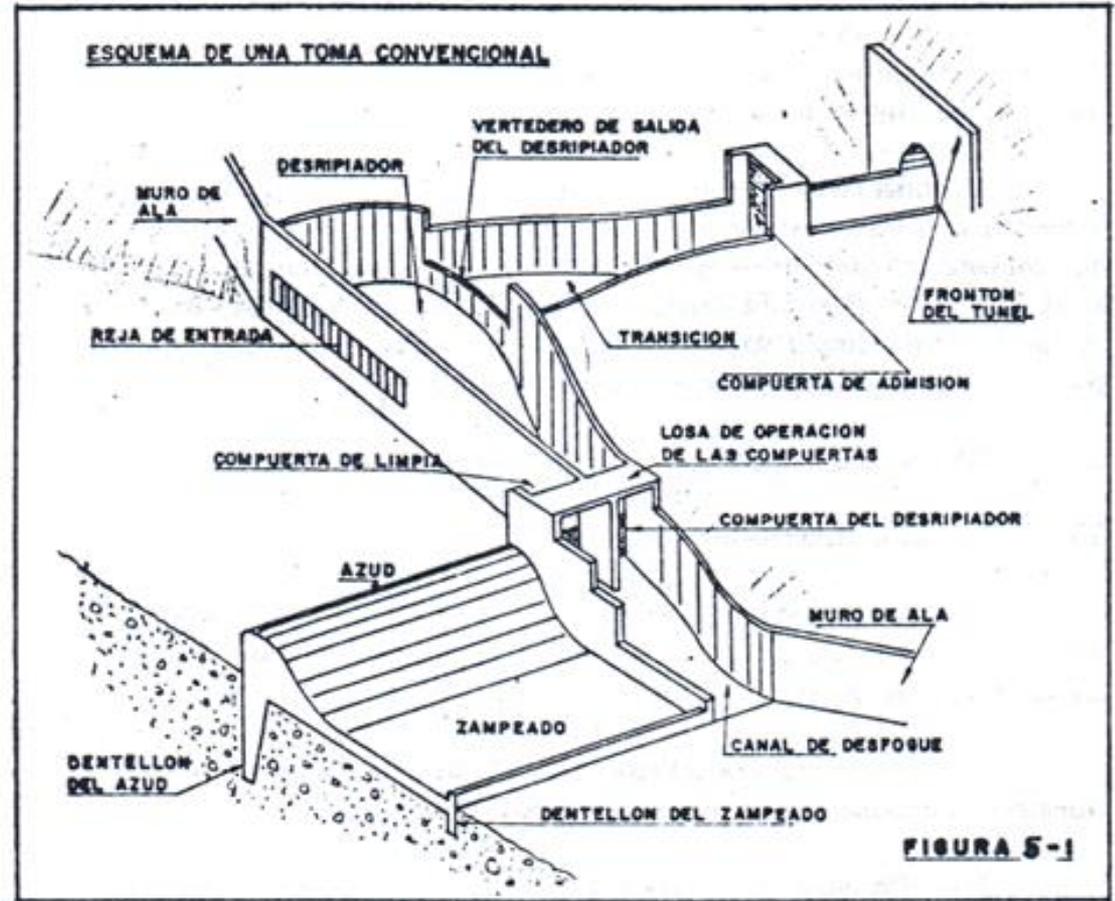
ELEMENTOS PRINCIPALES QUE CONSTITUYEN UNA OBRA DE TOMA.

5.- Un zampeado y un colchón de aguas al pie del azud. El agua que vierte por el azud en creciente, cae con gran energía que erosiona el cauce y puede socavar las obras causando su destrucción. El zampeado o colchón amortiguador sirve para disipar la energía de manera que el agua pase al cauce no revestido con velocidades lo suficientemente bajas para no producir erosiones.



