

UNIDAD 1

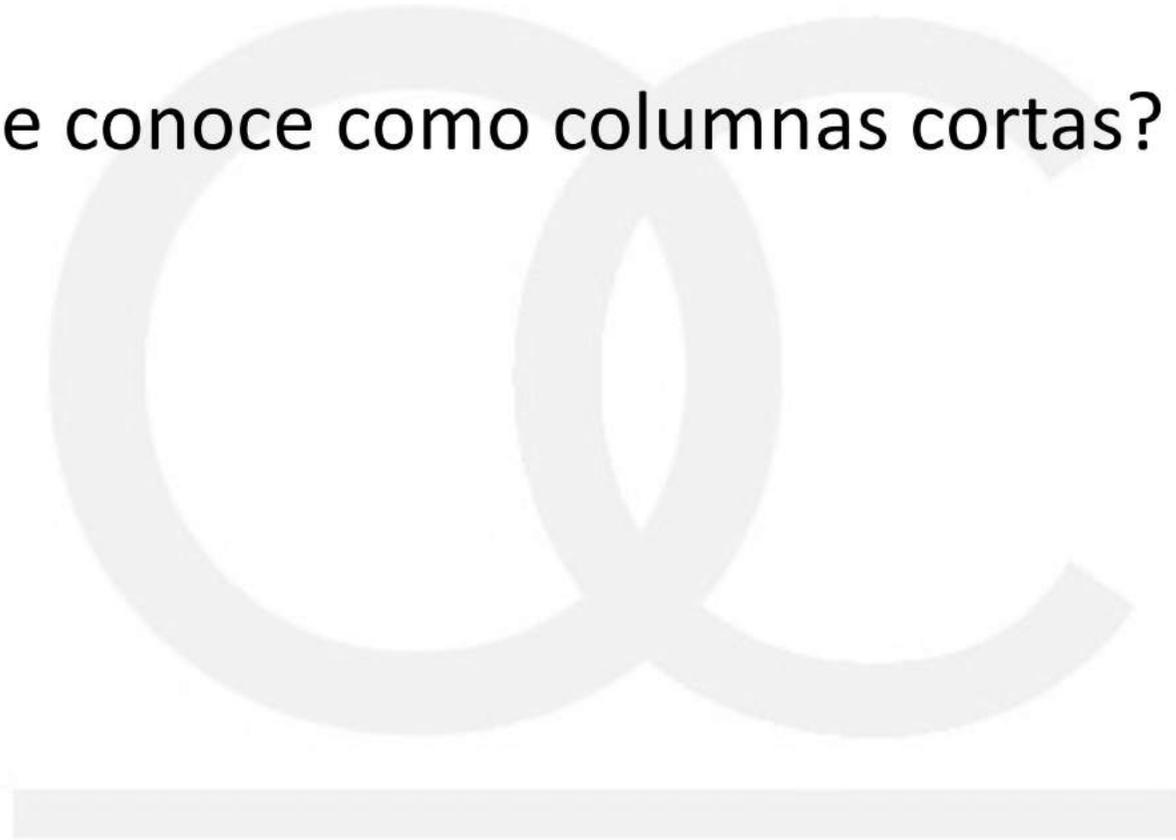
Columnas de Concreto Reforzado

Las columnas de concreto tienen como tarea fundamental transmitir las cargas de las losas y vigas hacia los cimientos. La principal carga que reciben es la de compresión. Sin embargo, al considerar el comportamiento de toda la estructura, la columna puede soportar esfuerzos flexionantes y de corte. Por este motivo, las columnas de concreto deberán contar con un refuerzo de acero adecuado tanto en la dirección longitudinal y transversal.

Las columnas de concreto pueden clasificarse en tres categorías:

1. Pedestales o bloques cortos a compresión. Si la altura de un miembro vertical a compresión es menor que tres veces su dimensión lateral más pequeña, puede considerarse como un pedestal. El ACI (2.2 y 10.14) establece que un pedestal puede diseñarse con concreto simple o sin refuerzo, con un esfuerzo máximo de diseño a compresión igual a $0.85\phi f'c$, donde ϕ es 0.65. Si la carga total aplicada al miembro es mayor que $0.85\phi f'c A_g$ será necesario ya sea incrementar el área de la sección transversal del pedestal o bien diseñarlo como una columna de concreto reforzado.

A que se conoce como columnas cortas?



