



DIRECCIÓN GENERAL DE REGLAMENTO Y SISTEMA

**DISEÑO A FLEXOCOMPRESION
DE MUROS DE HORMIGON ARMADO**

SECCIONES RECTANGULARES, L y C.

PUBLIO SILFA

SERIE DE PUBLICACIONES TECNICAS PT-2

DICIEMBRE 1986

M-018

SECRETARIA DE ESTADO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES



**REPÚBLICA DOMINICANA SECRETARÍA DE ESTADO DE OBRAS PÚBLICAS Y
COMUNICACIONES**

PRESENTACIÓN

La Dirección General de Reglamentos y Sistemas, identificada con su misión de incentivar a la investigación y por tanto de elevar el nivel técnico de nuestros profesionales de la Ingeniería, les ofrece esta publicación técnica, PT-2, **sobre Diseño a Flexocompresión de Muros de Hormigón Armado en Secciones Rectangulares, L y C.**

Este trabajo de investigación, realizado por el Ing. Publio Silfa, Asesor de esta DGRS, surge ante la necesidad de proporcionar al Ingeniero calculista, herramientas actualizadas para la aplicación del diseño a su Resistencia Última de elementos sujetos a flexocompresión, cuya bibliografía existente es quizás poco conocida.

Esperemos que esta publicación técnica resulte de interés para todos los profesionales del área y les sirva de estímulo para realizar trabajos de investigación que contribuyan al desarrollo tecnológico de nuestro país, los cuales recibiremos con agrado para su correspondiente publicación, a través de esta Dirección General de Reglamentos y Sistemas.

Atentamente,

DIRECCIÓN GENERAL DE REGLAMENTOS Y SISTEMAS

Diciembre/1986.-

INDICE

	PÁG.
INTRODUCCIÓN.....	4
1 DISEÑO DE MIEMBROS A SU RESISTENCIA ÚLTIMA	
1.1 Generalidades.....	7
1.2 Hipótesis para Diseño por flexocompresión.....	7
1.3 Diagramas de Interacción.....	8
1.4 Consideraciones para el Cálculo de los Diagramas.....	9
1.5 Programa de Computadora.....	10
2. DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN PARA CARGA AXIAL Y FLEXIÓN DE SECCIONES L Y C	
2.1 Consideraciones.....	10
2.2 Cálculo de los Puntos de los Diagramas.....	10
3. DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN DE SECCIONES RECTANGULARES CON ACERO EXTREMO CONCENTRADO Y ACERO MÍNIMO DISTRIBUIDO.....	11
4. DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN.....	12
4.1 Secciones Rectangulares.....	16
4.2 Secciones L.....	23
4.3 Secciones C.....	34
5. APÉNDICE.....	45
5.1 Deducción de Ecuaciones.....	46
5.2 Ejemplos.....	70

INTRODUCCIÓN

Al ser adoptado el criterio de diseño a su resistencia última de elementos sujetos a flexocompresión, surge la necesidad de proporcionar al calculista herramientas que faciliten su aplicación y, al mismo tiempo, que sean congruentes con dicho criterio.

Para dar respuestas a esta necesidad, se han elaborado estas Recomendaciones para Diseño de Muros de Hormigón Armado, donde se incluyen gráficas para el dimensionamiento de muros de secciones rectangulares, L y C, sujetas a flexocompresión; para esto, se recurrió a la elaboración de diagramas de interacción carga axial-momento flexionante, ya que son de fácil aplicación y proporcionan una idea completa del comportamiento de la sección bajo la carga.

Para la obtención de estos diagramas se plantean las ecuaciones de equilibrio interno de la sección, las cuales no pueden resolverse para un caso general, pero sí obtenerse un número indefinido de soluciones para casos particulares, a través de los cuales se determina la forma del diagrama con la precisión deseada.

Fue necesario acudir a la formulación de programas de computadoras para desarrollar los diagramas de interacción, ya que el procedimiento para su obtención requería de un volumen extraordinario de trabajo. Estos diagramas de interacción se presentan en el apéndice del trabajo; además, se introducen varios ejemplos para su aplicación.

En los diagramas de interacción se incluye la zona de flexotensión, por considerarse que además de tener aplicación en algunos casos particulares, da una idea más completa del comportamiento de la sección.

SIMBOLOGÍA

t	=	Espesor
h	=	Altura total
βh	=	Long. Del patín superior en secc. L y C.
γh	=	Long. Del patín inferior en secc. L y C.
ξ	=	t/h
ϵ_{cu}	=	Deformación última del hormigón.
ϵ_{su}	=	Deformación última del acero.
ϵ_y	=	Deformación de fluencia.
$f'c$	=	Resistencia del hormigón en compresión.
f_y	=	Esfuerzo de fluencia del acero.
P_u	=	Carga axial factorizada
M_u	=	Momento factorizado
c_p	=	Centroide plástico.
$\beta_1 c$	=	Profundidad del bloque equivalente de compresión
M_{cp}	=	Momento en el centroide plástico.
CC	=	Resultante de compresión en el hormigón
μ	=	ϵ_{cu}/ϵ_y
ω	=	c/h
$Cc\beta$	=	Resultante parcial del hormigón de la zona βh
$Cc\gamma$	=	Resultante parcial del hormigón en la zona γh
CCL	=	Resultante parcial del hormigón en el alma de la sección.

$Q = \rho f_y / f'_c$

$\rho =$ Porcentaje de refuerzo

$E =$ Modulo de elasticidad

$A_{s\beta} =$ Área de acero en βh

$C_{ts} =$ Profundidad del eje neutro para que fluya el acero en tensión.

$A_{s\gamma} =$ Área de acero en γh

$PL =$ Resultante de fuerzas en el acero laminar

$M1 =$ Resultante de momentos en el acero laminar

$C_{sc} =$ Profundidad del eje neutro en que fluye a compresión el acero superior concentrado.

$C_{st} =$ Profundidad del eje neutro en que fluye a tensión el acero superior concentrado.

$C_{rc} =$ Profundidad del eje neutro en que fluye a compresión el acero inferior concentrado.

$C_{rt} =$ Profundidad del eje neutro en que fluye a tensión el acero inferior concentrado.

1 DISEÑO DE MIEMBROS A SU RESISTENCIA ÚLTIMA

1.1 Generalidades

En los últimos años, los criterios de diseño a la resistencia última se han ido afirmando en los reglamentos oficiales y en la práctica del cálculo estructural. La ventaja de estos métodos es que permiten predecir la resistencia de un miembro, o una sección, a la falla, y usar un factor de seguridad apropiado para la posibilidad de que esta falla ocurra.

Los pasos básicos que deben seguirse en el diseño a la resistencia última son:

- a) Cálculo de las cargas de trabajo
- b) Obtención de los elementos mecánicos de diseño
- c) Dimensionamiento de las secciones
- d) Revisión bajo condiciones de servicios

1.2 Hipótesis para Diseño por Flexocompresión.

Para establecer un método general de diseño para piezas sujetas a cualquier combinación de carga axial y momento flexionante, se plantean las hipótesis siguientes:

1.2.1 Las Secciones Transversales Planas antes de la Deformación, Permanecen Planas después que esta ocurre.

Esta hipótesis permite conocer la deformación de las fibras a cualquier altura de la sección si se fijan dos puntos de formación conocida.

1.2.2 El Concreto no Resiste Tensiones.

En realidad el concreto tiene cierta resistencia a la tensión, pero para fines prácticos no influye en la capacidad de secciones con cantidades normales de refuerzo.

1.2.3 Las Características Esfuerzo-Deformación del Acero son Conocidas.

En este trabajo se supone un comportamiento elástico del acero, para el cual los esfuerzos son directamente proporcionales a las deformaciones, hasta una deformación máxima y después permanecen constantes. Con esta idealización se desprecia la zona de endurecimiento por deformación.

Si se tomara en cuenta esta zona, se obtendrían resistencias mayores en algunos casos; sin embargo, se considera que las deformaciones son de tal magnitud que la pieza se vuelve inservible antes de alcanzar esta resistencia.

1.2.4 Las características Esfuerzo-Deformación del Concreto son Conocidas.

Para la relación esfuerzo-deformación del concreto en flexocompresión, han sido propuestas curvas muy diferentes; además son muchas las variables que influyen en las características de esta curva, de las cuales las principales son el tamaño y la forma de la sección, el gradiente de esfuerzo y la duración de la carga. Aunque las distintas idealizaciones de la curva esfuerzo-deformación difieren grandemente en su forma (triangular, rectangular, trapezoidal, parabólica, etc.), todas llevan resultados aproximadamente iguales en cuanto a la magnitud y posición de la fuerza resultante de compresión del concreto.

Para los propósitos de este trabajo se usará la idealización adoptada en la ref. (1).*

1.2.5 La Adherencia entre el Acero y el Concreto es perfecta.

Esta hipótesis es necesaria para establecer la igualdad de deformaciones en el acero y el concreto, para las mismas distancias al eje neutro. Esta hipótesis se apega mucho a la realidad para concreto reforzado con varillas corrugadas.

1.2.6 Una sección falla, si el Concreto, en alguna Fibra, alcanza una deformación de Compresión máxima ξ_{cu} .

Esta hipótesis, considerada válida tanto para flexo-compresión como para flexotensión, implica que el acero puede deformarse indefinidamente en tensión sin romperse. Una teoría más apegada a la realidad considera dos posibilidades de falla, la de aplastamiento del concreto y la de rotura del acero en tensión al alcanzar una deformación máxima.

Sin embargo, para los aceros normales usados como refuerzo, el valor de ϵ_{su} es por lo menos 30 veces, mayor que ξ_{cu} , y la posibilidad de que alcance ξ_{su} corresponde a casos muy particulares en la zona de flexotensión.

1.3 Diagramas de Interacción.

Un diagrama de interacción para flexión y carga axial es la representación gráfica de todas las combinaciones de carga axial y momento flexionante en una dirección principal que causan la falla de una sección.

Para un material elástico cualquiera, con una resistencia a compresión f'_c y a tensión f_y , puede obtenerse fácilmente el diagrama de interacción utilizando la fórmula de la escuadría $\left(F = \frac{MC}{I} \right)$;

sin embargo, este procedimiento no es aplicable al concreto reforzado, por tratarse de un material no elástico y heterogéneo. En este caso, las combinaciones P_u y M_u de falla se obtienen a partir de un análisis plástico de la sección, basado en las hipótesis del inciso anterior.

1.4 Consideraciones para el Cálculo de los Diagramas.

1.4.1 Esfuerzo en el Concreto. (De acuerdo con la ref. 1).

Cuando alguna fibra del concreto en compresión alcanza la deformación ϵ_{cu} , la distribución de esfuerzo en el concreto es uniforme en una zona equivalente de compresión cuya profundidad es 0.85 veces la del eje neutro.

1.4.2 Adimensionamiento

Para generalizar las fórmulas empleadas, éstas se plantearon en forma adimensional, lo cual se logró dividiendo la longitud entre la altura (h), las áreas entre ht , las fuerzas entre htf'_c , los brazos de palanca entre h , y las deformaciones unitarias entre y .

Esta última relación introdujo la variable ϵ_{cu}/ϵ_y ; ϵ_{cu} , ha sido fijada en la ref. (1) como 0.003; sin embargo, se trata de un valor que puede tener variaciones muy grandes, dependiendo principalmente de la duración de la carga, del confinamiento del concreto y del gradiente de esfuerzos en la sección.

La otra cantidad, ϵ_y , para los aceros normalmente usados varía entre 0.0014 y 0.0021; esta diferencia es menor de la que pueda esperarse en ϵ_c , para la cual se han registrado valores desde 0.0015 hasta mayores de 0.0016. Por lo tanto, no parece justificado el uso de una relación ϵ_{cu}/ϵ_y diferente para acero de 2,800 Kg/cm² y 4,200 Kg/cm².

Se encontró que para grandes variaciones de $\mu = \epsilon_{cu}/\epsilon_y$, corresponden pequeños cambios en los elementos mecánicos resultantes.

Por esta razón aunque tanto las fórmulas como los programas están en función de la relación μ , las gráficas de diseño se han obtenido considerando esta relación con valor constante igual a 1.79 para todos los casos.

Aparece, además, la relación $\xi = t/h$ la cual ocasiona un inconveniente en cuanto a la representación de gráficas para diseño, lo que daría lugar a un juego de gráficas para cada valor de ξ que se desee incluir.

Para eliminar esta variable se utilizó un valor constante de la relación t/h para el cual se hizo un estudio detallado de su influencia, obteniéndose variaciones que en ningún caso fueron mayores que un 20%, considerando los casos extremos ($\beta=1$, $\gamma = 1.0$, $q= 1.0$) donde tiene mayor influencia.

Cabe mencionar que los errores aquí inducidos son de orden de magnitud no mayores que los involucrados en las hipótesis iniciales o en la obtención de las cargas de diseño; a pesar de esto se propone una fórmula empírica para calibrar los resultados.

1.5 Programa de Computadora

El procedimiento que se sigue para la obtención de las gráficas tiene características comunes para todos los casos, y consiste en asumir la profundidad del eje neutro y encontrar las resultantes parciales del concreto y del acero en función de la cantidad de acero, forma de la sección y valores ξ y μ que deben proporcionarse como datos de problemas.

La profundidad del eje neutro se hace variar desde valores muy pequeños hasta un valor máximo que produce la condición de momento nulo, con un número de intervalos que permite definir completamente el diagrama.

2 DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN PARA CARGA AXIAL Y FLEXIÓN DE SECCIONES L Y C.

2.1 Consideraciones.

En la fig. (1) se muestra la idealización del refuerzo de la sección.

Se hicieron las consideraciones siguientes:

- El refuerzo está formado por dos partes, una situadas en las caras perpendiculares al plano de momentos (acero extremo) y otra paralela a ese plano (acero lateral).
- El acero extremo está distribuido uniformemente a lo largo del peralte con las mismas características del acero extremo.
- El recubrimiento es igual en las dos caras extremas.

Se establece además la siguiente convención de signos.

Fuerzas de compresión, positivas.

Momentos positivos, en contra de las manecillas del reloj.

Deformación de compresión, positivas.

2.2 Cálculo de los Puntos de los Diagramas.

La secuencia de cálculo de los distintos diagramas se presenta sólo esquemáticamente en este capítulo; la deducción detallada de las fórmulas se encuentra en el apéndice.

Los diagramas se construyen a partir del cálculo de un cierto número de puntos siguiendo la metodología expuesta en el inciso 1.3; se fija una deformación ξ_{cu} en la fibra superior extrema de la sección de concreto y, para una profundidad dada del eje neutro (c), se tiene definida la distribución de deformaciones, a partir de las resultantes parciales de fuerzas y momentos, que son:

- a) Resultantes del concreto (C_c , M_{cp}). Se obtiene a partir del bloque rectangular de esfuerzos; inciso 1.4. Hay que distinguir dos casos.

Si la profundidad del eje neutro (c) es menor que h , siendo h el peralte total de la sección, el bloque equivalente tiene una altura de $\beta_1 c$; si c es mayor que h , toda la sección está trabajando a compresión a un esfuerzo constante de $0.85 f'_c$.

- b) Resultantes del acero superior (F_s , M_s), se distinguen tres casos:

Acero fluyendo a compresión, fluyendo en tensión, o con esfuerzo menor que el de fluencia.

- c) Resultantes del acero inferior (f_i , M_i). Se distinguen los mismos casos que para el acero superior.
- d) Resultantes del acero lateral (F_l, M_l). El acero lateral está idealizado como una barrera vertical de acero equivalente, con esta barra se pueden presentar varias distribuciones de esfuerzos que se aprecian en la fig. 2 del apéndice.

3. DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN DE SECCIONES RECTANGULARES CON ACERO EXTREMO CONCENTRADO Y ACERO MÍNIMO DISTRIBUIDO.

Para este tipo de secciones no fue posible hacer gráficas totalmente adimensionales, por lo cual fue necesario hacer un juego de gráficas para cada combinación de f'_c , f_y y γ , donde a f'_c se le dio valores de 210 Kg/cm² y 280 Kg/cm², a f_y de 2800 Kg/cm² y 4200 Kg/cm², a γ se le asignaron valores de 0.10 y 0.15 como porcentaje de la altura total de la sección.

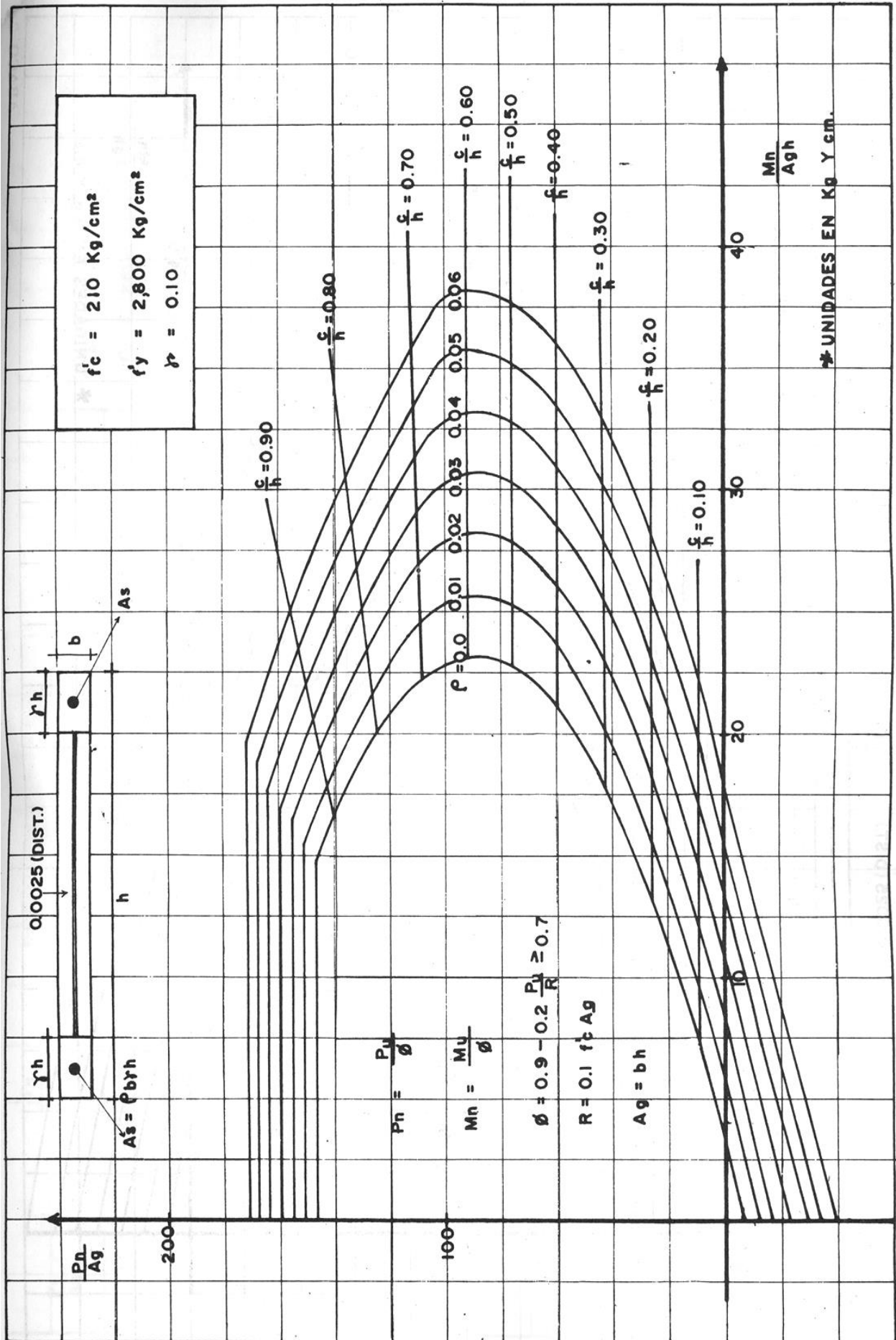
El área de acero extrema (concentrada) se expresa como una función de $\rho_b \gamma h$ siendo $\rho_b \gamma h$ el área del muro donde debe concentrarse dicho refuerzo.

Para el % de acero distribuido se utilizó un valor constante igual a 0.0025 para todas las gráficas, siguiendo los alineamientos para acero mínimo que exige la ref (1), las hipótesis para la deducción de las ecuaciones son las mismas que para las secciones L y C.

4. DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN

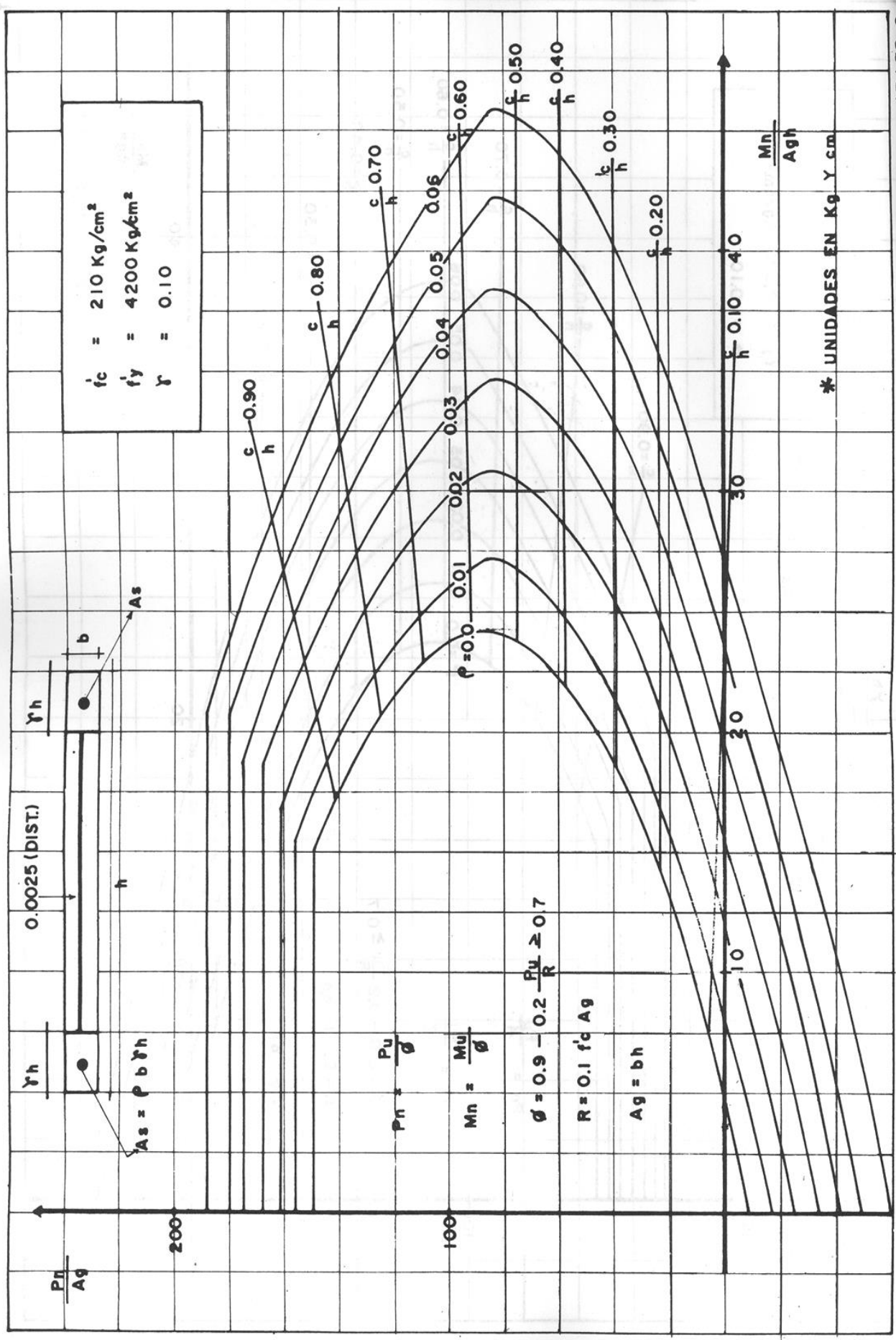
- a) Secciones Rectangulares.....16-22
- b) Secciones L.....23-33
- c) Secciones [.....34-45

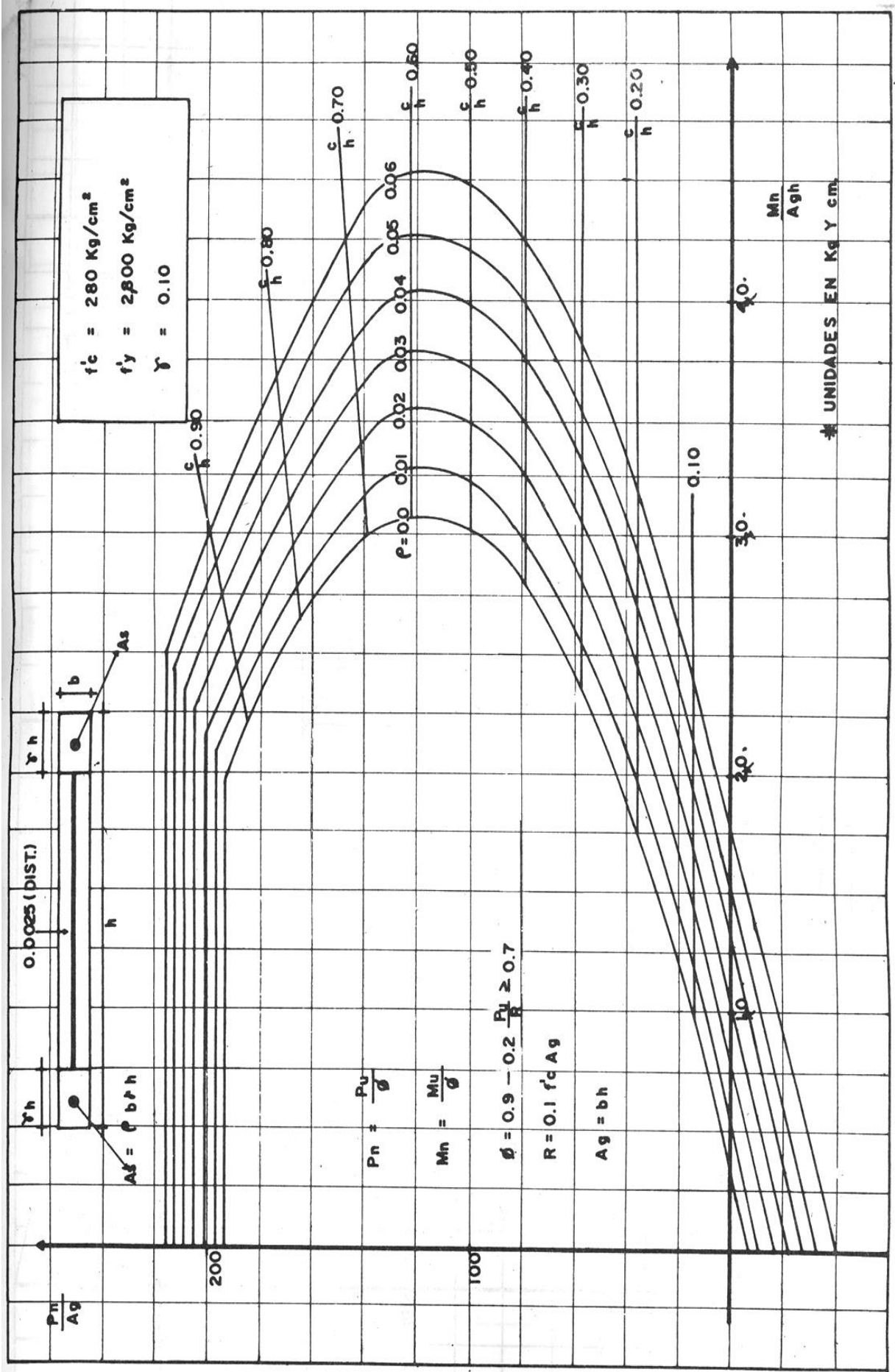
A) SECCIONES RECTANGULARES



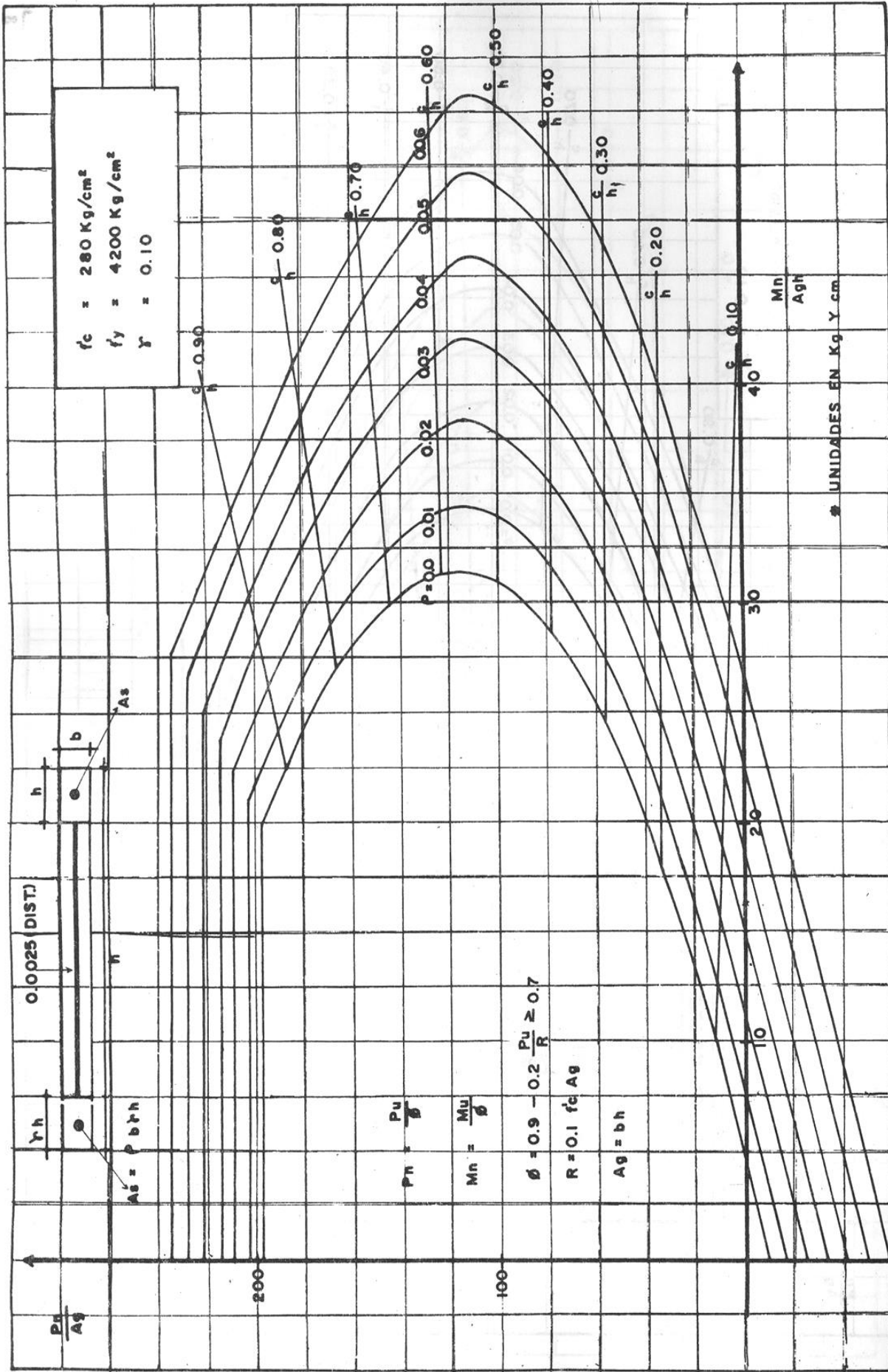
ABACO 1

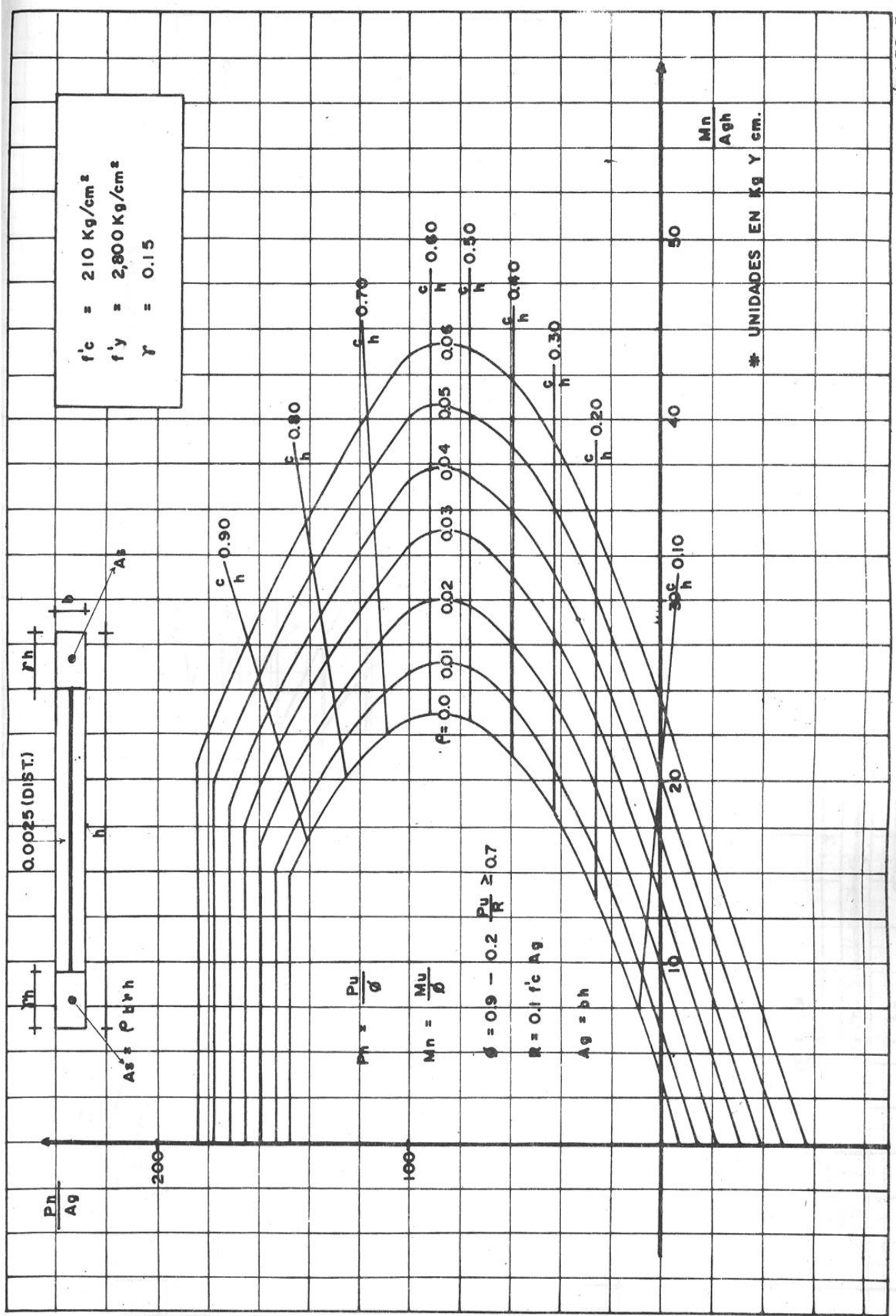
* UNIDADES EN Kg Y cm.



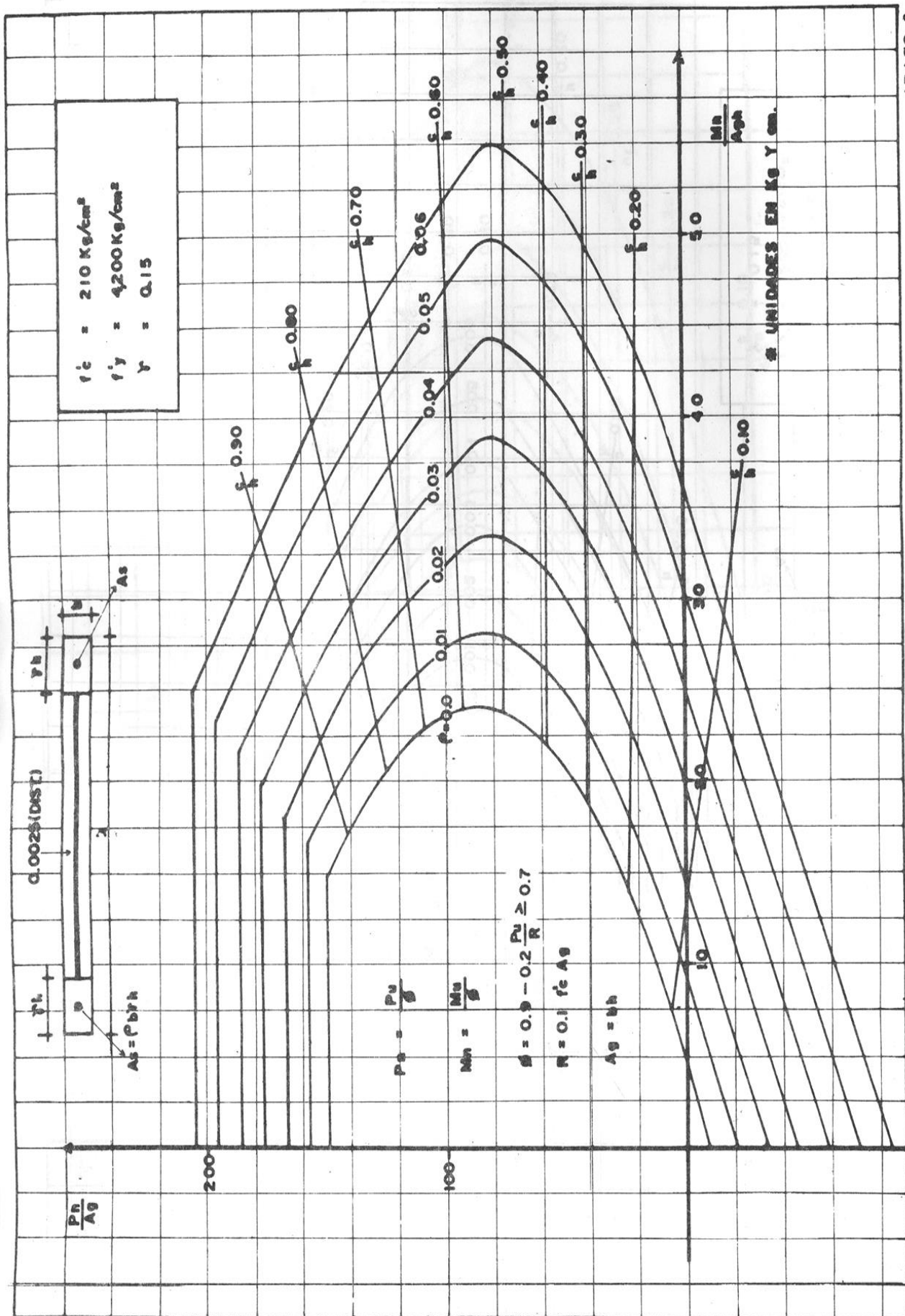


ABACO 3

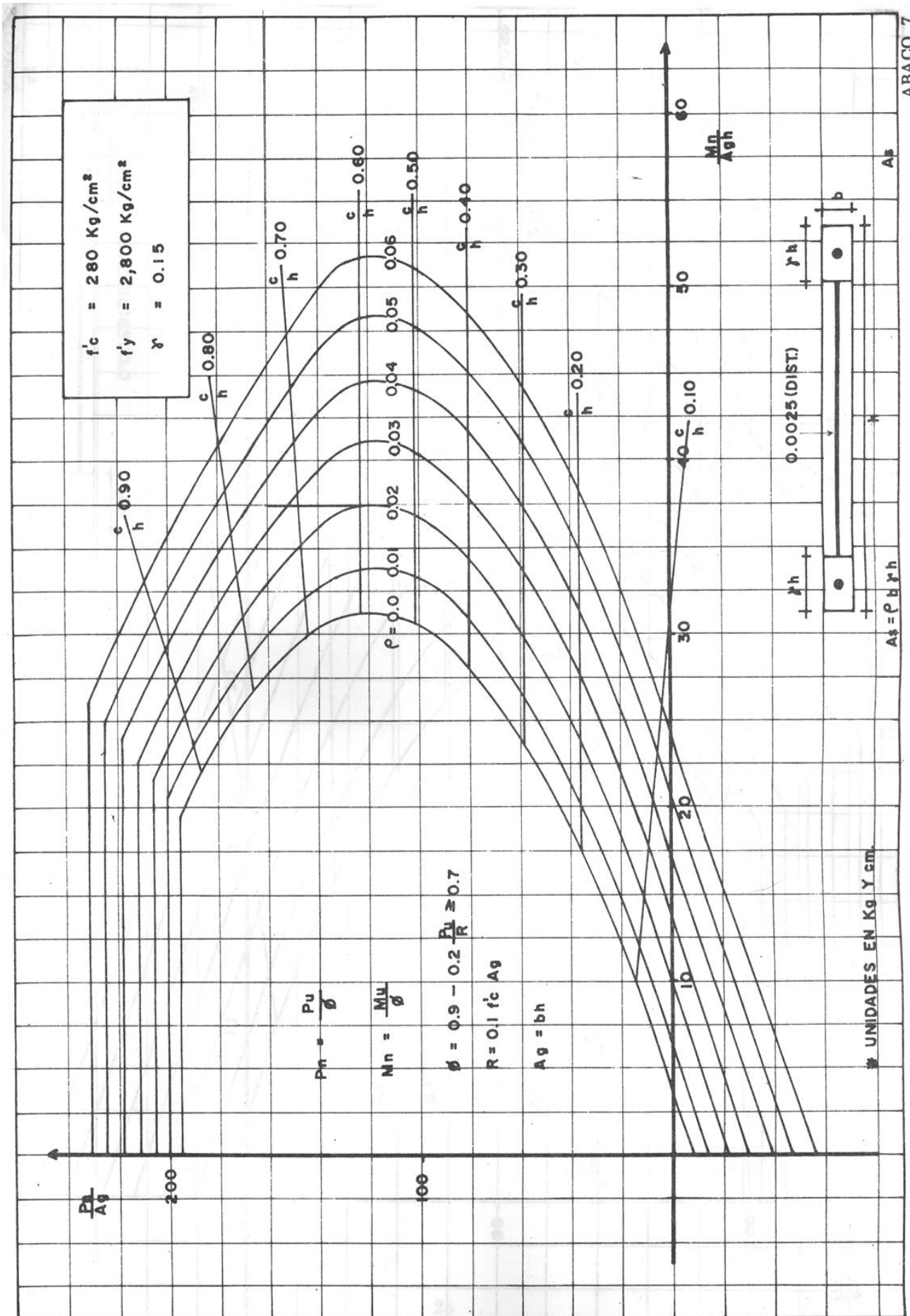


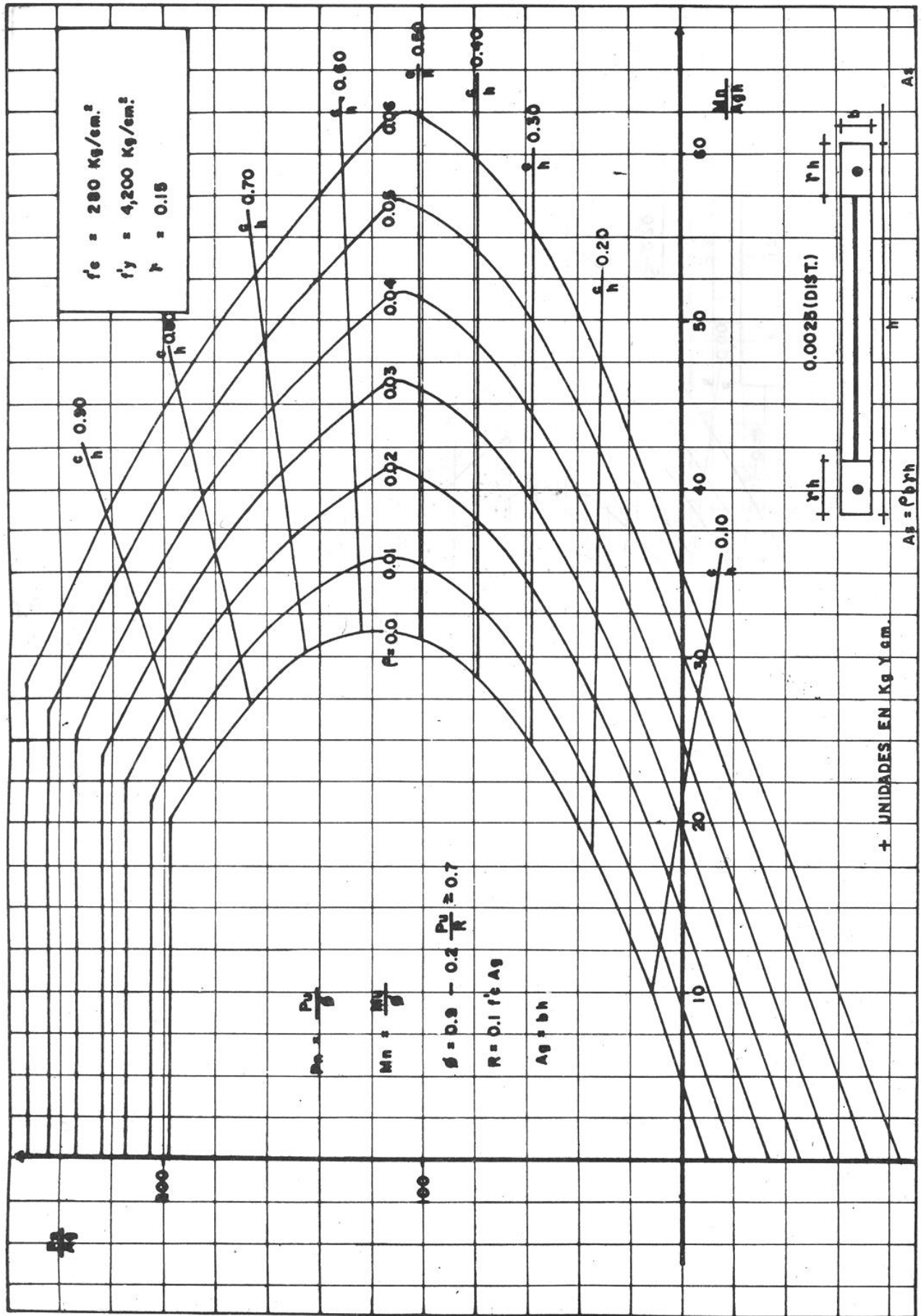


* UNIDADES EN KG Y CM.