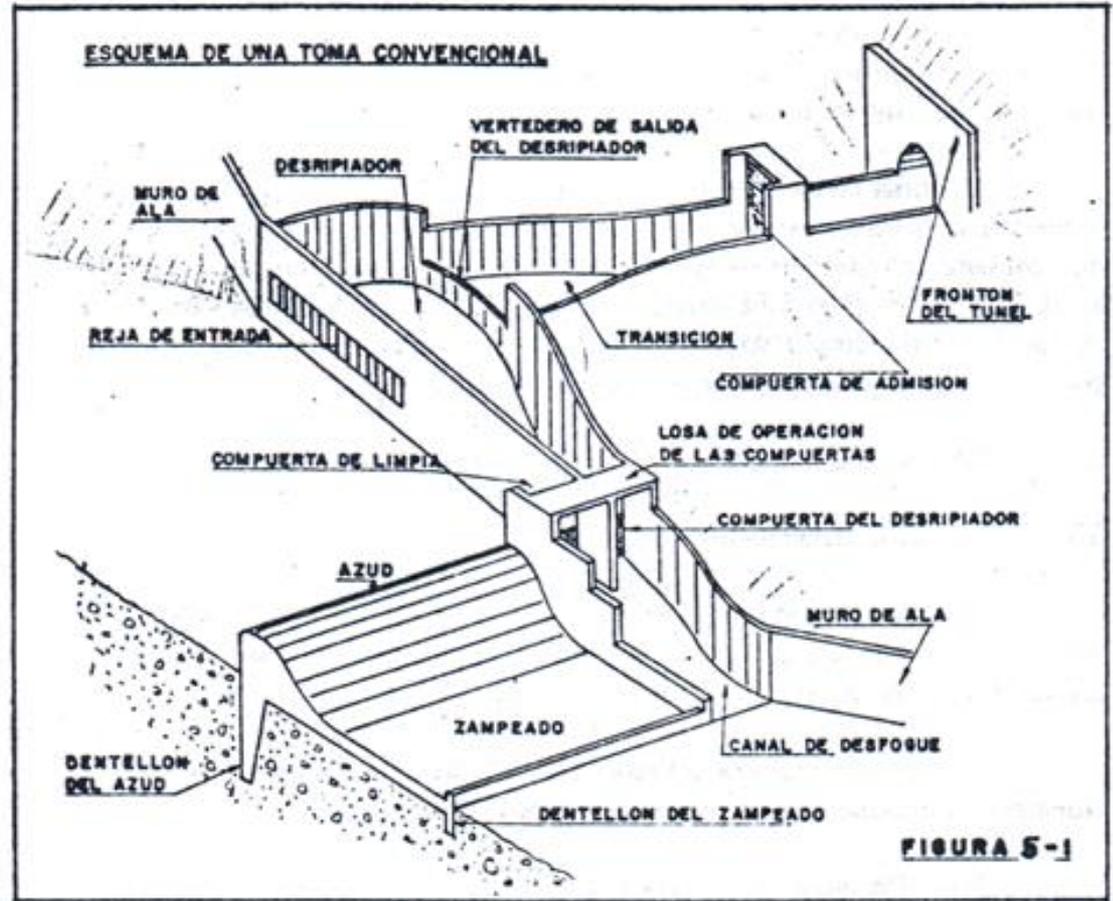
ELEMENTOS PRINCIPALES QUE CONSTITUYEN UNA OBRA DE TOMA.

6.- Una compuerta de purga que se ubica en un extremo del azud, al lado de la rejilla de entrada. La función de esta compuerta es eliminar el material grueso que se deposita en el umbral.



ELEMENTOS PRINCIPALES QUE CONSTITUYEN UNA OBRA DE TOMA.

7.- Escala de peces.- La presa representa un obstáculo al paso de los peces y es conveniente tomar medidas para rehabilitarlo. Por lo general estos pasos son pequeños escalones con aristas redondeadas que se construyen a un lado del azud.



LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

El levantamiento topográfico del río (planta y perfil longitudinal) debe comprender de 1 km aguas arriba hasta 500 m aguas abajo del eje de la captación, para conocer con mayor aproximación la pendiente geométrica del cauce. Se determinará secciones transversales cada 20 m.