2. Columnas cortas de concreto reforzado. Si una columna de concreto reforzado falla debido a la falla inicial del material, se clasifica como columna corta. La carga que puede soportar está regida por las dimensiones de su sección transversal y por la resistencia de los materiales de que está construida. Consideramos que una columna corta es un miembro más bien robusto con poca flexibilidad.

3. Columnas largas o esbeltas de concreto reforzado. A medida que las columnas se hacen más esbeltas, las deformaciones por pandeo también aumentarán, así como los momentos secundarios resultantes. Si estos momentos son de tal magnitud que reducen significativamente la capacidad de carga axial de la columna, ésta se denomina **larga o esbelta**.

Cuando una columna está sometida a **momentos primarios**, el eje del miembro sufre una deflexión lateral, dando por resultado momentos adicionales iguales a la carga de la columna multiplicada por la deflexión lateral. Estos momentos se llaman **momentos secundarios** o **momentos $P-\Delta$** . Una columna que tiene momentos secundarios grandes se llama columna esbelta y es necesario dimensionar su sección transversal para la suma de los momentos primarios y secundarios.



Docente: Ing. Oscar Cevallos V, PhD.

Los efectos de esbeltez pueden despreciarse en aproximadamente 40% de todas las columnas no arriostradas y en aproximadamente 90% de aquellas arriostradas contra el desplazamiento lateral. Sin embargo, estos porcentajes probablemente disminuyen año tras año, debido al uso creciente de columnas más esbeltas diseñadas con el método de resistencia, usando materiales más resistentes y con una mejor noción del comportamiento por pandeo de las columnas.

Compresión pura en especímenes de concreto reforzado

Desde el año de 1900, vienen siendo realizados ensayos en elementos de concreto armado sometidos a compresión. A lo largo de estos años, se ha llegado a la conclusión que es imposible establecer exactamente cómo se distribuye la compresión entre acero y concreto bajo condiciones de servicio. Los esfuerzos calculados a través de la teoría elástica no corresponden a los verificados experimentalmente, aun siendo las cargas aplicadas lo suficientemente pequeñas para que tanto el acero como el concreto se comporten dentro del rango elástico.

Se ha comprobado que los efectos de *creep*, la contracción y la historia de carga del elemento juegan un papel muy importante en la distribución de los esfuerzos.

Las columnas de concreto reforzado se denominan columnas con *estribos* o *zunchadas* (con *espirales*), dependiendo del método usado para apuntalar lateralmente o sujetar en su lugar a las varillas. Si la columna tiene una serie de estribos cerrados se denomina *columna con estribos*. Tales estribos son muy efectivos para aumentar la resistencia de la columna. Impiden que las varillas longitudinales se desplacen durante la construcción y resisten la tendencia de las mismas varillas a pandearse hacia afuera bajo la carga, lo que causaría que el recubrimiento exterior de concreto se quiebre o se desconche.

Las columnas cuadradas y rectangulares son las más comúnmente usadas por la simplicidad de su construcción. Por otro lado, los encofrados para las columnas redondas suelen hacerse con tubos de cartón o de plástico que se desprenden y desechan una vez que el concreto ha fraguado.

- Que columnas se comportan mejor ante un sismo???

Si una espiral continua helicoidal hecha con varillas o alambrcn grueso se enrolla alrededor de las varillas longitudinales, la columna se denomina *columna zunchada o con espiral*. Las espirales son m1s efectivas que los estribos para incrementar la resistencia de una columna. Conforme el concreto dentro de la espiral tiende a expandirse lateralmente bajo la carga de compresi3n, en la espiral empieza a desarrollarse un esfuerzo de tensi3n y la columna no fallar1 hasta que la espiral ceda o se rompa, permitiendo el resquebrajamiento del concreto interior. Para estas columnas, la disposici3n de las varillas sigue siendo circular. Las espirales, si bien acrecientan la resistencia de las columnas debido al aumento en la elasticidad, aumentan apreciablemente los costos. Como consecuencia, generalmente se usan s3lo en columnas grandes con exceso de carga y en columnas en zonas s3smicas debido a su resistencia considerable a las cargas s3smicas.

Las espirales aumentan muy eficazmente la ductilidad y tenacidad de las columnas, pero son bastante m1s caras que las columnas con estribos.