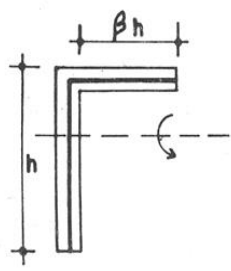


ABACO 6

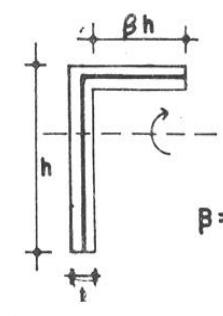




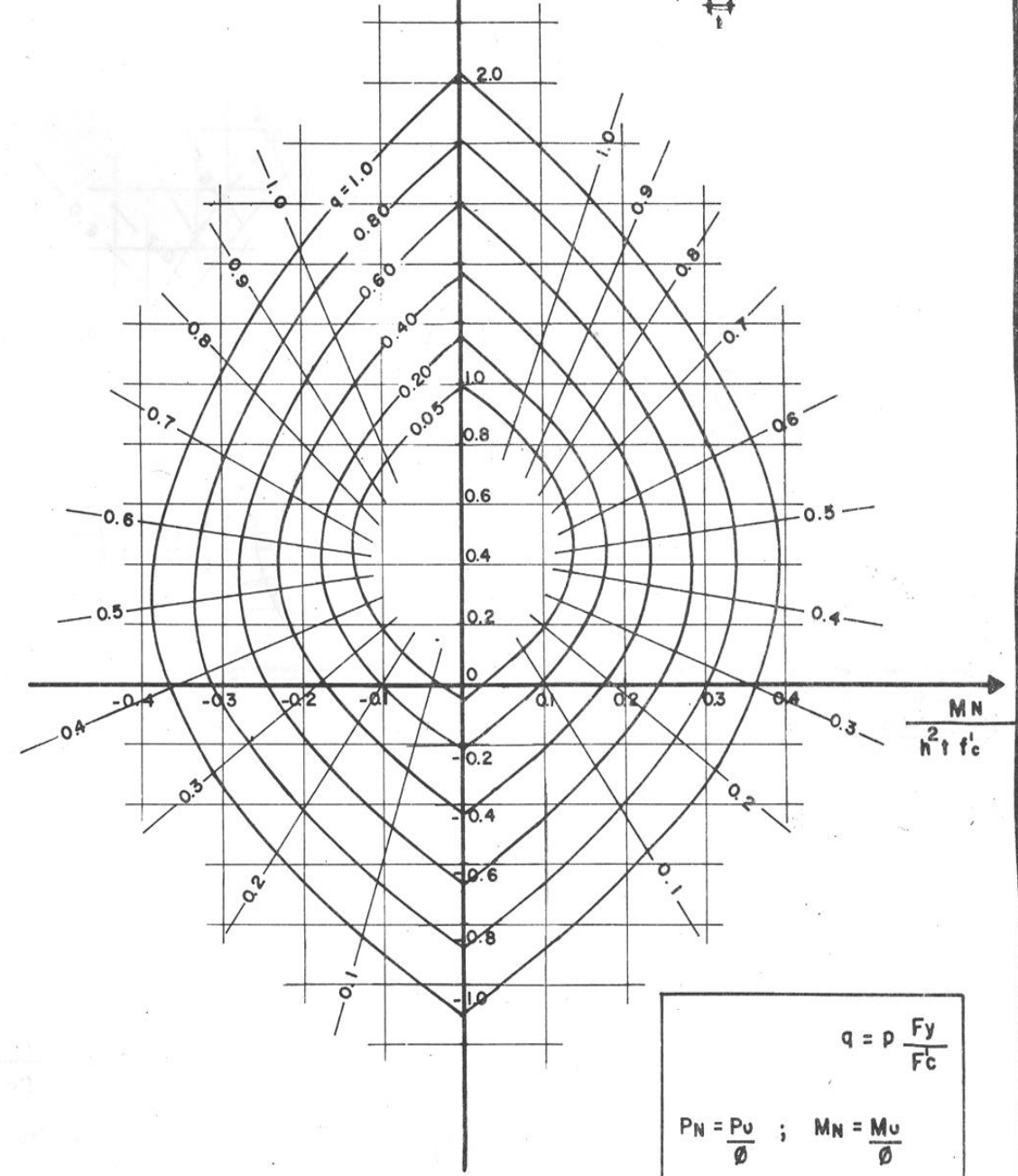
B) SECCIONES L



$$\frac{P_N}{h t f_c}$$



$\beta = 0.1$



$$q_u = (1 + 2.5Bq)q$$

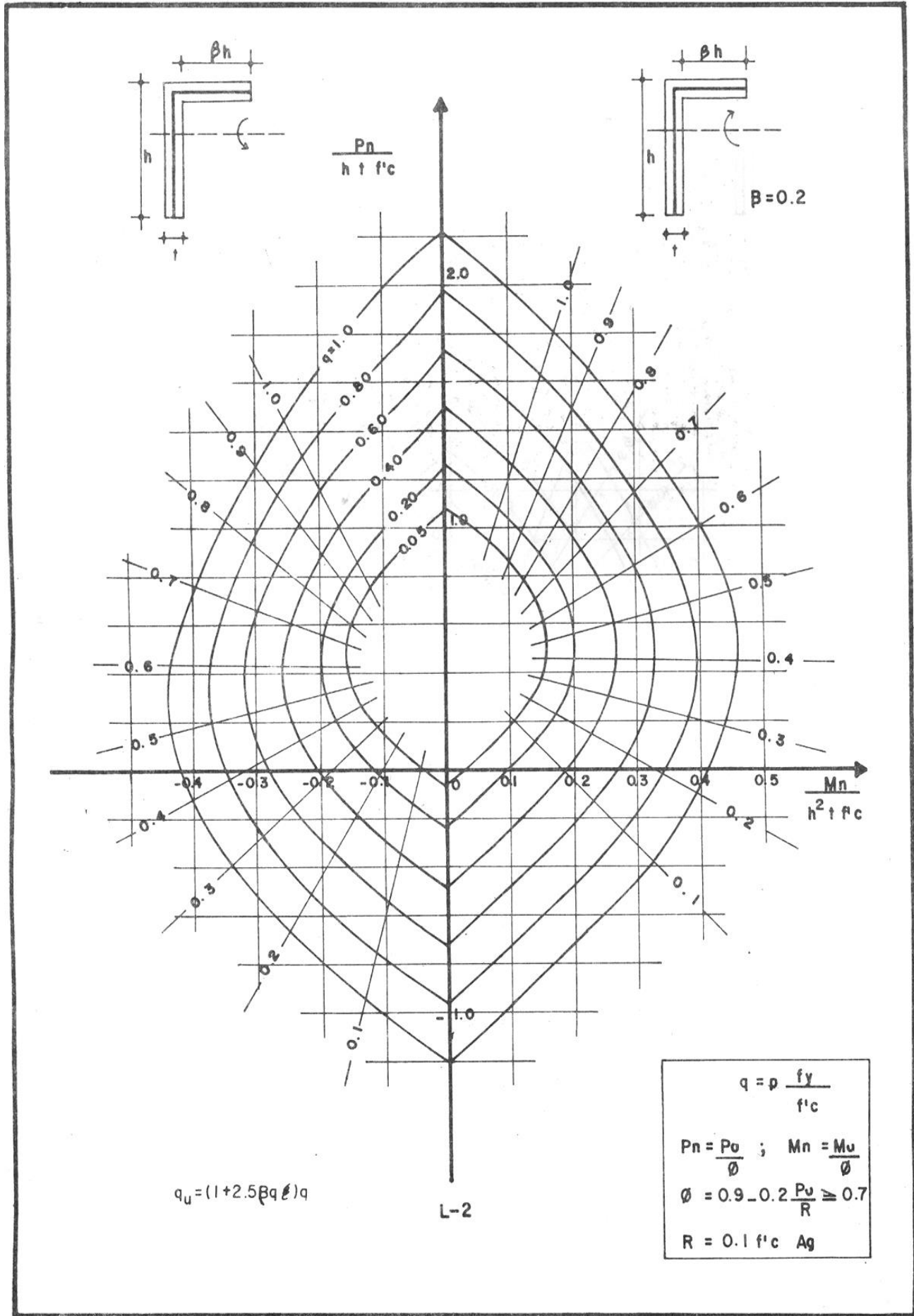
L-1

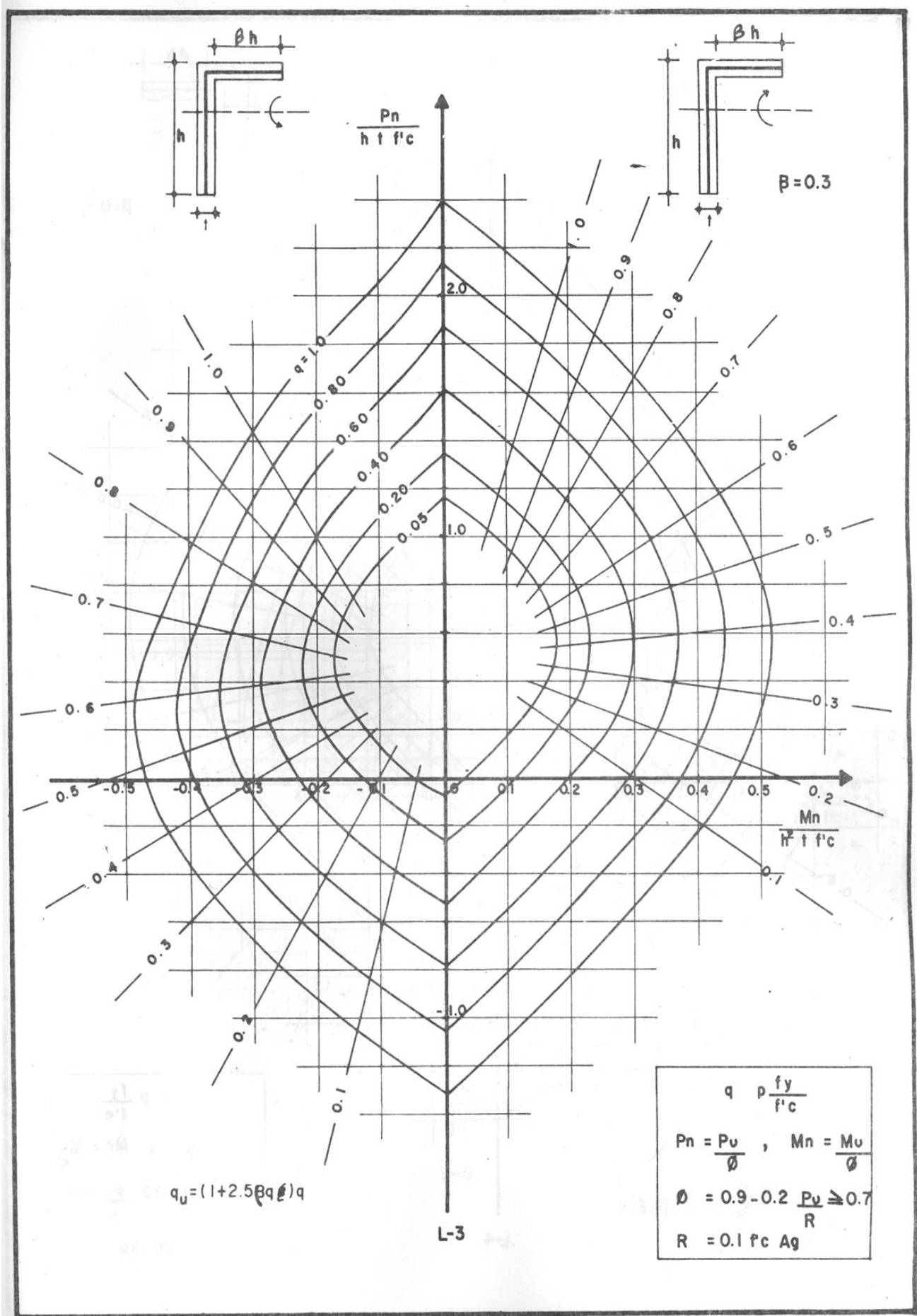
$$q = p \frac{F_y}{F_c}$$

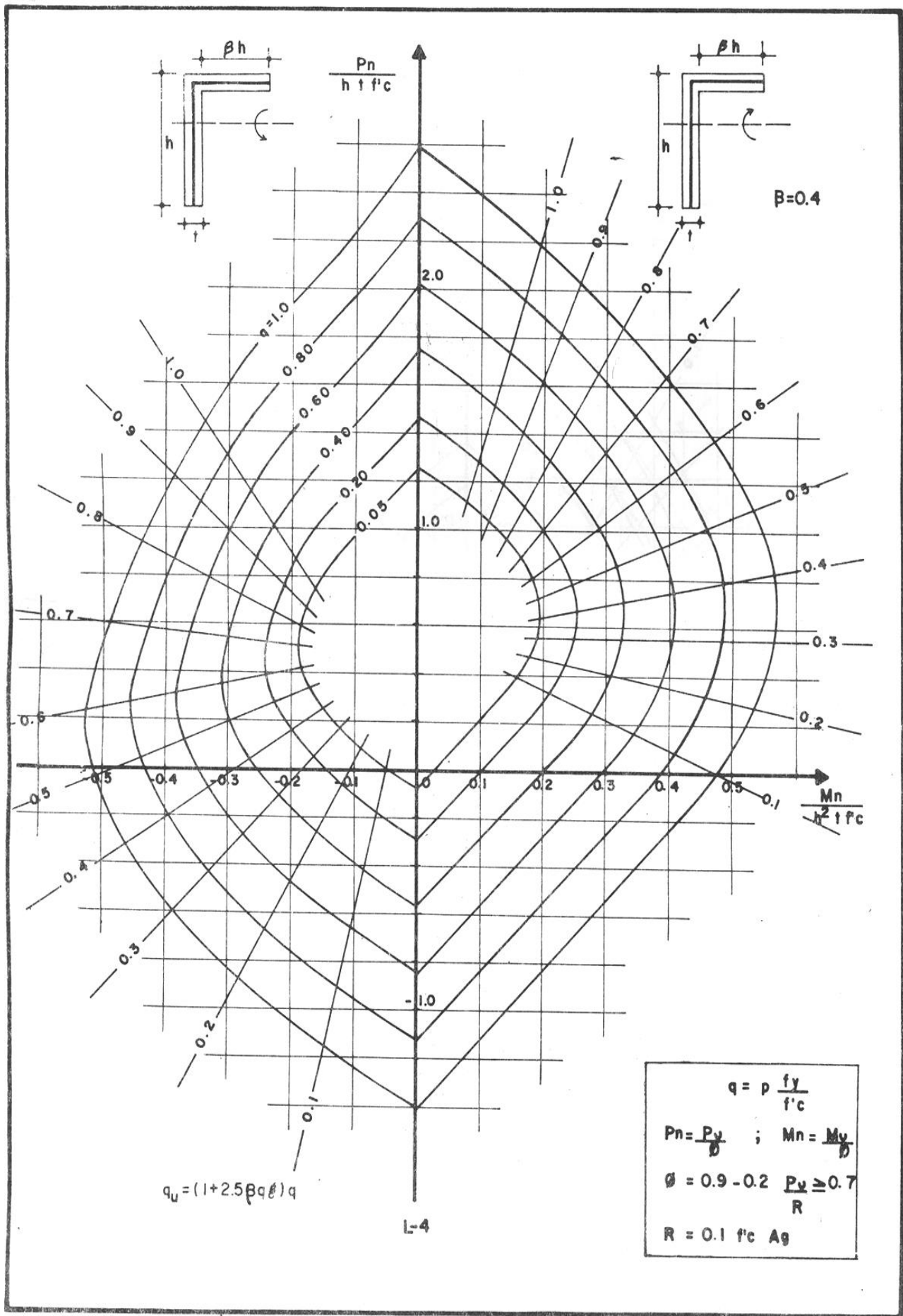
$$P_N = \frac{P_u}{\phi} ; M_N = \frac{M_u}{\phi}$$

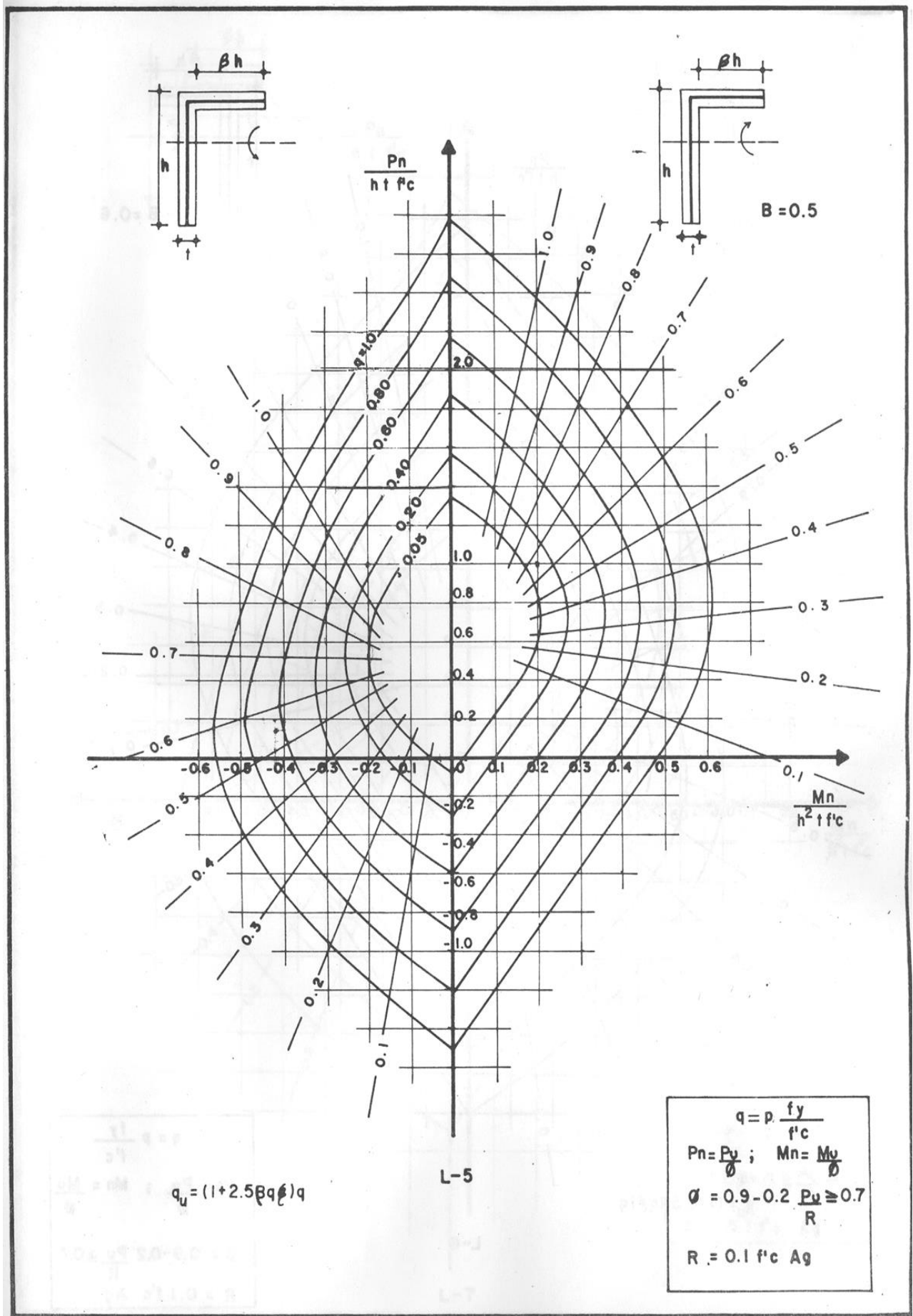
$$\phi = 0.9 - 0.2 \frac{P_u}{R} \geq 0.7$$