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL RIO

Es importante tomar en consideración lo siguiente:

- Caudales de avenidas.**
- Taludes de las márgenes del río.**
- Coeficiente de rugosidad del cauce del río.**

CAUDALES DE DISEÑO

El caudal del río es variable en el tiempo, lo que tiene gran importancia para el diseño. Una obra debe ser proyectada en tal forma que pueda captar todo el caudal de diseño, pero no más que éste; y al mismo tiempo debe permitir el paso de las crecientes sin sufrir daños.

Por esto es fundamental determinar con la mayor precisión posible el mínimo caudal utilizable y el máximo caudal de creciente que puede producirse.

CAUDALES MÁXIMO, MEDIO Y MÍNIMO

CAUDAL MAXIMO.- Son los caudales máximos de crecida que se pueden descargar a través de las estructuras de excedencia.

CAUDAL MEDIO.- Es el caudal general del río y se utiliza para el desagüe de fondo.

CAUDAL MINIMO.- Es aquel que nos da la seguridad del caudal de captación.

CAUDALES MÁXIMO, MEDIO Y MÍNIMO

Adicionalmente hay que considerar un **“Caudal ecológico”**, que es el caudal necesario para preservar los valores ecológicos en el cauce del río. El CONELEC recomienda que el caudal ecológico sea definido como el 10% del caudal medio.

CAUDALES MÁXIMO, MEDIO Y MÍNIMO

Las obras de toma deben ser proyectadas para algún caudal que esté garantizando un cierto porcentaje de tiempo. Por ejemplo, un caudal garantizado en un 90% del tiempo significa que se le puede aprovechar este porcentaje del tiempo y solamente 37 días al año los caudales serán menores.

CAUDALES MÁXIMO, MEDIO Y MÍNIMO

Los porcentajes varían según el uso del agua y podemos citar los siguientes:

- Agua potable** **90 – 97%**
- Generación hidroeléctrica** **75 – 95%**
- Riego** **70 – 90%**

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO DE CRECIDA

La estimación de las descargas extremas es importante para **diseñar las obras de excedencia**, establecer **la altura de los muros de encauzamiento** y estimar **la máxima tasa de aporte de sólidos** que pudiera presentarse en la zona de la toma.

$$Q = C * I * A / 360$$

Q = Caudal en m³/s.

C = Coeficiente de escurrimiento.

I = Intensidad en mm/h (la precipitación con una duración igual al tiempo de concentración.

A = Área de la cuenca en has.