Resistencia Nominal en columnas de concreto

Teóricamente, la resistencia nominal de un elemento de concreto armado sometido a compresión pura es:

$$P_n = A_{st} f_y + (A_g - A_{st}) f'_c$$

donde:

A_{st}: Área de refuerzo longitudinal

A_g: Área de la sección bruta de la columna

Sin embargo, se ha determinado que la resistencia de rotura del concreto en compresión en estos miembros es igual al 85% de la resistencia máxima obtenida en la prueba del cilindro. Por lo tanto, la resistencia nominal es:

$$P_n = A_{st} f_y + 0.85(A_g - A_{st}) f'_c$$

Carga Axial Última

$$\phi \times P_n = P_u$$

$$P_u = \phi [(0.85 \times f'_c \times A_g) + A_{st} \times f_y]$$

$$P_{u,max} = 0.85 \times \phi [(0.85 \times f'_c \times (A_g - A_s)) + A_{st} \times f_y] \rightarrow \text{con espirales}$$

$$P_{u,max} = 0.80 \times \phi [(0.85 \times f'_c \times (A_g - A_s)) + A_{st} \times f_y] \rightarrow \text{con estribos}$$

$$\phi = 0.75 \rightarrow \text{con espirales}$$

$$\phi = 0.65 \rightarrow \text{con estribos}$$

REVISIÓN DE NORMATIVAS

Desde esta diapositiva en adelante, se indican los temas del trabajo autónomo del primer parcial (T1P1)

Definiciones y conceptos de términos de la NEC:

- Hormigón liviano,
- Módulo de elasticidad,
- Método de diseño por capacidad,
- Nivel de seguridad de vida (sismo de diseño),
- Nivel de prevención de colapso (sismo extremo),
- Cortante basal de diseño,
- Cortante de Piso,
- Deriva de piso,
- Ductilidad Global,
- Periodo de vibración,
- Capacidad de Disipación de energía,
- Conexión dúctil,
- Conexión fuerte,
- Sismo de diseño,
- Piso blando,
- Piso débil,
- Rótula plástica,
- Efectos secundarios P-D,
- Región confinada.
- Ductilidad global
- Ductilidad local
- Histéresis
- Estructura disipativa
- Estructuras esenciales
- Método de diseño por capacidad

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Método de diseño sísmico (NEC)
- Especificación de resistencia a la compresión cuando se dispone de datos históricos de producción (NEC)
- Especificación de resistencia a la compresión cuando no se dispone de datos estadísticos (NEC)
- Resistencia a la fluencia (NEC)
- Cálculo del módulo de elasticidad (NEC y ACI)
- Factores de reducción de resistencia (NEC)
- Combinaciones de carga (NEC y ACI)
- Recubrimientos mínimos en elementos de concreto reforzado establecidos para una construcción normal de concreto armado fundido in-situ – (NEC)
- ¿Qué pasa con el recubrimiento de un elemento de concreto sometido a ambientes corrosivos? (ACI)
- Propiedades mecánicas principales del acero de refuerzo. (NEC)
- Colocación del acero de refuerzo. (NEC)
- Hipótesis de diseño de elementos sometidos a flexión, cargas axiales y combinación de ambas. (NEC)
- Factores de reducción de resistencia (NEC)
- Elementos sometidos a flexión y carga axial pertenecientes a pórticos especiales resistentes a momento (ACI)
- Estribos para confinamiento en vigas, requisitos generales, ubicación de los estribos por confinamiento. Esquema de una viga con sus estribos en función de los requisitos y ubicación (NEC)

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Requisitos para elementos en flexo-compresión (NEC)
- Refuerzo transversal en columnas (NEC literales a, b, c, d)
- Control de deflexiones (ACI literal 9.5 – solo las tablas 9.5a y 9.5b)
- Diseño de resistencia al cortante (NEC)
- Resistencia al cortante proporcionada por el hormigón en elementos no preesforzados y por el refuerzo de cortante – (NEC)
- Elementos de pórtico (Resistencia a cortante de elementos en flexión) – (NEC)
- Refuerzo transversal - (NEC 5.2.3)
- Inercias agrietadas. (NEC)
- Diámetro mínimo del refuerzo transversal en forma de zuncho o espiral en columnas y espaciamiento vertical máximo y mínimo entre zuncho y zuncho. (ACI)
- Cuantía de refuerzo longitudinal mínima y máxima en columnas. (NEC)
- Requisitos de la separación máxima permitida y separación mínima permitida entre varillas **longitudinales** en columnas. (NEC y ACI)
- Diámetro mínimo del refuerzo transversal en forma de zuncho o espiral en columnas y espaciamiento vertical máximo y mínimo entre zuncho y zuncho. (ACI)

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Completar la siguiente TABLA:

Tabla de comparación y equivalencia entre los diámetros de las barras de la nomenclatura del sistema ingles vs. las barras en la nomenclatura del Ecuador.