$$R = 0.1 f_c A_g$$









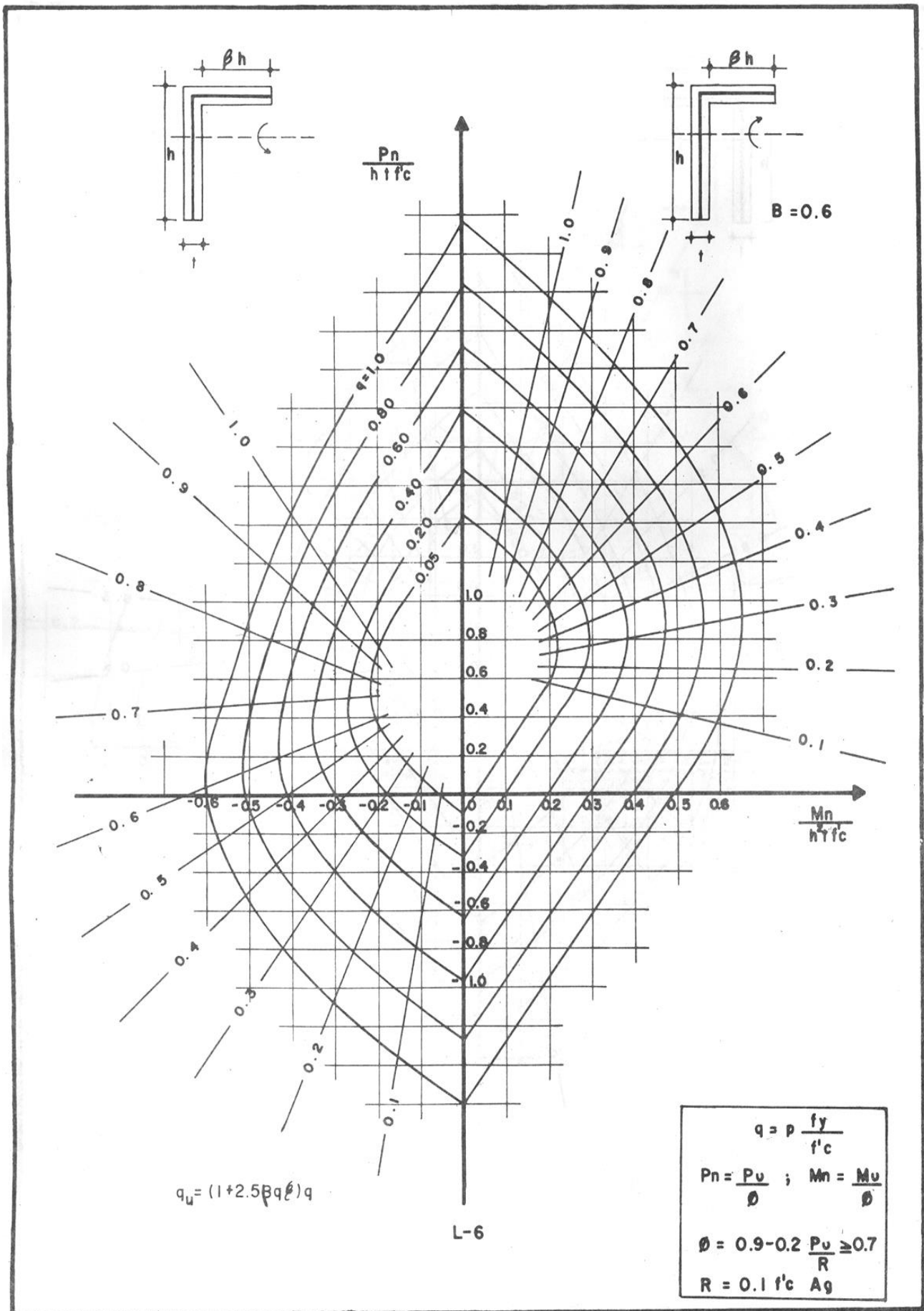
$$q_u = (1 + 2.5 \beta q) q$$

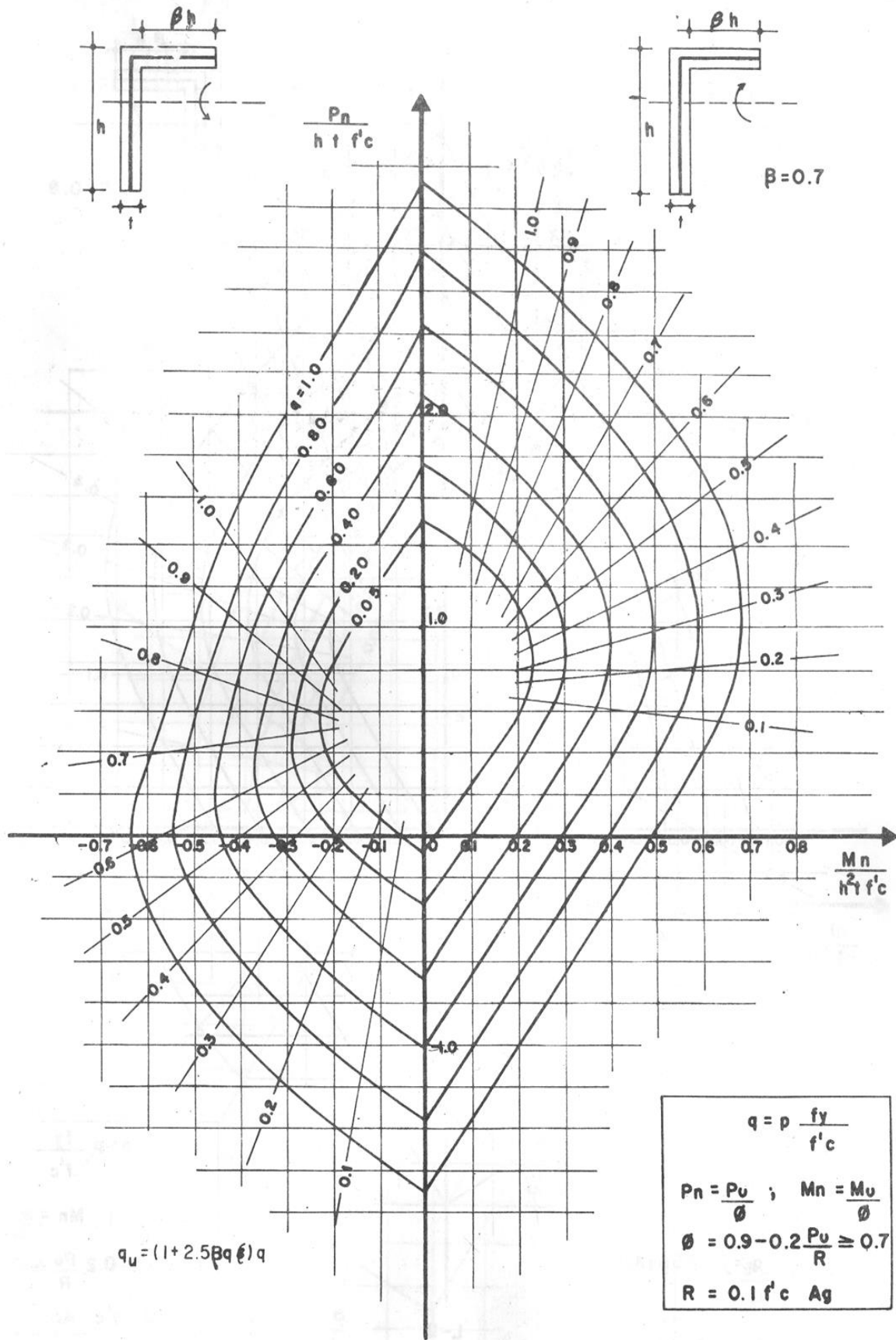
$$q = p \frac{f_y}{f_c}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}; \quad M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$\phi = 0.9 - 0.2 \frac{P_u}{R} \geq 0.7$$

$$R = 0.1 f_c A_g$$





$$q_u = (1 + 2.5\beta q)q$$

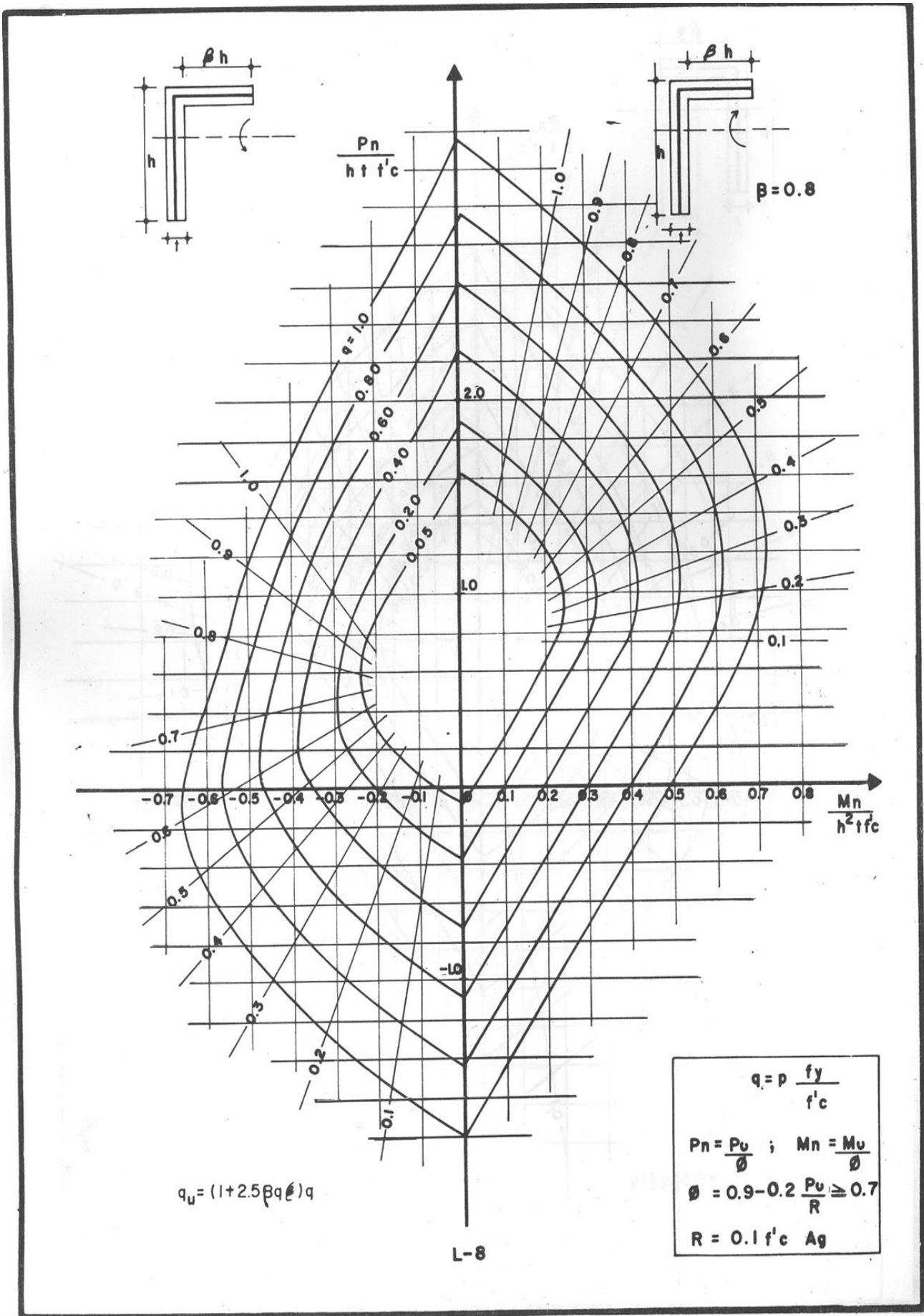
$$q = p \frac{f_y}{f'c}$$

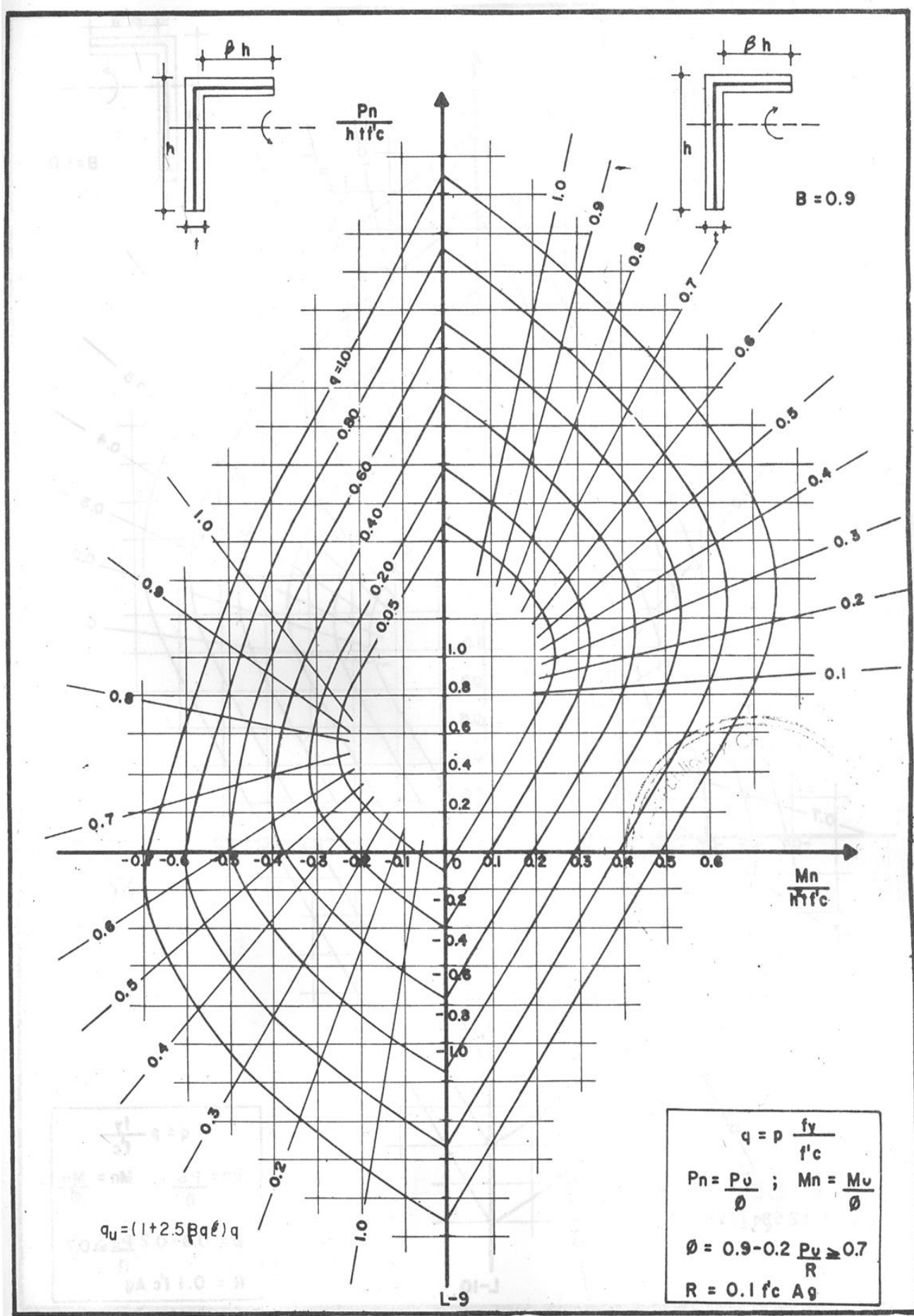
$$P_n = \frac{P_u}{\phi} ; M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

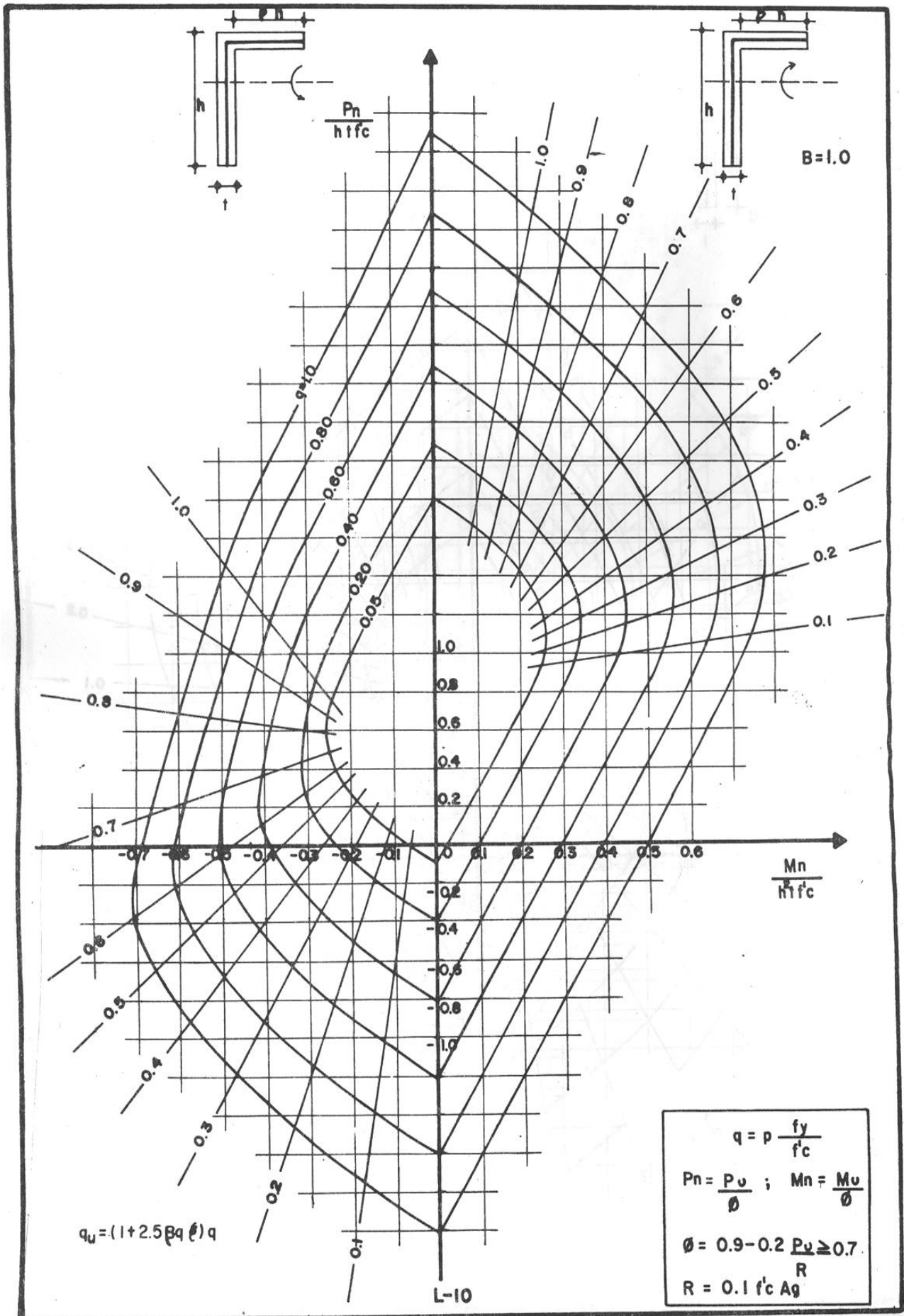
$$\phi = 0.9 - 0.2 \frac{P_u}{R} \geq 0.7$$