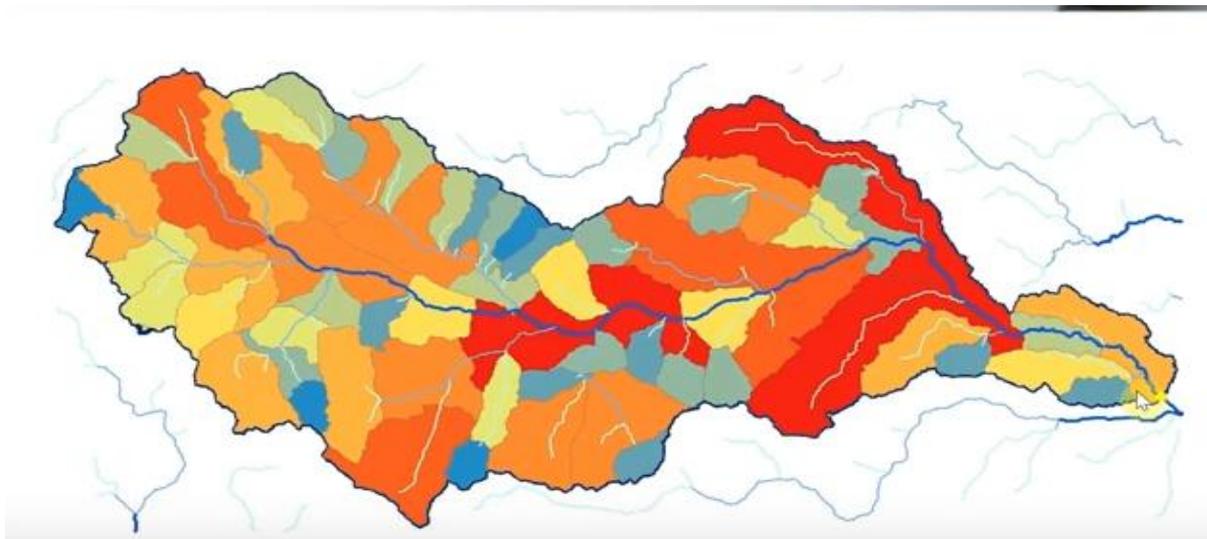
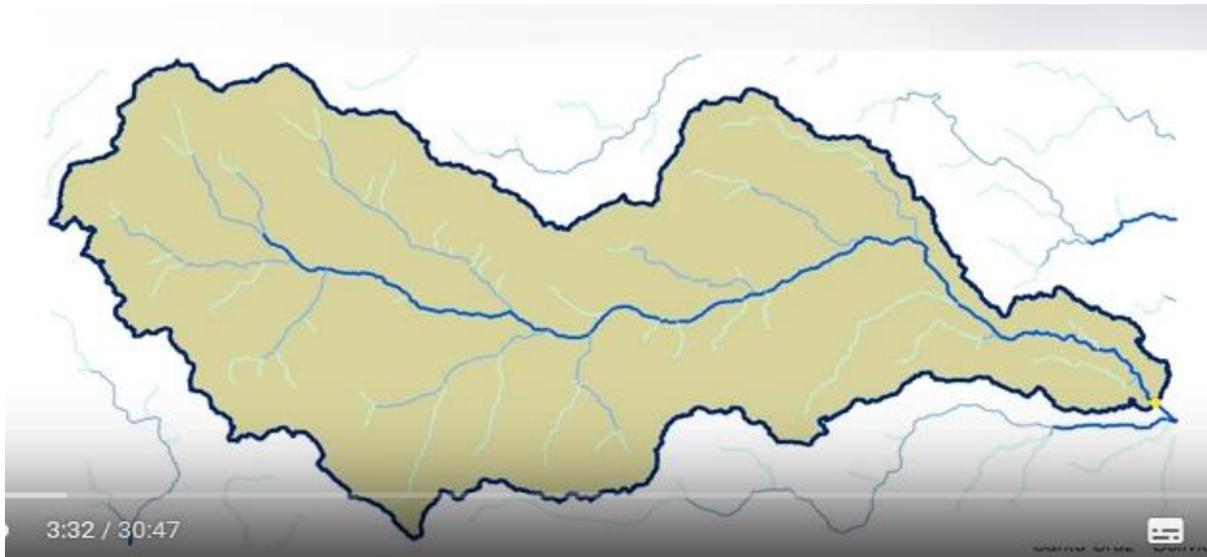
CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO DE CRECIDA

$$Q = C * I * A / 3.6$$

A = Área de la cuenca en Km².

Esta expresión sirve básicamente para cuencas hidrográficas cuya superficie no excede de 50 Km², pues es imposible que en superficies mayores se produzca una lluvia uniforme.

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO DE CRECIDA



CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO DE CRECIDA

Coeficiente de escurrimiento.- Este coeficiente establece la relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que escurre superficialmente; su valor dependerá de varios factores: permeabilidad del suelo, morfología de la cuenca, pendiente longitudinal y cobertura vegetal.

Intensidad.- La intensidad de la lluvia de diseño, corresponde a la intensidad media máxima calculada para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO DE CRECIDA

Tiempo de duración de la precipitación (t).- También llamado tiempo de concentración y es el tiempo que se demora la gota de lluvia que se encuentra en la parte más lejana de la cuenca o área a drenar hasta llegar al lugar de drenaje.

$$t = \frac{L_{\text{cuenca}}}{V_{\text{escurrimiento}}}$$

Período de Retorno (T).- Es el intervalo de tiempo en el cual se espera que una creciente de una magnitud igual o superior a un cierto valor se produzca nuevamente.