Nota: la nomenclatura de las barras del sistema ingles no es la nomenclatura del ACI.

Varillas corrugadas (Nomenclatura Sistema Ingles)			Varillas corrugadas (Nomenclatura Ecuador)		
Denominación de la barra	Diámetro en pulgadas	Diámetro equivalente en milímetros	Denominación de la barra	Diámetro en milímetros	Diámetro equivalente en pulgadas
No. #					
No. #					

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Longitudes de Desarrollo a Tracción (ACI)

En una tabla, calcular según el ACI las longitudes de desarrollo de varillas corrugadas sometidas a tracción, para el caso de un elemento de hormigón reforzado de resistencia: GRUPO 1: $f'c = 21$ MPa, GRUPO 2: $f'c = 24$ MPa, GRUPO 3: $f'c = 26$ MPa, GRUPO 4: $f'c = 28$ MPa, y varillas corrugadas de acero de $f_y = 420$ MPa con los diámetros de varillas que se comercializan en Ecuador. (Se debe realizar un cálculo típico, luego se debe colocar una tabla de resultados de todas las longitudes de desarrollo). A continuación se presenta **un ejemplo** de tabla que debe ser **completado** por los estudiantes.

Diámetro "db"	$f'c$	f_y	Para el acero inferior		Para el acero superior con un espesor de Ho por debajo mayor a 30 cm	
			longitud de desarrollo l_{dt} (en función del diámetro)	longitud de desarrollo l_{dt} (cm)	longitud de desarrollo l_{dt} (en función del diámetro)	longitud de desarrollo l_{dt} (cm)
...	ejemplo (25.0387 db)	ejemplo (50 cm)		

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Longitudes de Desarrollo a Compresión (ACI)

En una tabla, calcular según el ACI las longitudes de desarrollo de varillas corrugadas sometidas a compresión, para el caso de un elemento de hormigón reforzado de resistencia: GRUPO 1: $f'c = 21$ MPa, GRUPO 2: $f'c = 24$ MPa, GRUPO 3: $f'c = 26$ MPa, GRUPO 4: $f'c = 28$ MPa, y varillas corrugadas de acero de $f_y = 420$ MPa con los diámetros de varillas que se comercializan en Ecuador. (Se debe realizar un cálculo típico, luego se debe colocar una tabla de resultados de todas las longitudes de desarrollo). A continuación se presenta **un ejemplo** de tabla que debe ser **completado** por los estudiantes.

Diámetro "db"	$f'c$	f_y	longitud de desarrollo l_{dc} (en función del diámetro)	longitud de desarrollo l_{dc} (cm)
...	ejemplo (25.0387 db)	ejemplo (50 cm)

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Empalmes de varillas (NEC - ACI)

El estudiante deberá investigar las ubicaciones de los empalmes por traslapo de varillas en vigas y columnas, que cumplan con las especificaciones de la NEC. Copiar la información consultada de la NEC y sus referencias. Es necesario incluir en la consulta un detalle estructural elaborado por el estudiante de una columna y de una viga y ubicar las zonas de los empalmes por traslapo.

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Empalmes de varillas (NEC - ACI)

En una tabla, calcular según el ACI las longitudes mínimas de empalmes por traslape de varillas corrugadas sometidas a tracción para el caso de un elemento de hormigón reforzado de resistencia: GRUPO 1: $f'c = 21$ MPa, GRUPO 2: $f'c = 24$ MPa, GRUPO 3: $f'c = 26$ MPa, GRUPO 4: $f'c = 28$ MPa, y varillas corrugadas de acero de $f_y = 420$ MPa con los diámetros de varillas que se comercializan en Ecuador, cuando se tiene un acero proporcionado en una cantidad muy similar a la requerida (Se debe realizar un cálculo típico, luego se debe colocar una tabla de resultados de todas las longitudes de desarrollo).