$$R = 0.1 f'c A_g$$

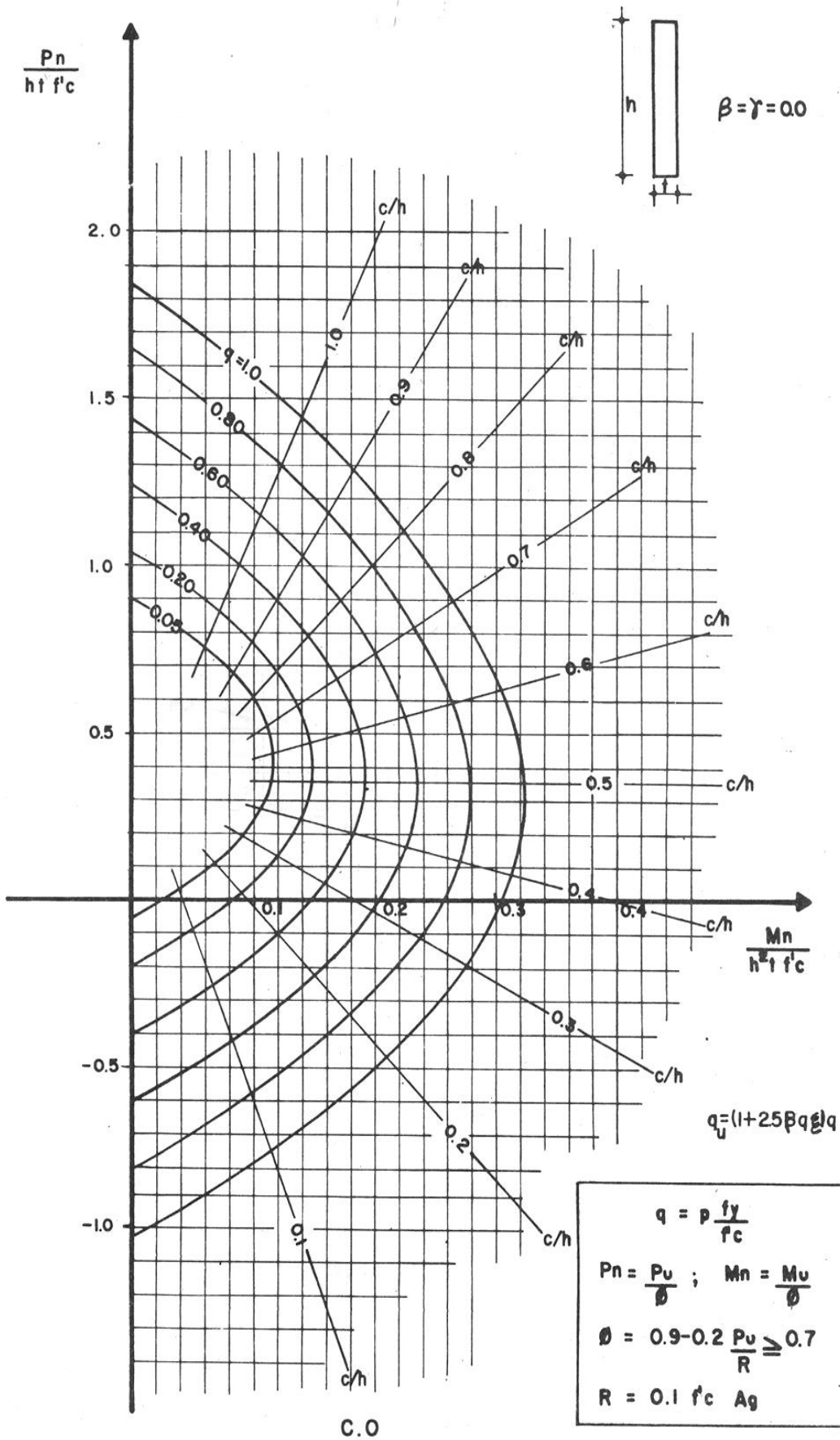
L-7

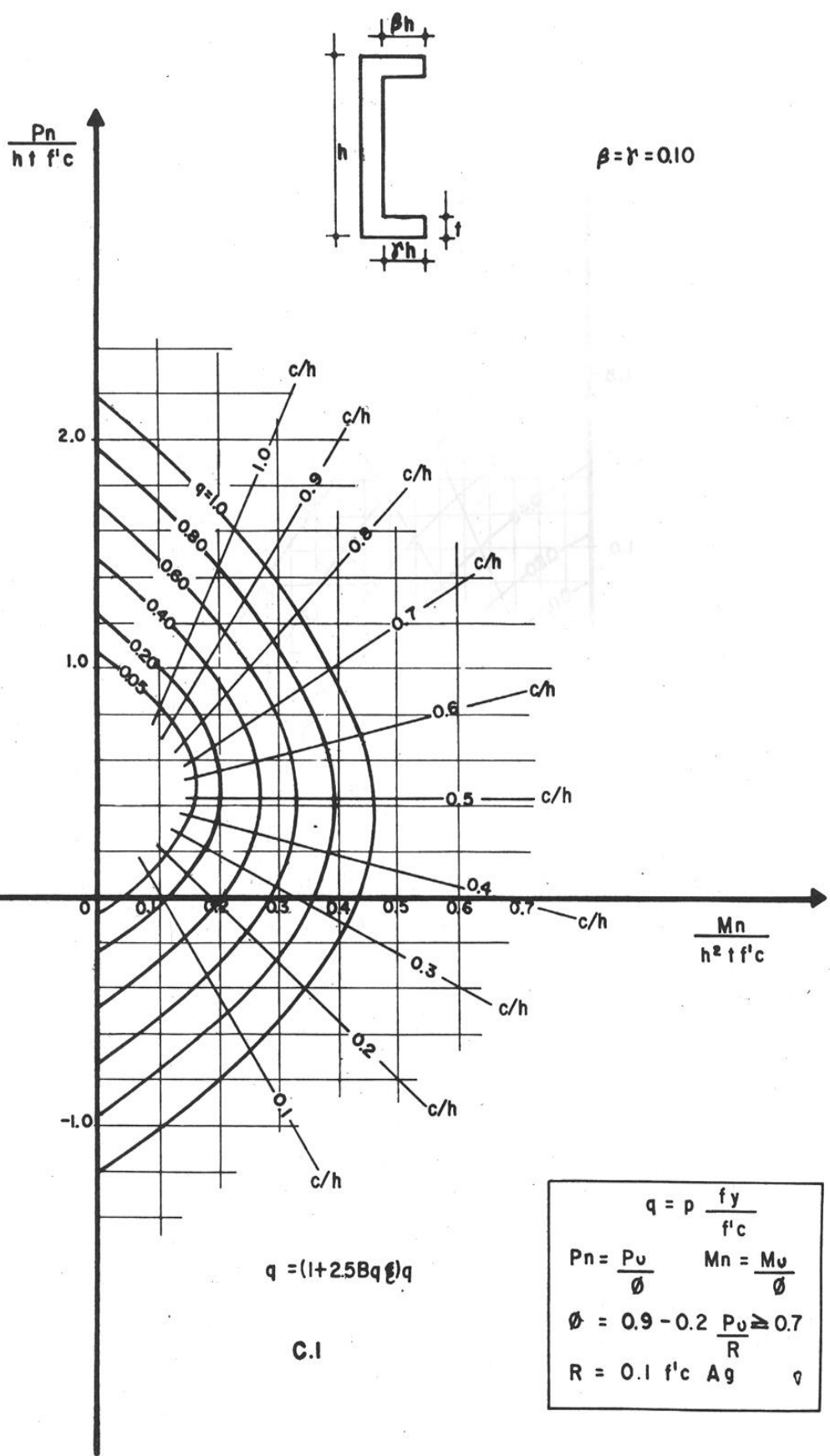


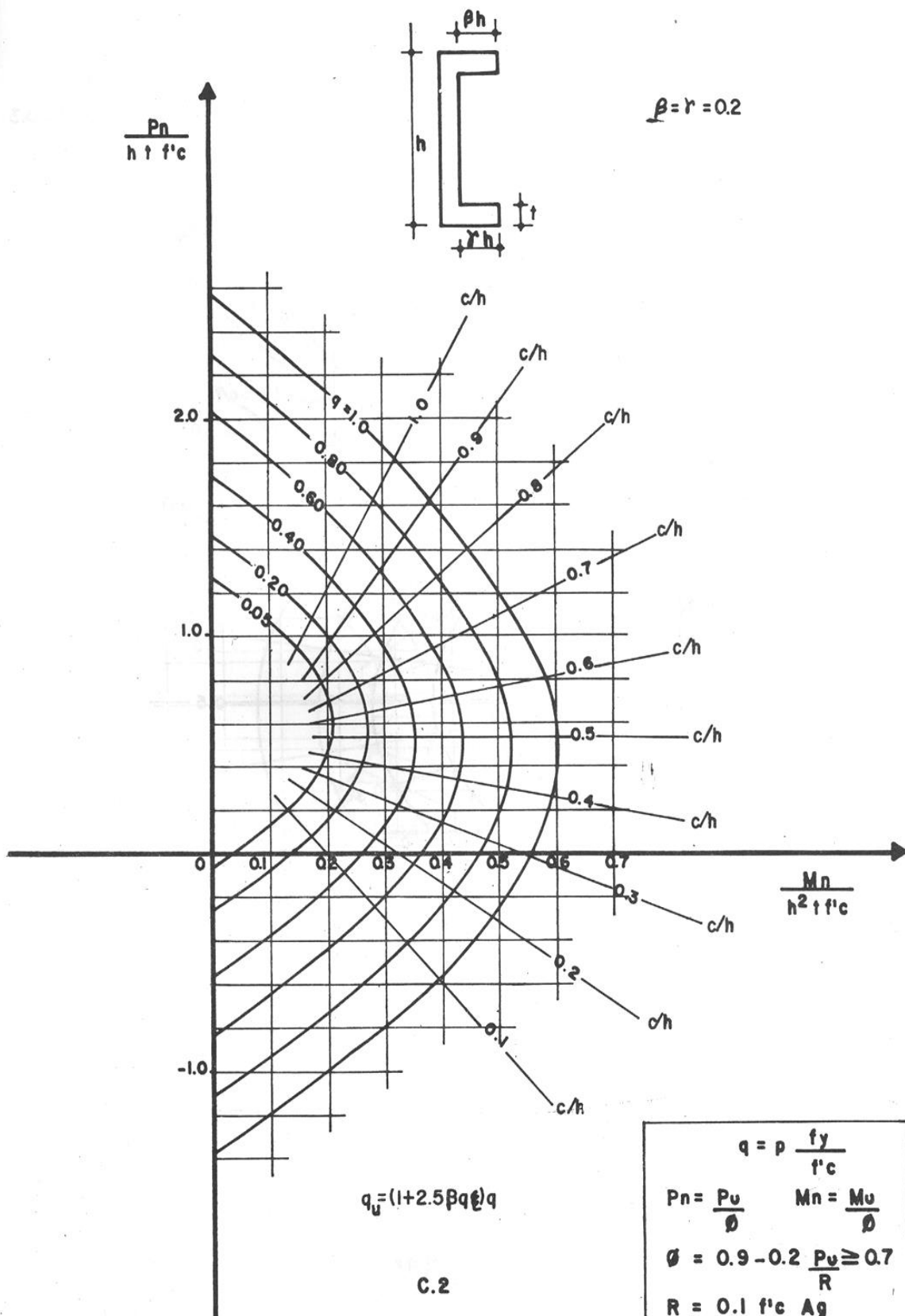


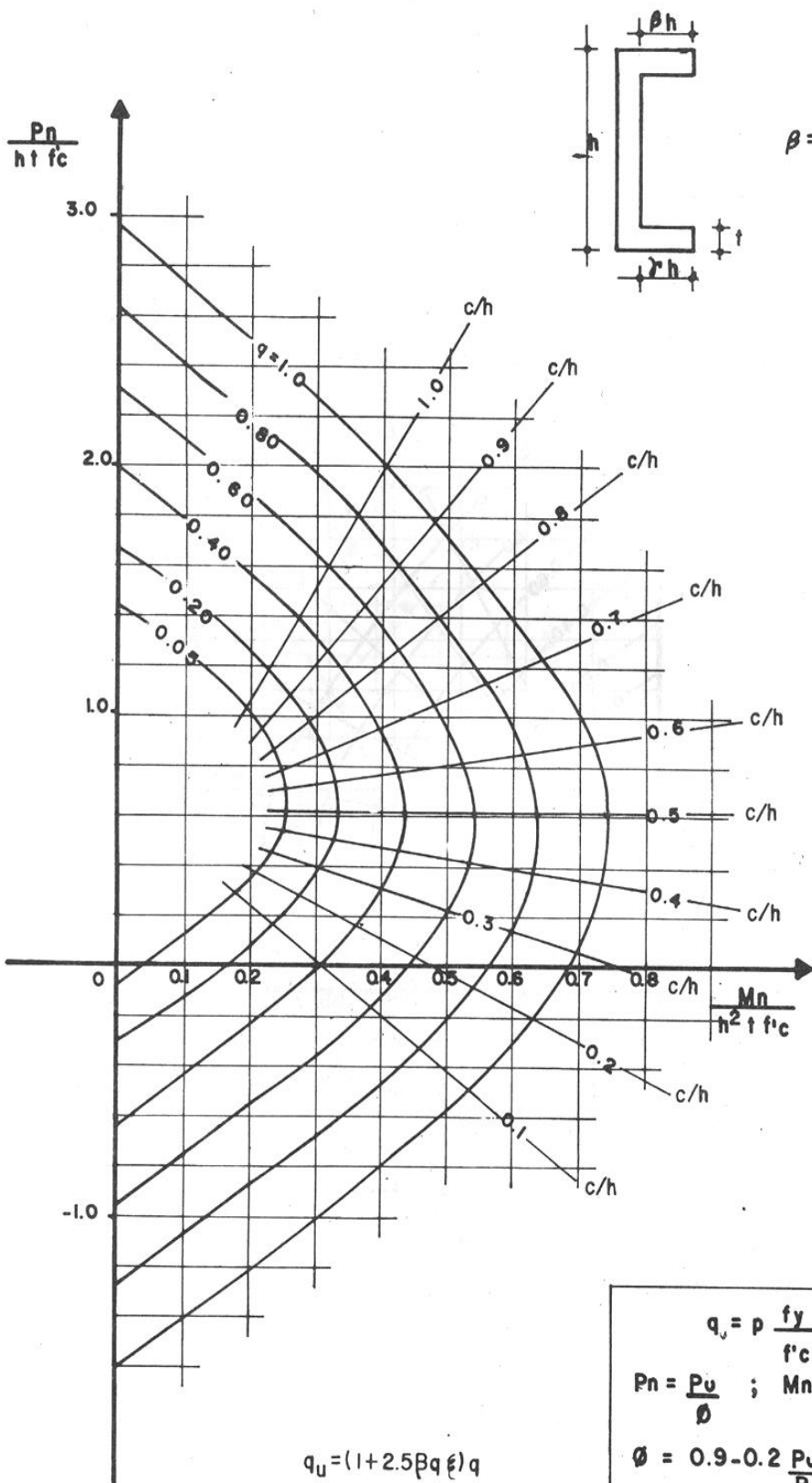


C) SECCIONES [



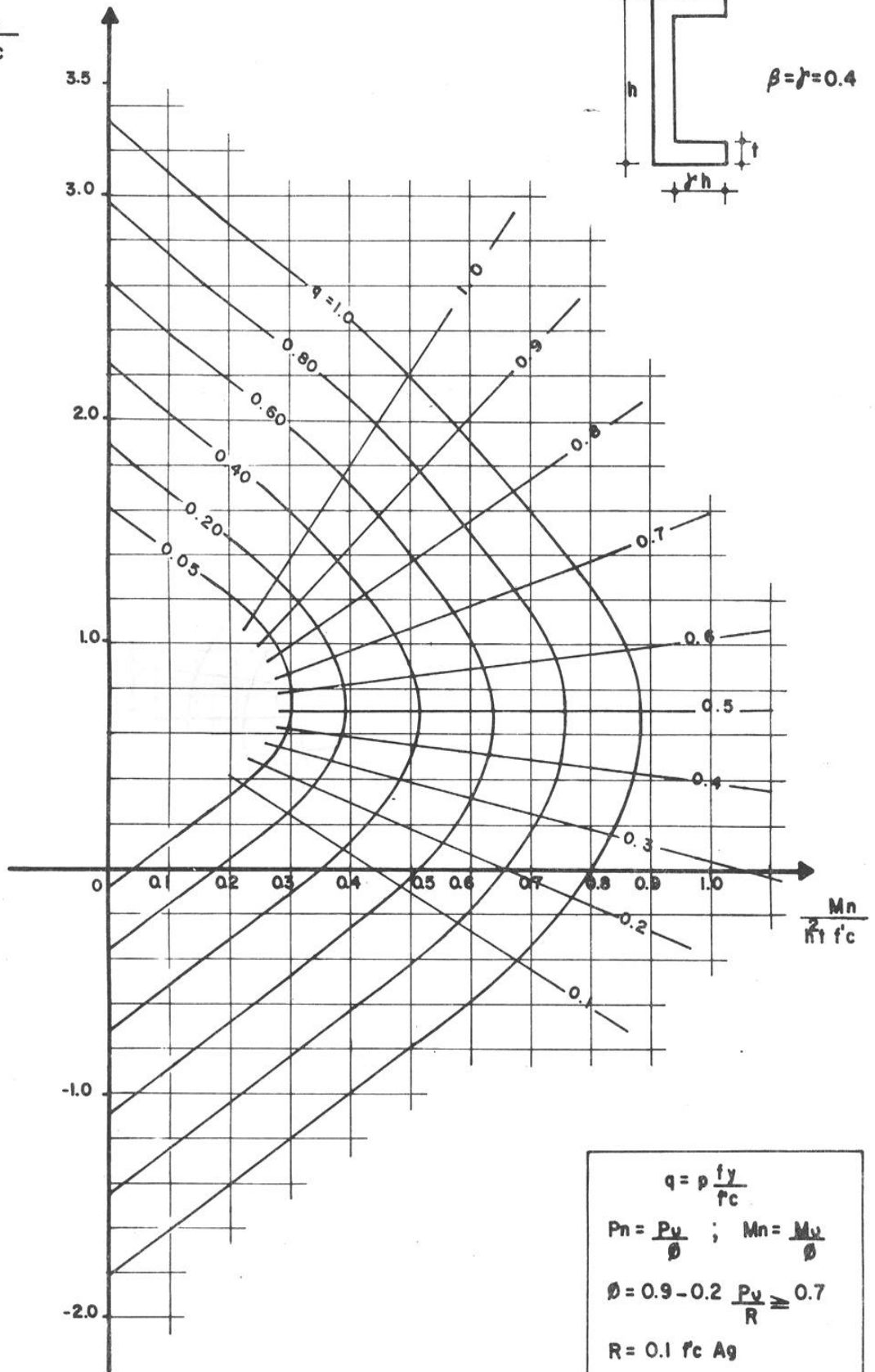




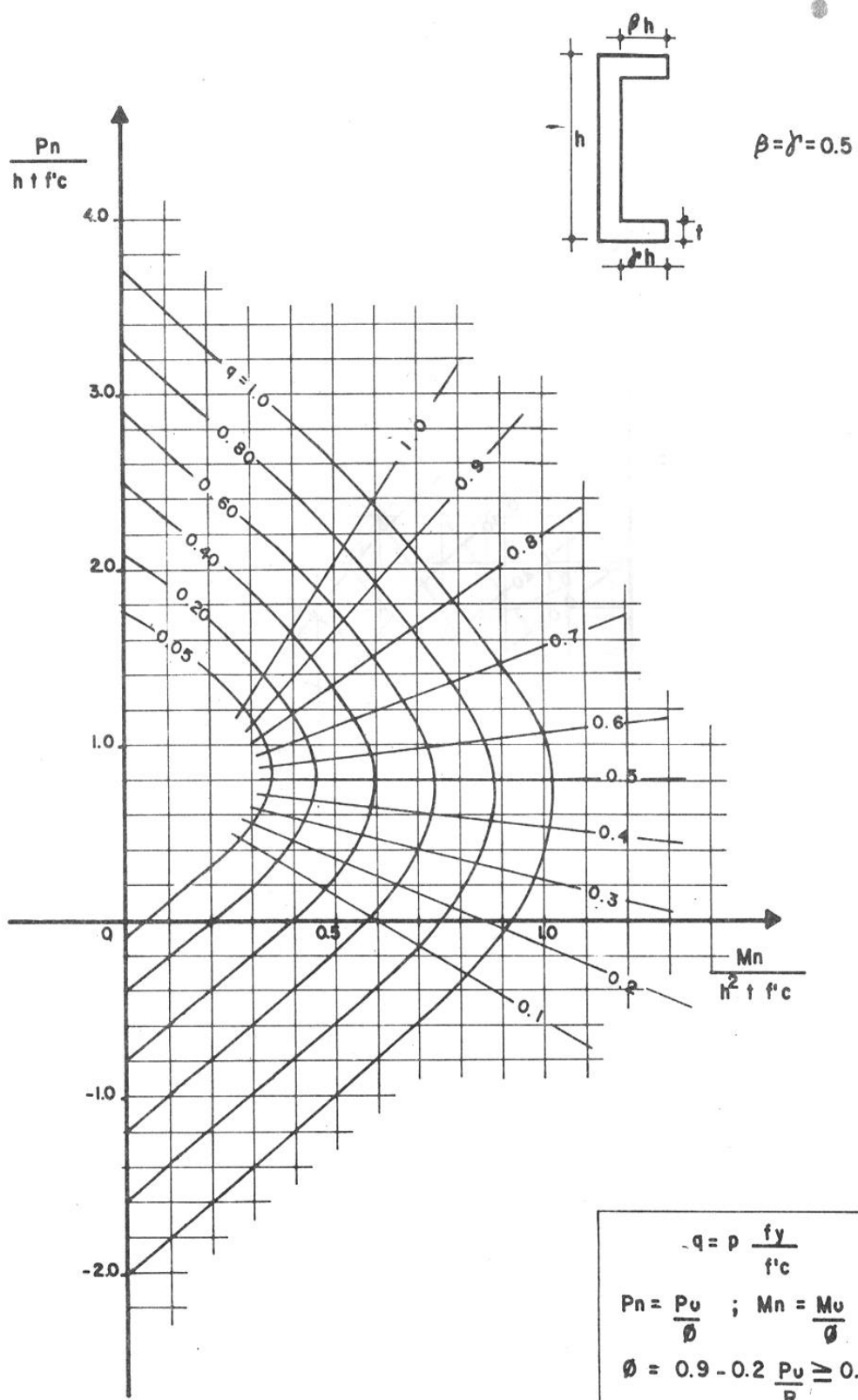


C.3

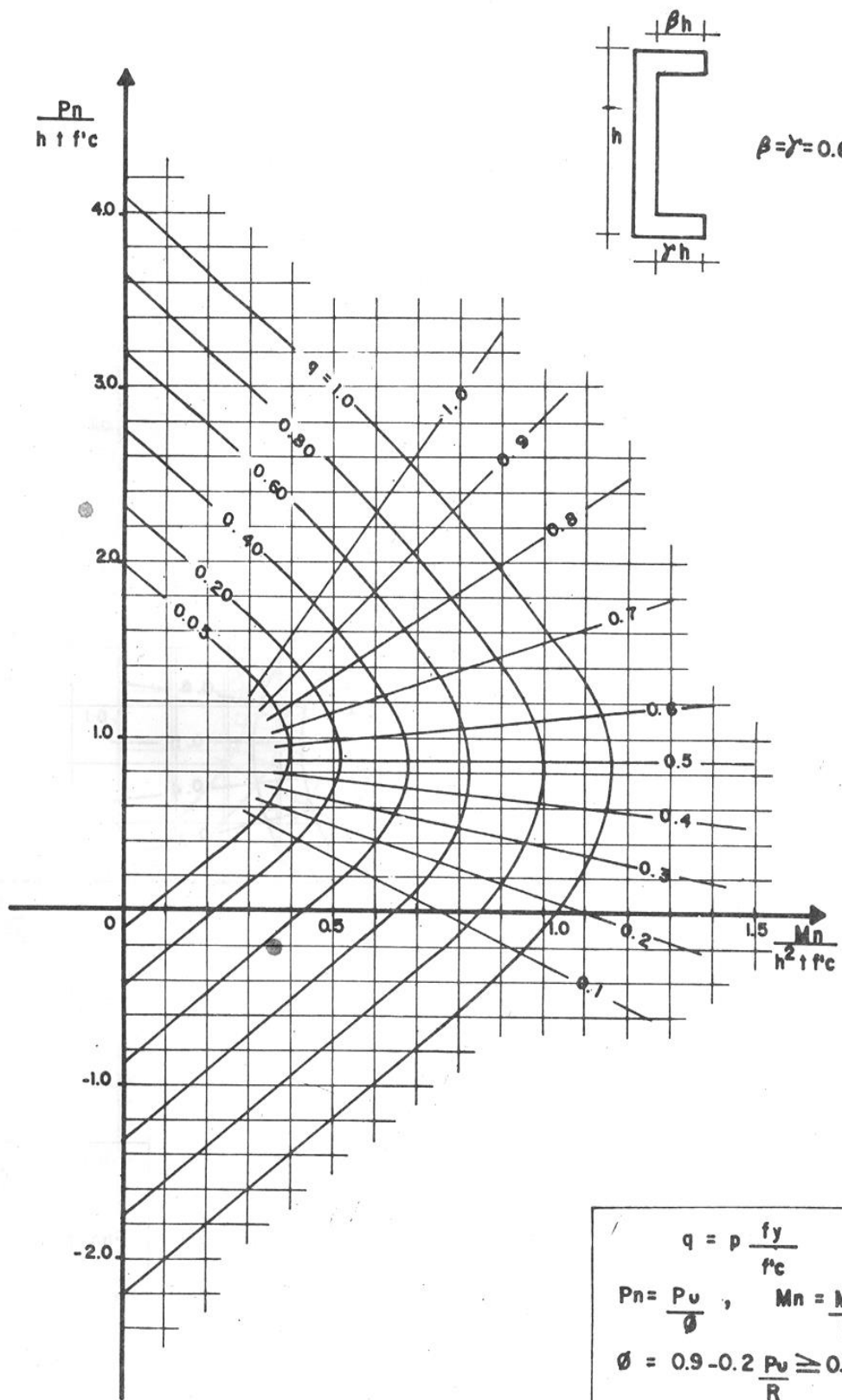
$$\frac{P_n}{h f_c}$$



C.4



C.5



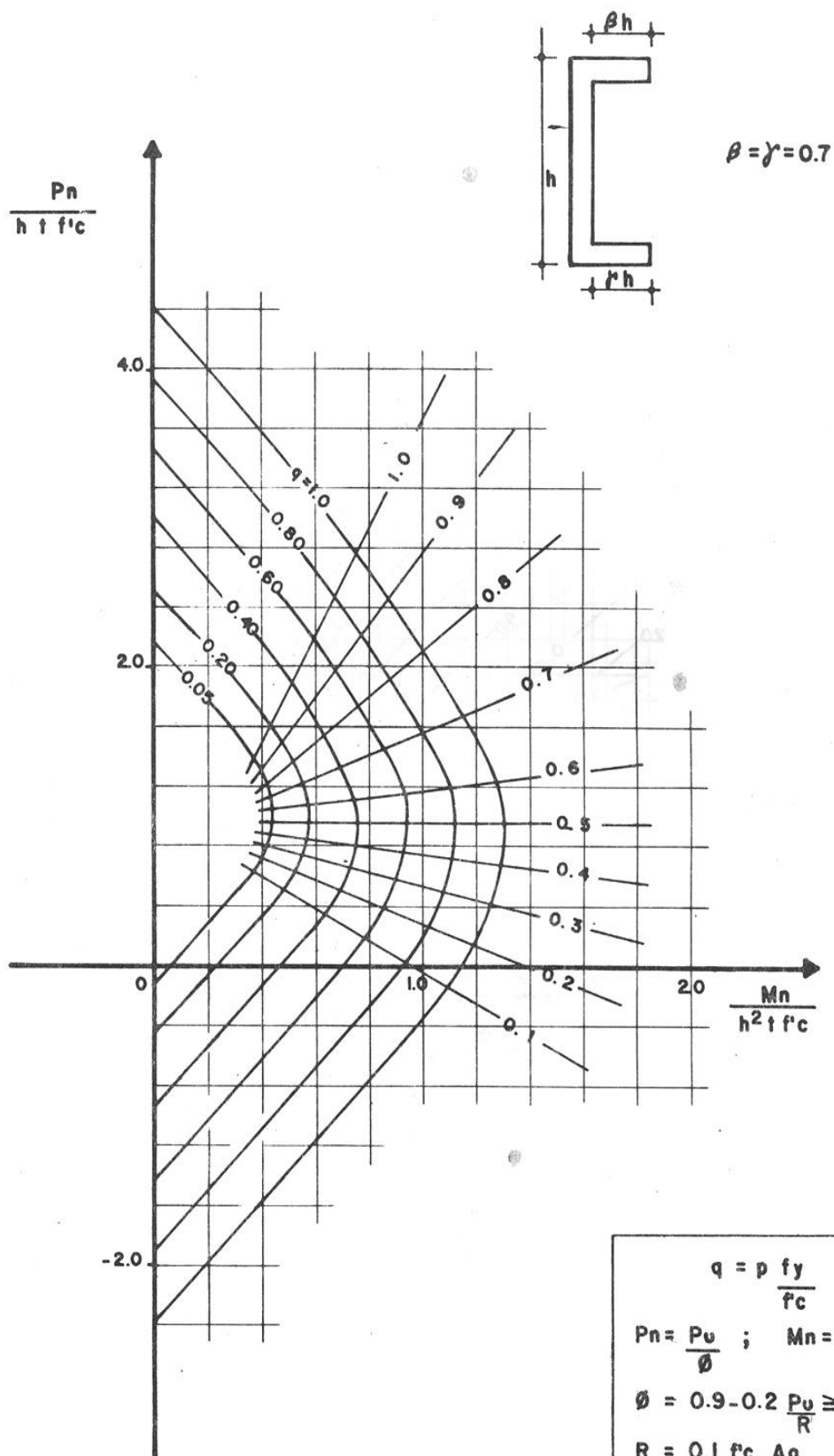
$$q = \rho \frac{f_y}{f'_c}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}, \quad M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

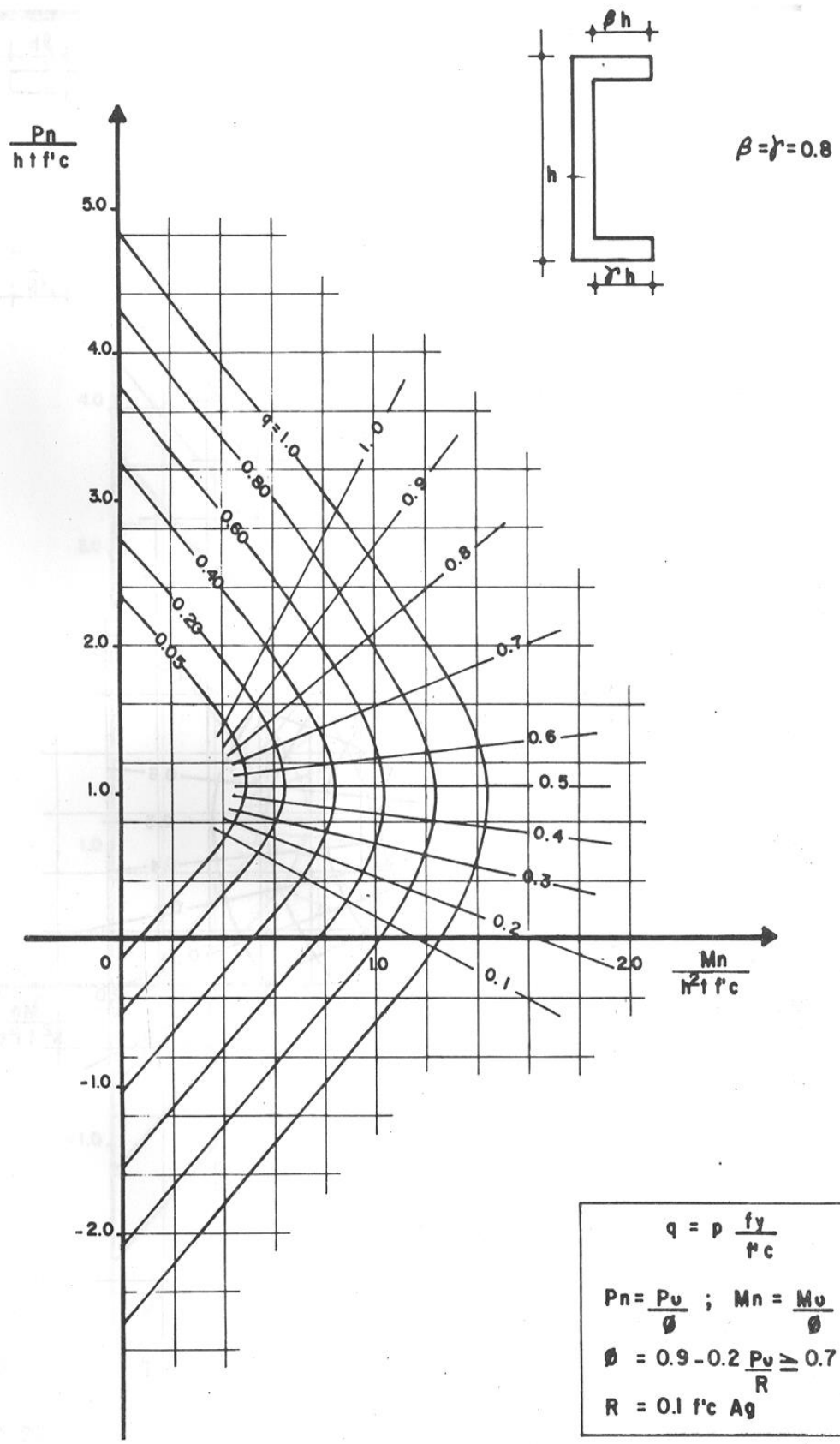