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO DE CRECIDA



El Método Racional

Limitaciones

- **Proporciona sólo un Caudal Pico**
- **Lluvia de Intensidad Constante** ✓ Duración corta de la lluvia
- **Lluvia Uniforme en la Cuenca** ✓ Cuencas pequeñas
- **Escorrentía proporcional a la precipitación**
- **Ignora efectos de almacenamiento o retención**
- **El período de retorno de la precipitación es igual al de la Escorrentía**

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO DE CRECIDA

Para cuencas mayores es usual emplear ecuaciones de la forma siguiente:

$$Q = K * A^n$$

AUTOR	EXPRESION	CARACTERISTICAS
Myers	$Q = 10000 * A^{1/2}$	Q = pies cúbicos/segundo A = millas cuadradas
Creager	$Q = 46 * C * A^n$ $n = 0.894 * A^{-0.048}$	Q = pies cúbicos/segundo A = millas cuadradas El mayor valor de C = 100 corresponde a una envolvente de las máximas crecidas.

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO DE CRECIDA

Una fórmula desarrollada por el ExINERHI en base al estudio de 42 cuencas en Ecuador es:

$$Q = 25 * A * K / (A + 57)^{1/2}$$

- $Q = \text{m}^3/\text{s}$
- $A = \text{Km}^2$.

El coeficiente de retorno K depende del tiempo de retorno en años y está dado por:

TIEMPO DE RETORNO	1000	500	100	50	25	5	1
COEFICIENTE K	1.000	0.856	0.646	0.574	0.507	0.361	0.139

FACTORES QUE DISMINUYEN EL CAUDAL DE CAPTACION

DAÑOS CAUSADOS POR LOS SÓLIDOS

- **Deposición en los canales.**
- **Erosión en los canales y tuberías.**
- **Erosión de las turbinas.**
- **Atarquinamiento de embalses.**
- **Disminución o anulación de la captación.**

TIPO DE CAPTACIÓN SEGÚN LA PENDIENTE LONGITUDINAL DEL RÍO:

Pendiente longitudinal del río	Derivación lateral		Captación frontal	Captación de fondo (rejilla)
	Con exclusión de sedimentos	Sin exclusión de sedimentos		
$I_o > 10\%$ Pendiente muy fuerte (Tramo torrencial)	Favorable. Siempre y cuando se garantice mantenimiento poco frecuente.	No recomendable. Se requiere mantenimiento permanente.	No recomendable. Flujo de aproximación con mucha turbulencia. Se requiere mantenimiento permanente.	Muy favorable. Típico caso de aplicación del tipo tirolés. No requiere mantenimiento.
$10\% > I_o > 1\%$ Pendiente fuerte (Tramo de pie de montaña)	Recomendable para cualquier tipo de captación. Sin restricción sobre el tipo fijo o móvil de cierre del río.			
$1\% > I_o > 0,01\%$ Pendiente baja (Tramo medio)	Recomendable para estos dos tipos de captación. Sin restricción sobre el tipo de cierre del río.			No es recomendable. Existe el ingreso del 100% del material sólido de tamaño medio y fino. Se requiere mantenimiento permanente.
$0,01\% > I_o > 0,001$ Pendiente baja (Tramo inferior)	Favorable. Es practicable aún sin cierre del río o embalsamiento	No recomendable. No existe diferencia de nivel para la limpieza del material sólido. El cierre del río por medio de diques altos hace la solución muy costosa.		
$I_o < 0,001\%$ Pendiente muy baja (Tramo de delta)	No recomendable cualquier tipo de captación. Se presentan como alternativas la captaciones por medio de estaciones de bombeo, tanto para la derivación del caudal líquido como para las operaciones de exclusión, expulsión y limpieza del sedimento.			