- A continuación se presenta **un ejemplo** de tabla que debe ser **completado** por los estudiantes:

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Empalmes de varillas (NEC - ACI)

A continuación **un ejemplo** de tabla que debe ser **completado** por los estudiantes, para el cálculo de *let* :

Diámetro "db"	f`c	fy	Para el acero inferior		Para el acero superior con un espesor de Ho por debajo mayor a 30 cm	
			longitud de empalme por traslapo <i>let</i> (en función del diámetro)	longitud de empalme por traslapo <i>let</i> (cm)	longitud de empalme por traslapo <i>let</i> (en función del diámetro)	longitud de empalme por traslapo <i>let</i> (cm)
...	ejemplo (25.3762 db)	Ejemplo (51 cm)		

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Empalmes de varillas (NEC - ACI)

En una tabla, calcular según el ACI las longitudes mínimas de empalmes por traslape de varillas corrugadas sometidas a compresión para el caso de un elemento de hormigón reforzado de resistencia $f'c = 21$ MPa y varillas corrugadas de acero de $f_y = 420$ MPa con los diámetros que se comercializan en Ecuador (Se debe realizar un cálculo típico, luego se debe colocar una tabla de resultados de todas las longitudes de desarrollo).

- A continuación se presenta **un ejemplo** de tabla que debe ser **completado** por los estudiantes:

Diámetro "db"	$f'c$	f_y	longitud de empalme por traslape l_{ec} (cm)
...	ejemplo (65 cm)

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Empalmes de varillas (ACI)

Calcular la longitud de empalmes por traslapeo del acero transversal en espiral de columnas zunchadas para varillas que no se han recubierto y de diámetros que se comercializan en Ecuador.

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Calcular según el ACI 318-14 el factor β_1 “factor que relaciona la profundidad de bloque rectangular equivalente con la profundidad del eje neutro” para hormigones con las siguientes resistencias a compresión:

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 260 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 270 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
$f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 310 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 330 \text{ kg/cm}^2$
$f_c = 360 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 370 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 380 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 390 \text{ kg/cm}^2$
$f_c = 430 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 440 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 450 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 460 \text{ kg/cm}^2$
$f_c = 500 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 510 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 520 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 530 \text{ kg/cm}^2$
$f_c = 560 \text{ kg/cm}^2$			

- Nota 1: Según las recomendaciones del INEN, considere $1 \text{ MPa} = 10 \text{ kg/cm}^2$
- Nota 2: Los cálculos deben ser realizados con todos los decimales, y las respuestas deben ser escritas en la tarea redondeando a cuatro decimales, cuando existan más de cuatro decimales (ejemplo: cálculo $\beta_1 = 0.78657393$, respuesta $\beta_1 = 0.7866$).

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Dibuje una sección de una columna de concreto de 50 x 50 cm, reforzada con 20 varillas longitudinales de diámetro 16 mm en seis lechos y con estribos cerrados de 10 mm de diámetro en 4 ramales por cada lado. La columna se construirá con acero normal en las condiciones ambientales de la ciudad de Riobamba; será construida con agregado grueso de un tamaño nominal máximo de 3/4 pulg.

Según los requisitos de la NEC y del ACI:

- A) dibuje la sección de la columna, considerando el recubrimiento mínimo que permiten las normativas.
- B) calcule la separación colocada entre varillas longitudinales en sentido XX y YY
- C) indique si esta sección propuesta cumple o no con los requisitos de separaciones máximas y mínimas entre varillas longitudinales (incluya estos cálculos y valores).
- D) indique si esta sección cumple o no con las cantidades mínimas o máximas de acero de refuerzo longitudinal.

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Determinar la armadura longitudinal requerida para que una columna de hormigón armado de: Grupo 1: 30 cm x 30 cm, Grupo 2: 35 cm x 35 cm, Grupo 3: 40 cm x 40 cm, Grupo 4: 45 cm x 45 cm, pueda resistir una carga axial pura de rotura de: Grupo 1: 130 T, Grupo 2: 180 T, Grupo 3: 230 T, Grupo 4: 280 T, si el hormigón tiene una resistencia $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ y el acero un esfuerzo de fluencia $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Como resultado indicar el: A_s (cm^2), número de varillas y diámetro, porcentaje de A_s colocado, esquema de la sección transversal de la columna, a escala, con el refuerzo de acero.

Nota: el armado de la columna debe cumplir con las especificaciones revisadas en este trabajo.

REVISIÓN DE NORMATIVAS

- Continúa el último tema del trabajo (ver documento adjunto en la Pauta y Rubrica del trabajo T1P1)

“TEMA FINAL DEL TRABAJO (Estudio de casos y aplicación)”