$$\phi = 0.9 - 0.2 \frac{P_u}{R} \geq 0.7$$

$$R = 0.1 f'_c A_g$$

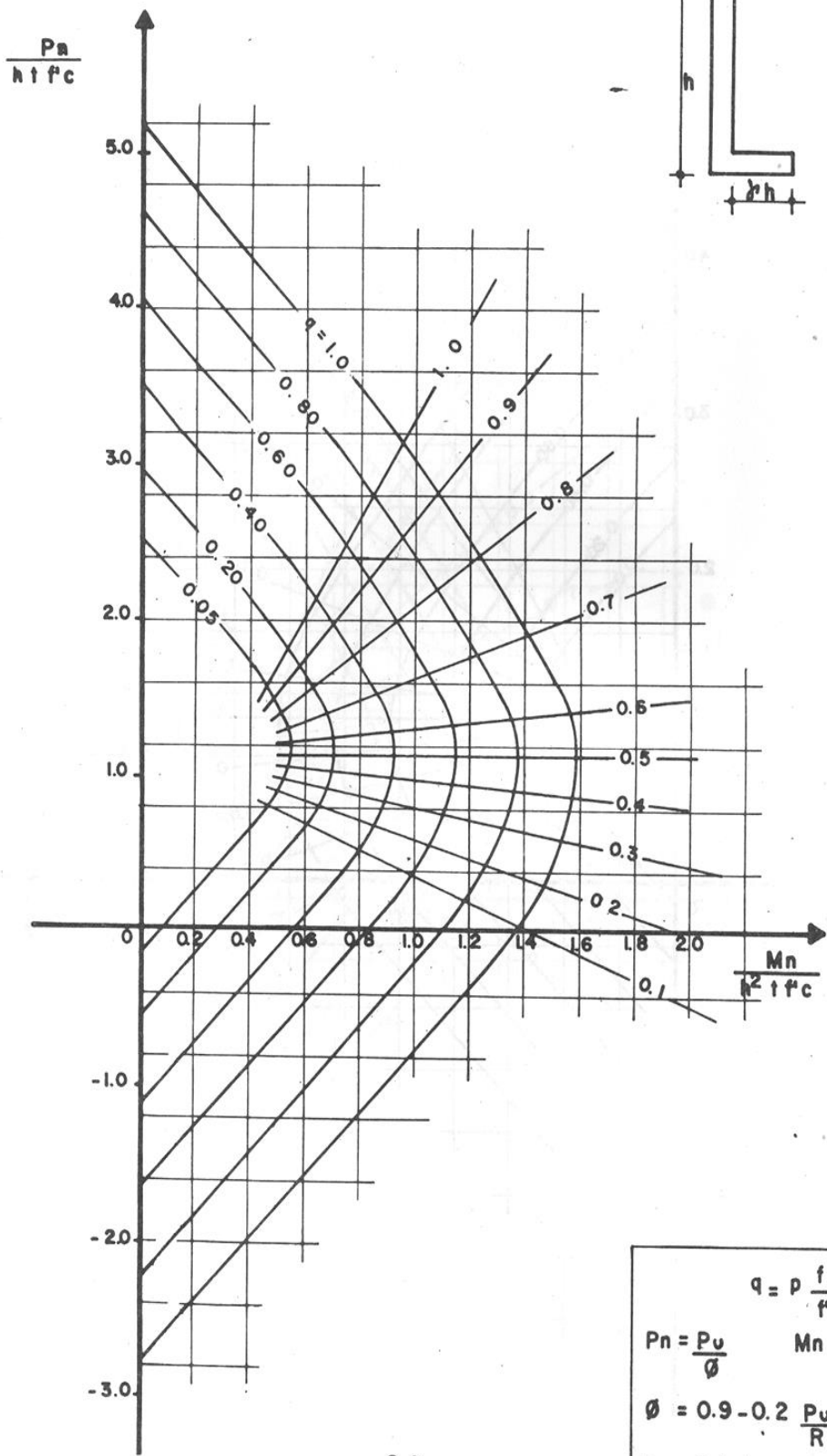
C.6



C.7



C.8



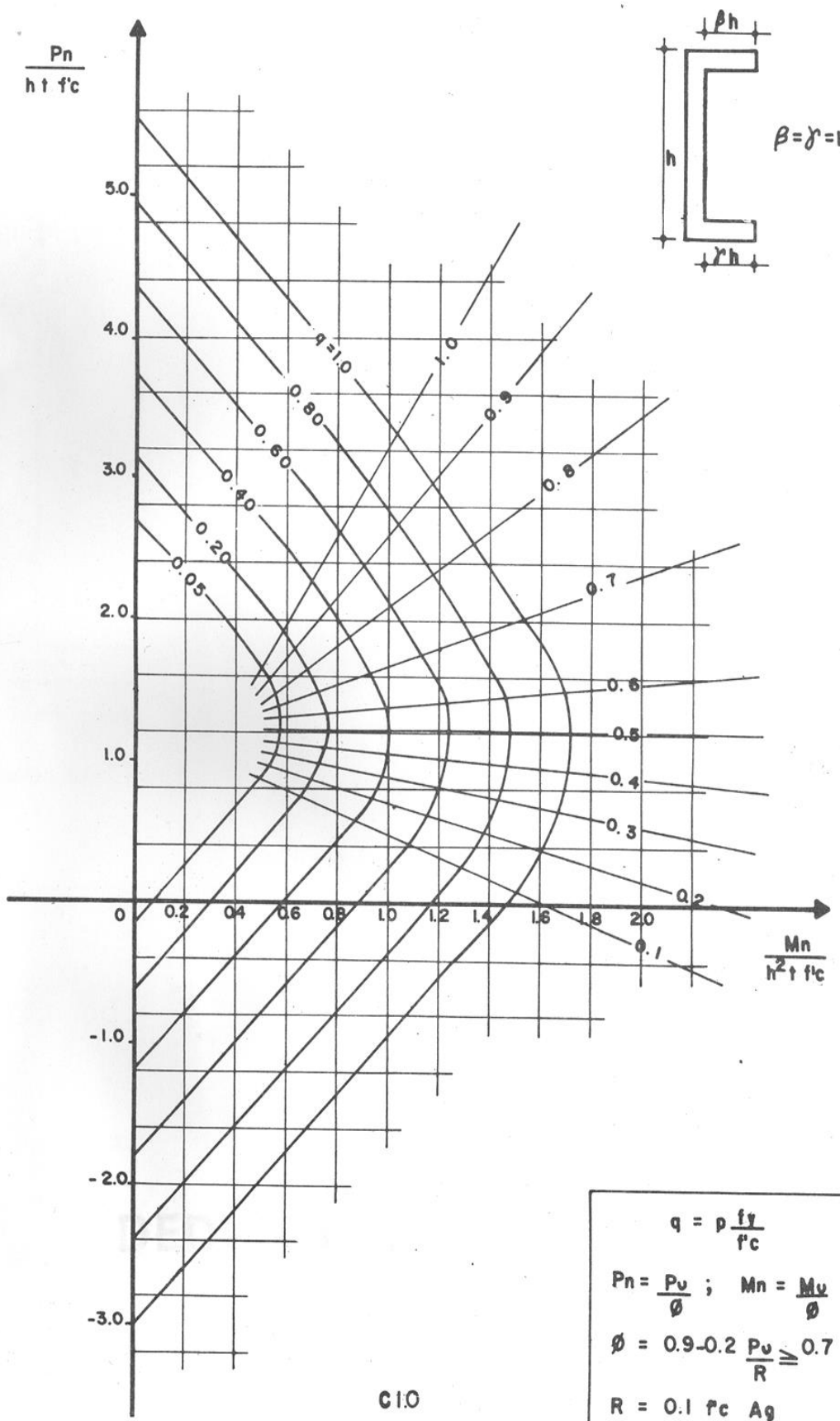
$$q = \rho \frac{f_y}{f'_c}$$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} \quad M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$\phi = 0.9 - 0.2 \frac{P_u}{R} \geq 0.7$$

$$R = 0.1 f'_c A_g$$

C.9



C10

5 APÉNDICE

a) Deducción De Ecuaciones.....	46-69
b) Ejemplos.....	70-76

DIAGRAMAS DE INTERACCION DE SECCIONES (L Y C)

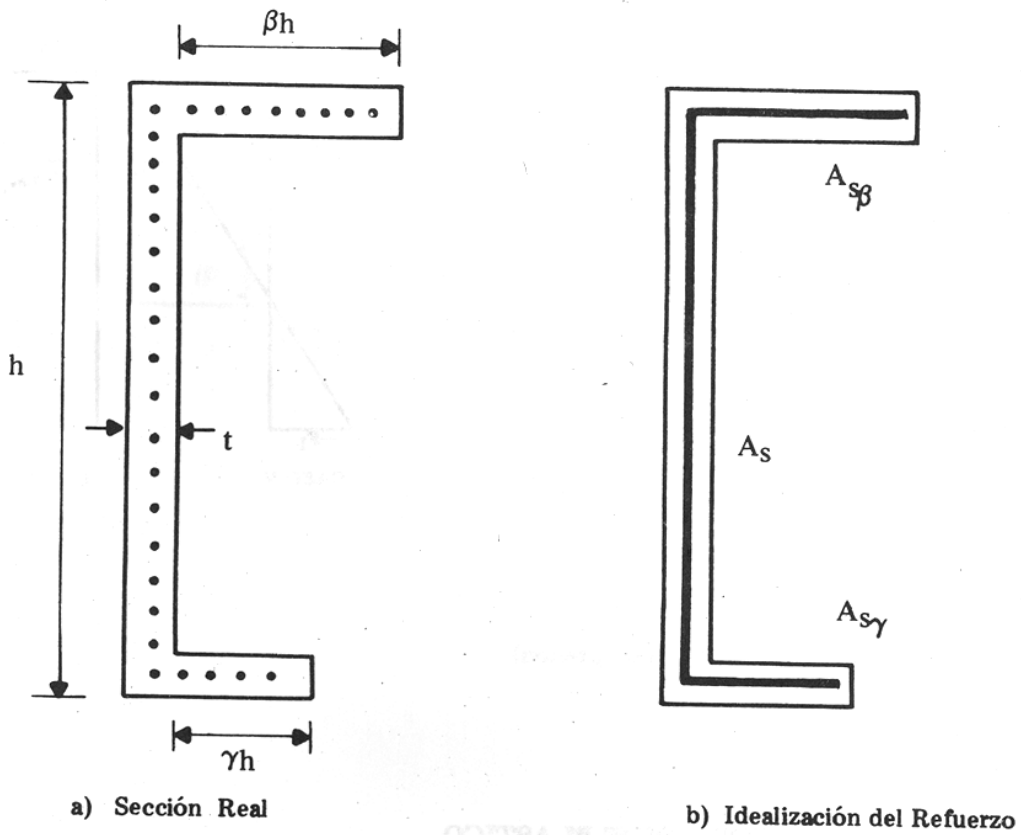


FIGURA 1

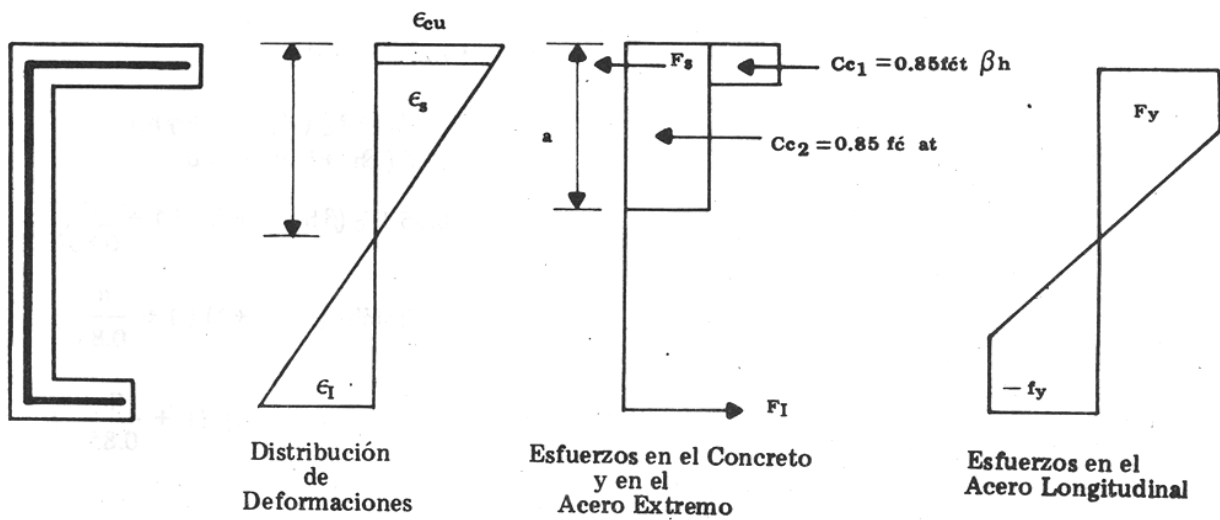
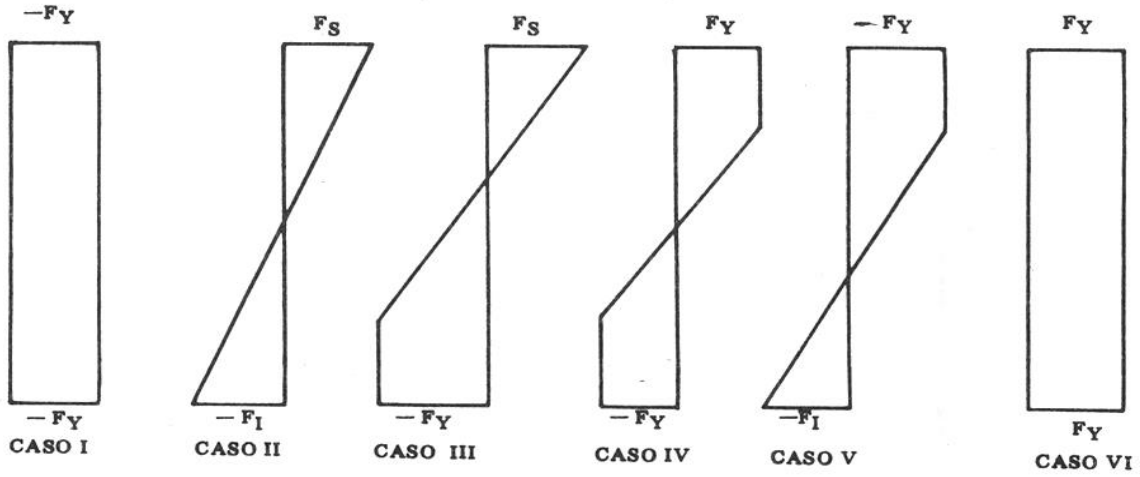


FIGURA 2

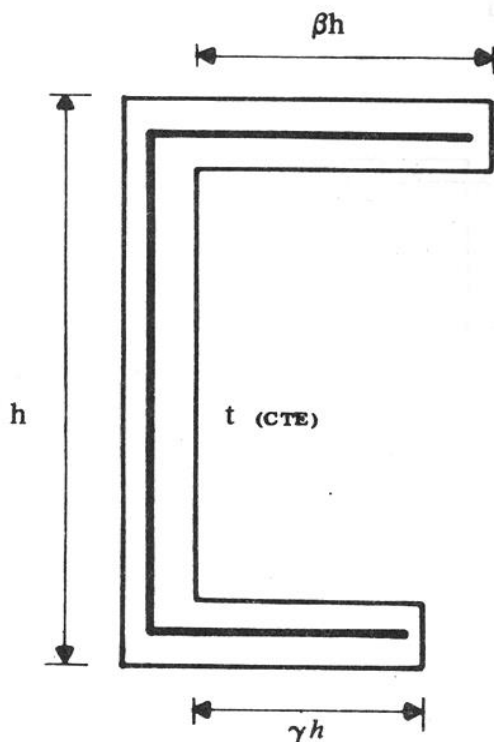
POSIBLES DISTRIBUCIONES DE ESFUERZOS EN EL ACERO LONGITUDINAL

FIGURA 3



CONVENCION DE SIGNOS.—
MOMENTOS + ↻
FUERZAS (+) (Compresión)

CENTROIDE PLASTICO



$$C_p = M_U/P_U$$

$$P_{Uc} = 0.85 \cdot f'_c (\beta h + h + \gamma h) t$$

$$P_{Us} = F_Y (\beta h + h + \gamma h) t \rho$$

$$P_U = 0.85 F'_c (\beta h + h + \gamma h) t \left(1 + \frac{\rho F_Y}{0.85 f'_c} \right)$$

$$P_U = 0.85 f'_c h t (\beta + \gamma + 1) \left(1 + \frac{q}{0.85} \right)$$

$$\frac{P_U}{F'_c h t} = 0.85 (\beta + \gamma + 1) \left(1 + \frac{q}{0.85} \right)$$

$$MU_c = \left[\beta ht \frac{t}{2} + ht \frac{h}{2} + \gamma ht \left(h - \frac{t}{2} \right) \right] 0.85 f'c$$

$$MU_s = \left[\beta htp \frac{h}{2} + htp \frac{h}{2} + \gamma htp \left(h - \frac{t}{2} \right) \right] fY$$

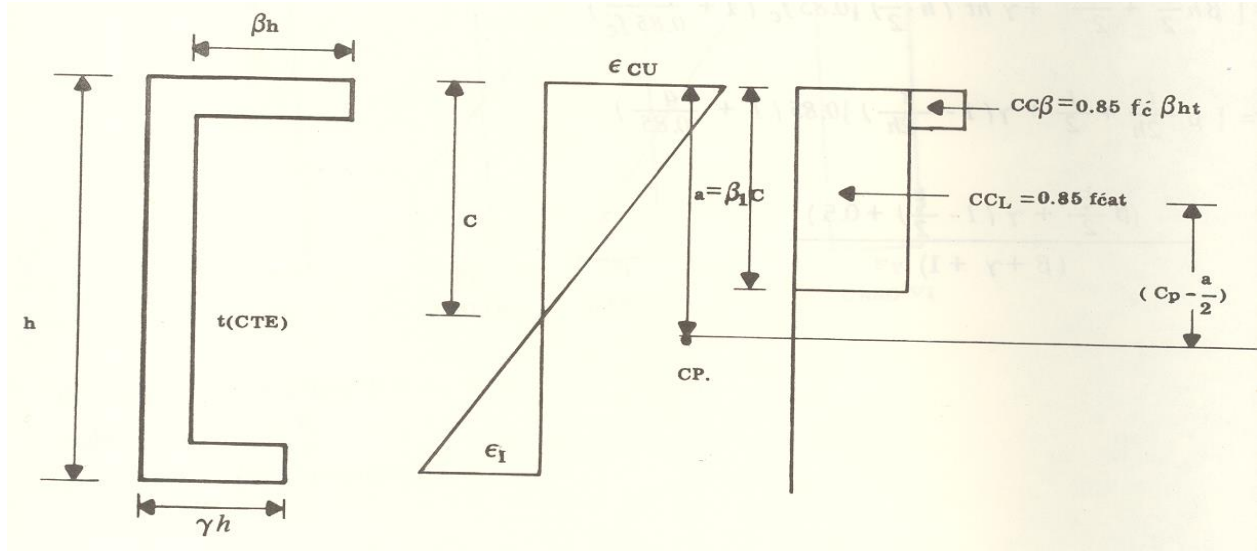
$$MU = \left[\beta h \frac{t^2}{2} + \frac{h^2 t}{2} + \gamma ht \left(h - \frac{t}{2} \right) \right] 0.85 f'c \left(1 + \frac{pfy}{0.85 f'c} \right)$$

$$\frac{MU}{f'c h^2 t} = \left[\beta \frac{t}{2h} + \frac{1}{2} + \gamma \left(1 - \frac{t}{2h} \right) \right] 0.85 \left(1 + \frac{q}{0.85} \right)$$

$$CP = \frac{\left(\beta \frac{\xi}{2} + \gamma \left(1 - \frac{\xi}{2} \right) + 0.5 \right)}{(\beta + \gamma + 1)}$$

DEDUCCIÓN DE LAS ECUACIONES

1. CONCRETO



CASO 1.1. Si $C < \frac{(h-t)}{\beta_1} > \frac{t}{\beta_1}$

$$CC = CC_B + CCL = 0.85 f_c \beta h t + 0.85_1 f_c c t$$

$$CC = 0.85 f_c h t \left[\beta + \beta_1 \frac{c}{h} \right]$$

$$M_{cp} = 0.85 f_c h t \left[(\beta) \left(c_p - \frac{t}{2} \right) + \beta_1 \frac{c}{h} \left(c_p - \frac{\beta_1 a}{2} \right) \right]$$

$$M_{cp} = 0.85 f_c h t \left[(\beta) \left(\frac{c_p}{h} - \frac{t}{2h} \right) + \beta_1 \frac{c}{h} \left(\frac{c_p}{h} - \frac{\beta_1 c}{2h} \right) \right]$$

EN FORMA ADIMENSIONAL

Definiendo $\frac{t}{h} = \xi$

$$\frac{C_c}{0.85 f_c h t} = \left[(\beta) + \beta_1 \frac{c}{h} \right] \quad (1.1.1)$$

$$\frac{M_{cp}}{0.85 f_c h^2 t} = \left[(\beta) \left(\frac{c_p}{h} - \frac{\xi}{2} \right) + \beta_1 \frac{c}{h} \left(\frac{c_p}{h} - \frac{\beta_1 c}{2h} \right) \right] \quad (1.1.1)$$

CASO 1.2 $S_1 C < \frac{t}{\beta_1}$

$$CC = \beta_1 C (t + \beta h) 0.85 f' c = 0.85 f' cht \left(\beta_1 \left(\frac{c}{h} \right) \left(1 + \frac{\beta h}{t} \right) \right)$$

$$Mcp = CC \left(cp - \frac{\beta_1 c}{2} \right)$$

EN FORMA ADIMENSIONAL.

$$CC = \frac{CC}{0.85 f' ht} = \beta_1 \omega \left(1 + \frac{\beta}{\xi} \right) \quad (i. 2.1)$$

$$\frac{Mcp}{0.85 f' ch^2 t} = CC' \left(\frac{cp}{h} - \frac{\beta_1 \omega}{2} \right) \quad (1. 2. 2.)$$

CASO 1.3 Si $\frac{(h-t)}{\beta_1} < C < \frac{h}{\beta_1}$

$$CC = CC\beta + CCL + CC\gamma$$

$$CC = 0.85 fcht \left[(\beta) + \beta_1 \frac{c}{h} + (\gamma) (\xi - 1 + \beta_1 \omega) \right]$$

$$CC\gamma = 0.85 fcht (\gamma (\xi - 1 + \beta_1 \omega))$$

$$brazo \gamma = \frac{-(\beta_1 C - t + h)}{2} + cp = cp - \frac{\beta_1 C}{2} - \frac{h}{2} + \frac{t}{2}$$

$$Mcp\gamma = 0.85 fch^2 t \left[\gamma (\xi - 1 + \beta_1 \omega) \right] \left(\frac{cp}{h} - \frac{\beta_1 \omega}{2} - \frac{1}{2} + \frac{\xi}{2} \right)$$

$$CC = 0.85 fcht \left[(\beta) + \beta_1 \omega + (\gamma) (\xi - 1 + \beta_1 \omega) \right] \quad (l. 3. 1)$$

$$** M_{cp} = M_{cp} (EQ. 1.1.2) + M_{cp}\gamma$$

$$\frac{M_{cp}}{0.85 fch^2 t} = (\beta - \xi) \left(\frac{cp}{h} - \frac{\xi}{2} \right) + \beta_1 \frac{c}{h} \left(\frac{cp}{h} - \frac{\beta_1 C}{2h} \right) + \left[(\gamma) (\xi - 1 + \beta_1 \omega) \left(\frac{cp}{h} - \frac{\beta_1 \omega}{2} - \frac{1}{2} + \frac{\xi}{2} \right) \right]$$

CASO 1.4 Si $C > \frac{H}{\beta_1}$

$$CC = CC\beta + CC_L + CC\gamma$$

$$CC\beta = 0.85 fct \beta h$$

$$CC_L = 0.85 fct \gamma h$$

$$CC_L = 0.85 fct \gamma$$

$$CC = 0.85 fct h [(\beta + \gamma + 1)]$$

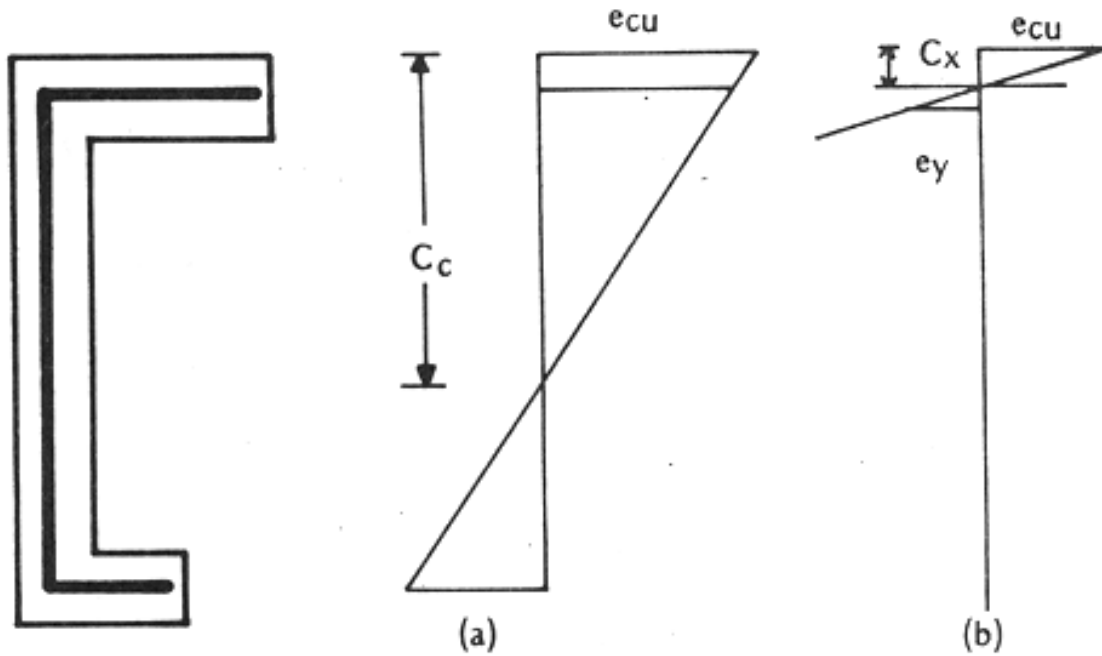
$$M_{pc} = 0.85 fct h^2 \left((\beta) \left(\frac{cp}{h} - \frac{\xi}{2} \right) + (\gamma) \left(\frac{cp}{h} - 1 + \frac{\xi}{2} \right) + \left(\frac{cp}{h} - \frac{1}{2} \right) \right)$$

EN FORMA ADIMENSIONAL

$$CC = 0.85 fct h [(\beta + \gamma + 1)] \quad (1.4.1)$$

$$M_{pc} = 0.85 fct h^2 \left[(\beta) \left(\frac{cp}{h} - \frac{\xi}{2} \right) + (\gamma) \left(\frac{cp}{h} - 1 + \frac{\xi}{2} \right) + \left(\frac{cp}{h} - \frac{1}{2} \right) \right] \quad (1.4.2)$$

II. ACERO SUPERIOR CONCENTRADO



a) Profundidad del Eje Neutro para Fluencia en Compresión.

$$\frac{C_{sc}}{\left(C_s - \frac{t}{2}\right)} = \frac{ecu}{ey} = \mu$$

$$C_{sc} (1 - \mu) = -\mu \frac{t}{2}; \frac{C_{sc}}{h} = \frac{\mu}{(\mu - 1)} \frac{t}{2h}$$

b) Profundidad del Eje Neutro para la Fluencia en Tensión.

$$\frac{ecu}{C} \frac{ecu + ey}{(t/2)}$$

$$Cst = \left(\frac{t}{2}\right) \left(\frac{ecu}{ecu + ey}\right) = \left(\frac{t}{2}\right) \left(\frac{\mu}{\mu + 1}\right)$$

$$\frac{Cst}{h} = \left(\frac{t}{2h}\right) \left(\frac{\mu}{\mu + 1}\right) = \left(\frac{\xi}{2}\right) \left(\frac{\mu}{\mu + 1}\right) \dots \dots \dots (b)$$

$$\text{II.-1} \quad S_1 \frac{C}{h} > \frac{Csc}{h} \text{ o sea } es = ey$$

$$CA_{s\beta} = A_s fy$$

$$\text{DEFINIENDO } q = \rho \frac{fy}{fc'}$$

$$CA\beta = (\beta h) t \rho fy$$

$$F_{s\beta} = \frac{CA_s \beta}{htfc'} = \beta \rho \frac{fy}{fc'} = (\beta q) \quad (\text{II.1.})$$

$$\text{CASO II. 2} \quad Si \frac{C}{h} < \frac{Cst}{h} \text{ o sea } es = -ey$$

$$TA = -As\beta fy$$

$$F_s = \frac{TA_s \beta}{htfc'} = -q\beta \quad (\text{II.2.})$$

$$\text{CASO II.3} \quad Si \frac{Cst}{h} < \frac{C}{h} < \frac{Csc}{h} \text{ o sea } ey < es > -ey$$

$$es = \frac{(C - t/2)}{C} ; es = \frac{(C - t/2)}{C} \text{ ecu}$$

$$es = \left(1 - \frac{t}{2c}\right) \mu ey$$

$$FAs\beta = esE As\beta = \left(1 - \frac{t}{2c}\right) \mu eyE \beta ht\rho$$

$$F_s\beta = \frac{FAs\beta}{htfc'} = \mu \left(1 - \frac{t}{2c}\right) \beta q \quad (\text{II.3.})$$

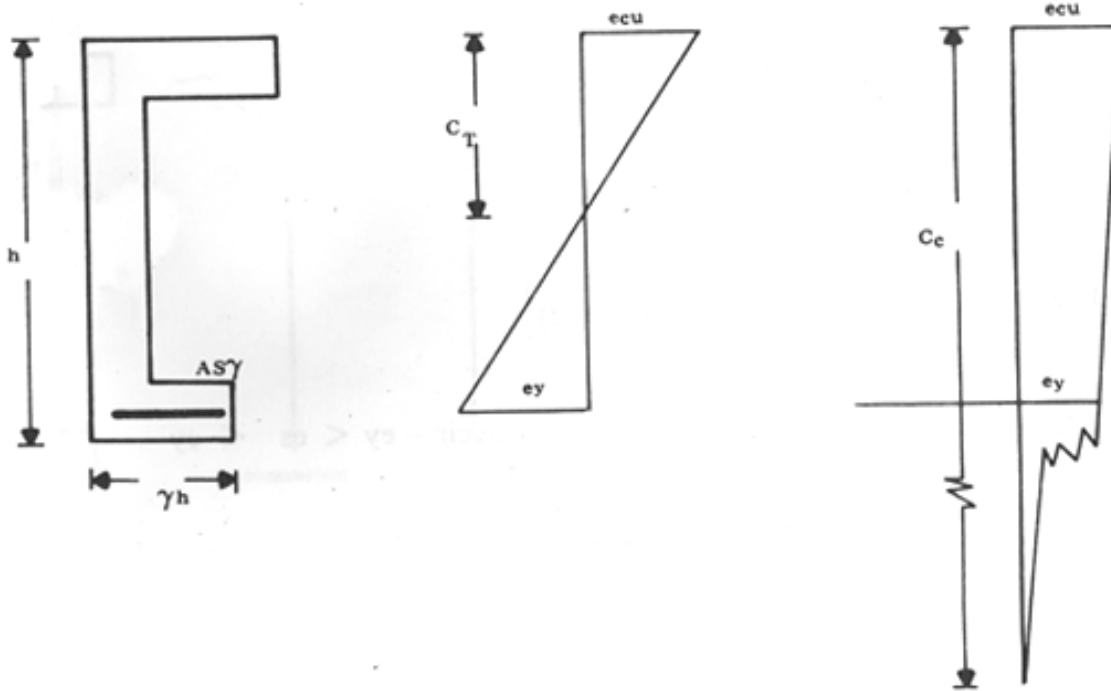
MOMENTO

En todos los Casos Anteriores

$$Mcp = F_s\beta * \left(cp - \frac{t}{2}\right)$$

$$\frac{Mcp}{h^2 t^3 c} = Fs\beta \left(\frac{cp}{h} - \frac{t}{2h} \right) \quad (ll. 4.)$$

III. ACERO INFERIOR CONCENTRADO



a) EJE NEUTRO PARA FLUENCIA EN TENSIÓN.-

$$\frac{C_{IT}}{ecu} = \frac{(h - t/2)}{(ecu + ey)}$$

$$C_{IT} = \frac{ecu}{(ecu + ey)} \left(h - \frac{t}{2} \right) = \frac{\mu}{(\mu + 1)} \left(h - \frac{t}{2} \right)$$

$$\omega IT = \frac{C_{IT}}{h} = \frac{\mu}{\mu + 1} \left(1 - \frac{\xi}{2} \right) \dots\dots\dots (a)$$

b) EJE NEUTRO PARA FLUENCIA EN COMPRESIÓN.-

$$\frac{C_{IC}}{ecu} = \frac{C_c - (h - t/2)}{ey} = -C_c + \mu C_c = +\mu \left(h - \frac{t}{2} \right)$$

$$C_c (\mu - 1) = \mu \left(h - \frac{t}{2} \right)$$

$$C_{IC} = \frac{\mu}{\mu - 1} \left(h - \frac{t}{2} \right)$$

$$\omega_{IC} = \frac{C_{CI}}{h} = \frac{\mu}{\mu-1} \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) \dots\dots\dots (b)$$

CASO III.1.- Si $\frac{C}{h} < \frac{C_{IT}}{h}$ es decir $+ es = - ey$

$$T_{AS\gamma} = -A_{S\gamma} fy - \gamma ht \rho fy$$

$$f_{S\gamma} = \frac{T_{AS\gamma}}{htf'c} = \gamma q \dots\dots\dots (III.1)$$

CASO III.2.- Si $\frac{C}{h} > \frac{C_C}{h}$ es decir $es = ey$

$$C_{AS\gamma} = A_{S\gamma} fy = \gamma ht \rho fy$$

$$F_{S\gamma} = \frac{C_{AS\gamma}}{htf'c} = \gamma q \dots\dots\dots (III.2)$$

CASO III.3.- Si $\frac{C_{IT}}{h} < \frac{C}{h} < \frac{C_{IC}}{h}$ es decir $- ey < es < ey$



$$\frac{ecu}{c} = \frac{ecu + es}{\left(h - \frac{t}{2}\right)}; \quad es = \frac{\left(h - \frac{t}{2}\right)}{c} \times ecu - ecu$$

$$es = ecu \left(-\frac{h}{c} + \frac{t}{2c} + 1\right); \quad es = \mu ey \left(-\frac{h}{c} + \frac{t}{2c} + 1\right)$$

$$C_{AS\gamma} = A_{S\gamma} E_{es} \gamma ht \rho \mu fy \left(-\frac{h}{c} + \frac{t}{2c} + 1\right)$$

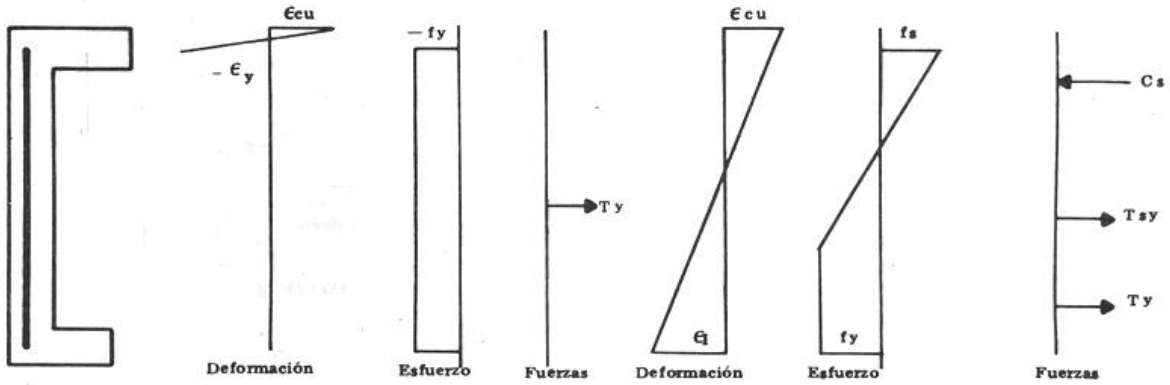
$$F_{S\gamma} = \frac{C_{AS\gamma}}{htf'c} = \gamma q \mu \left(-\frac{h}{c} + \frac{t}{2c} + 1\right)$$

$$F_{S\gamma} = \gamma q \mu \left(\frac{1}{\omega} + \frac{\xi}{\omega} + 1\right) \dots\dots\dots (III. 3)$$

EN TODOS LOS CASOS.....EL MOMENTO ES:

$$\frac{M_{UCP}}{h^2 t f' c} = F_s \gamma * \left(\frac{cp}{h} - 1 + \frac{\xi}{2} \right)$$

IV. ACERO LAMINAR DISTRIBUIDO EN LA ALTURA



CASO IV.1

CASO IV.2

CASO IV. 1

Si $E_s < -E_y$ o sea $C < C_{ST}$

$$F_L = T_y$$

$$M_L = M_{T_y}$$

CASO IV. 2

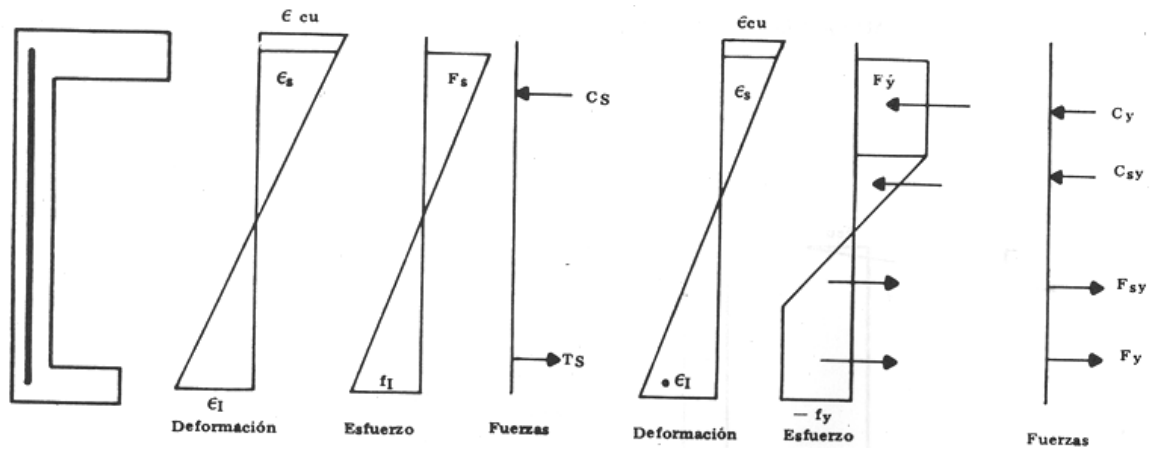
Si $-E_y < E_s < E_y$

o sea $C_{ST} < c < C_{IT}$

$$E_1 < -E_y$$

$$F_L = C_s + T_{s_y} + T_y$$

$$M_L = M_{c_s} + M_{t_{s_y}} + M_{t_y}$$



CASO IV. 3

CASO IV. 4

CASO IV. 3.-

$$Si - \epsilon_y < \epsilon_s < \epsilon_y ; - \epsilon_y < \epsilon_l < \epsilon_y$$

$$C_{ST} < C < C_{SC}$$

$$C_{IT} < C < C_{IC}$$

$$F_L = C_s + T_s$$

$$M_L = M_{cs} + M_{ts}$$

CASO IV. 4.-

$$\epsilon_s > \epsilon_y ; \epsilon_l < - \epsilon_y$$

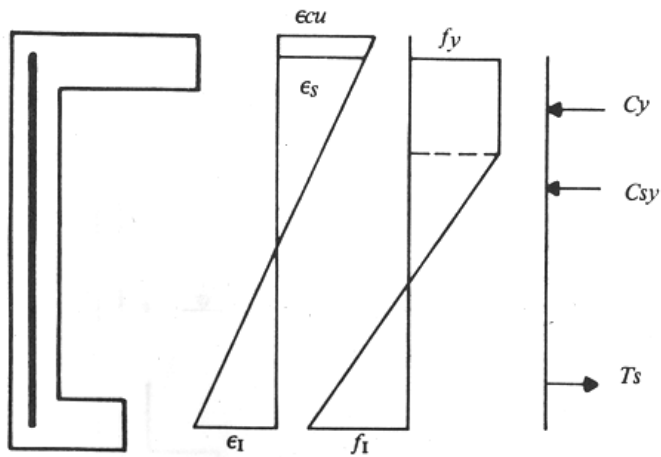
$$C > C_{SC}$$

$$C < C_{IT}$$

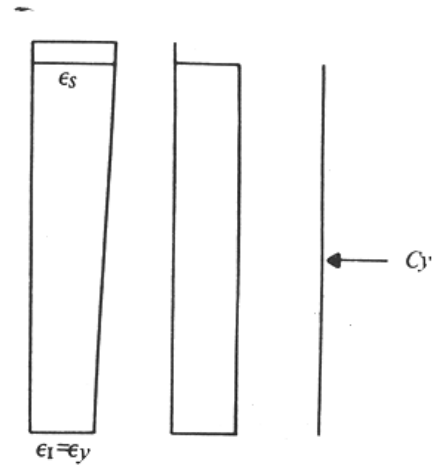
$$F_L = C_y + C_{sy} + F_{sy} + F_y$$

$$M_L = M_{cy} + M_{cs} + M_{fsy} + M_{ty}$$

CASO IV. 5



CASO IV. 6



CASO IV. 5

Si $\epsilon_s > \epsilon_y$; $-\epsilon_y < \epsilon_i < \epsilon_y$

Es decir $C > C_{SC}$ y $C_{T,C} < C < C_{I,C}$

$$FL = C_y + C_{sy} + T_s$$

$$ML = M_{cy} + M_{csy} + M_{ts}$$

CASO IV. 6

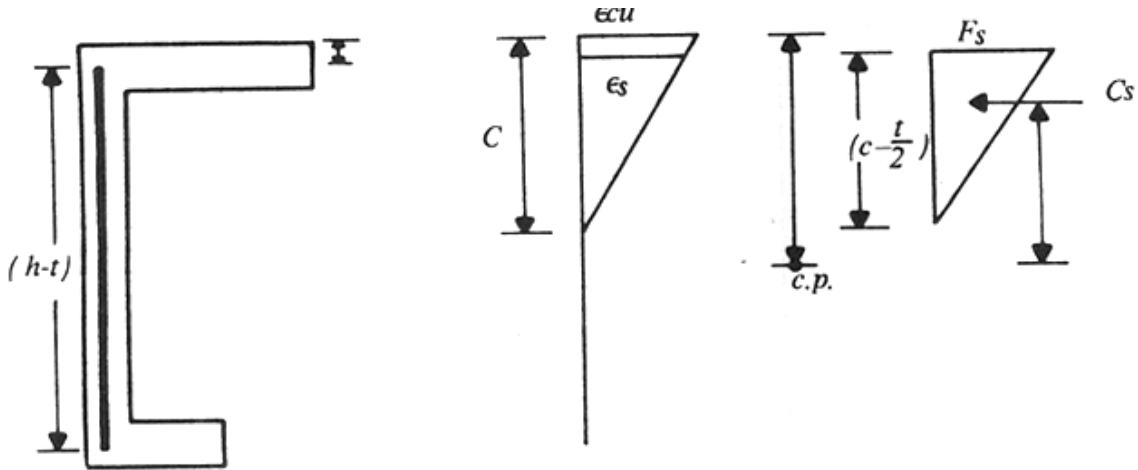
$\epsilon_i > \epsilon_y$ es decir $C > C_{I,C}$

$$FL = C_y$$

$$ML = M_{cy}$$

RESULTANTES PARCIALES

1. (CS) Y (MCS)



$$f_s = \left(1 - \frac{t}{2c}\right) \mu f_y$$

$$C_s = \frac{f_s}{2} \left(c - \frac{t}{2}\right) \frac{Asl}{(h-t)}$$

$$C_s = \left(1 - \frac{t}{2c}\right) \left(c - \frac{t}{2}\right) \frac{\mu}{2} f_y \rho \frac{ht}{(h-t)}$$

$$C_s = \frac{c's}{htf'c} = \frac{\left(1 - \frac{t}{2c}\right) (c - t/2)}{2(h-t)} \mu q$$

$$C_s = \frac{(1 - \xi/2w (w - \xi/2))}{2(1 - \xi)} = (w - \xi + \xi^2/4w) \frac{\mu q}{2(1 - \xi)} \dots\dots\dots(1.a)$$

$$brazo = cp - \left(\frac{t}{3} \left(c - \frac{t}{2}\right) + \frac{t}{2}\right) = cp - \left(\frac{c}{3} - \frac{t}{6} + \frac{t}{2}\right) = cp - \frac{c}{3} - \frac{t}{3}$$

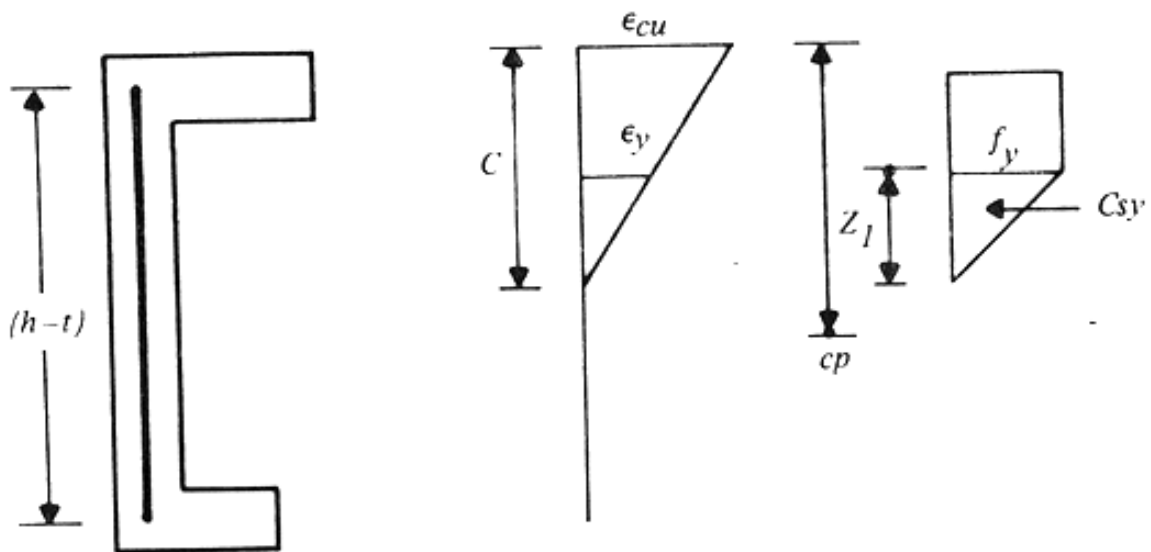
$$brazo = cp - \frac{1}{3}(c + t)$$

$$M'cs = cp \left(cp - \frac{1}{3}(c+t) \right)$$

$$\frac{M'cs}{h^2 t'c} = cp \left(\frac{cp}{h} - \frac{1}{3}(w+\xi) \right)$$

$$Mcs = cs \left(\frac{cp}{h} - \frac{1}{3}(w+\xi) \right) \dots\dots\dots(1.b)$$

2. (Csy) y (M_{Csy})



$$C'sy = \frac{fy Z_1}{2} \cdot \frac{A_{sl}}{(h-t)} ; z_1 = \frac{c}{\mu}$$

$$C'sy = \frac{C}{2\mu(h-t)} \rho h t f_y$$

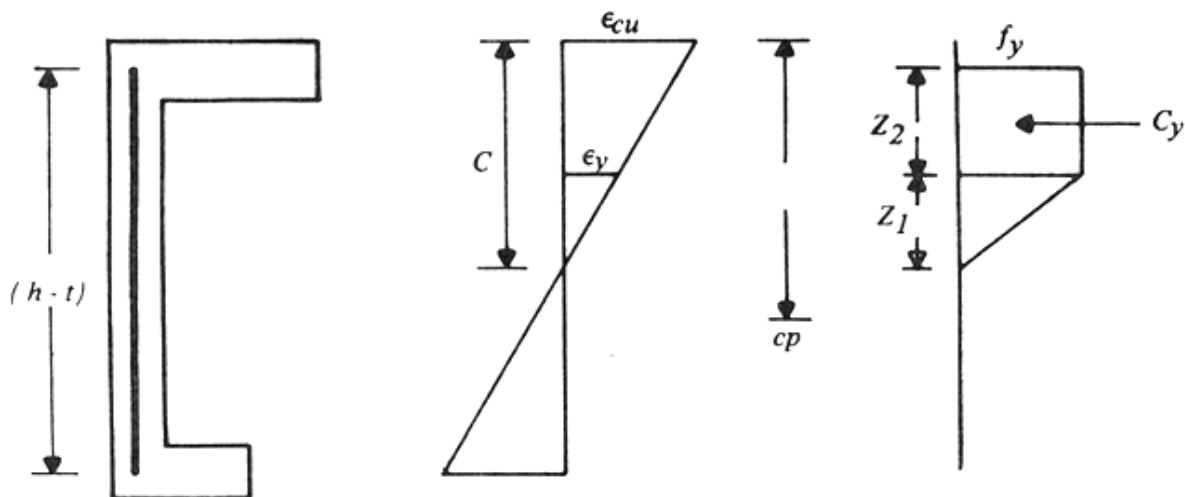
$$Csy = \frac{C'sy}{h t'c} = \frac{q}{2} \frac{\omega}{\mu(1-\xi)} \dots\dots\dots(2.a)$$

$$brazo = cp - \left(c - \frac{2}{3} Z_1 \right) = cp - \left(1 + \frac{2}{3\mu} \right)$$

$$M'csy = C'sy \left(cp - c \left(1 + \frac{2}{3\mu} \right) \right)$$

$$M_{scy} = \frac{M'_{cs} Y}{h^2 t f' c} = C_{sy} \left(\frac{cp}{h} - \omega + \frac{2\omega}{3\mu} \right) \dots\dots\dots(2.b)$$

3. (Cy) y (M_{cy})



$$Z_1 = c/\mu ; Z_2 = Z_1 - t/2$$

$$Z_2 = c \left(1 - \frac{1}{\mu} - \frac{t}{2c} \right) = c \left(1 - \frac{1}{\mu} - \frac{\xi}{2\omega} \right)$$

$$C'y = f_y Z_2 \frac{A_{sl}}{(h-t)}$$

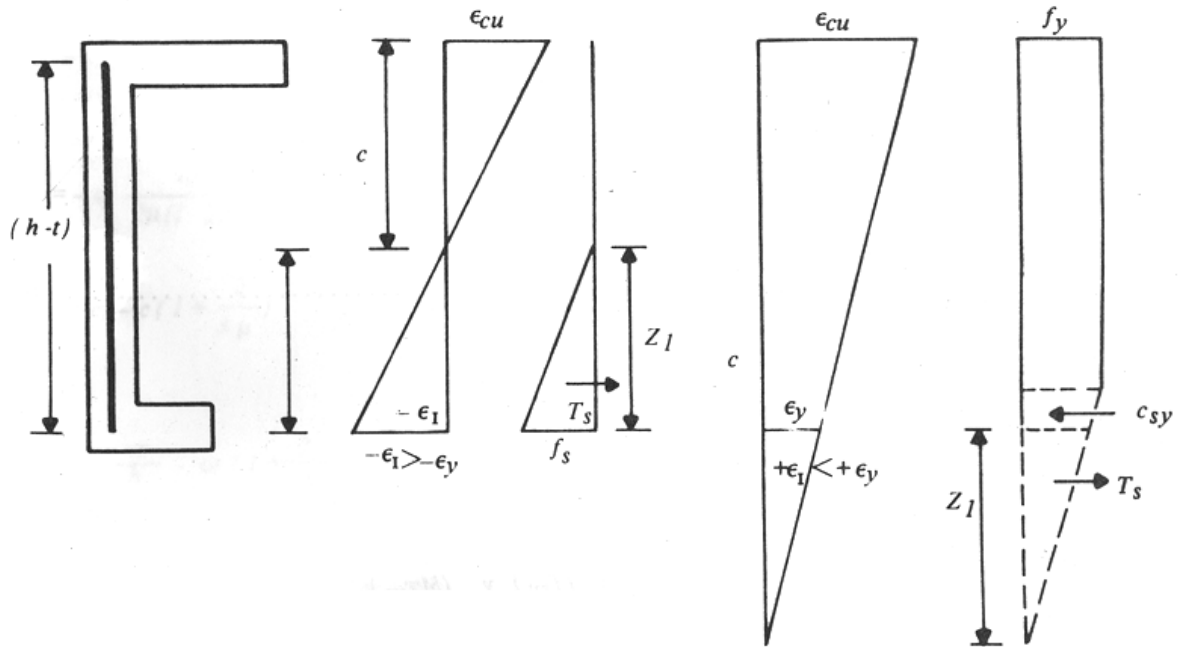
$$C'y = f_y c \left(1 - \frac{1}{\mu} - \frac{\xi}{2\omega} \right) \frac{\rho h t}{(h-t)}$$

$$\frac{C'y}{h t f' c} = q\omega \frac{(1 - 1/\mu - \xi/2\omega)}{(1 - \xi)} \dots\dots\dots(3.a)$$

$$\begin{aligned} \text{brazo} &= cp - (Z_2/2 + t/2) = cp - \frac{1}{2} (Z_2 + t) \\ &= cp - \frac{c}{2} \left[\left(1 - \frac{1}{\mu} - \frac{\xi}{2\omega} \right) + \frac{\xi}{\omega} \right] \end{aligned}$$

$$\frac{M'_{cy}}{h^2 t f' c} = \left(\frac{cp}{h} - \frac{\omega}{2} + \frac{\omega}{2\omega} - \frac{\xi}{4} \right) cy \dots\dots\dots(3.b)$$

4. (T_s) y (M_T)



$$Z_l = c - h + \frac{t}{2} = c \left(1 - \frac{h}{c} + \frac{t}{2c} \right)$$

$$T'_s = \frac{f_s Z_l}{2} * \frac{A_{sI}}{(h-t)}$$

$$\epsilon_s = \mu \epsilon_y \left(1 - \frac{h}{c} + \frac{t}{2c} \right)$$

$$f_s = \mu f_y \left(1 - \frac{h}{c} + \frac{t}{2c} \right)$$

$$T'_s = -\mu f_y \left(1 - \frac{h}{c} + \frac{t}{2c} \right)^2 \frac{c}{2} \frac{A_{sI}}{(h-t)}$$

$$\frac{T'_s}{h t f' c} = -\frac{c}{2h} \left(1 - \frac{h}{c} + \frac{t}{2c} \right)^2 \frac{\mu \omega}{(1-\xi)}$$

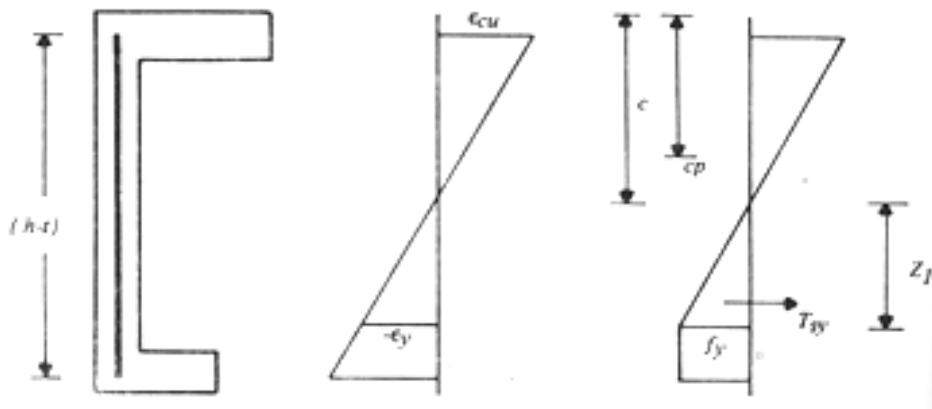
$$T_s = - \frac{q}{2} \left(1 - \frac{1}{\omega} + \frac{\xi}{2\omega} \right)^2 \frac{\mu\omega}{(1-\xi)} \dots\dots\dots (4.a)$$

$$\begin{aligned} \text{brazo} &= (cp - c) + \frac{2}{3} Z_1 \\ &= cp - c + \frac{2}{3} c \left(1 - \frac{h}{c} + \frac{t}{2c} \right) \end{aligned}$$

$$\frac{\text{brazo}}{h} = cp + \frac{2}{3} c \left(\frac{t}{2c} - \frac{h}{c} - \frac{1}{2} \right) = \frac{cp}{h} + \frac{1}{3} (\xi - \omega - 2)$$

$$\frac{M_{ts}}{h^2 t f' c} = T_s \left(\frac{cp}{h} + \frac{1}{3} (\xi - \omega - 2) \right) \dots\dots\dots (4.b)$$

5. (Tsy) y (MTsy)



$$\frac{\epsilon_{cu}}{c} = \frac{\epsilon_y}{Z_1} \quad Z_1 = \frac{\epsilon_y}{\epsilon_{cu}} \quad c = \frac{C}{\mu}$$

$$T'_{sy} = - \frac{F_y Z_1}{2} \frac{Asl}{(h-t)}$$

$$T_{sy} = \frac{fy^c}{2\mu} \frac{htp}{(h-t)} = -\frac{fy}{2\mu} \omega p \frac{ht}{(1-t/h)}$$

$$\frac{T_{sy}}{htf^c} = -q \frac{\omega}{2\mu(1-\xi)}$$

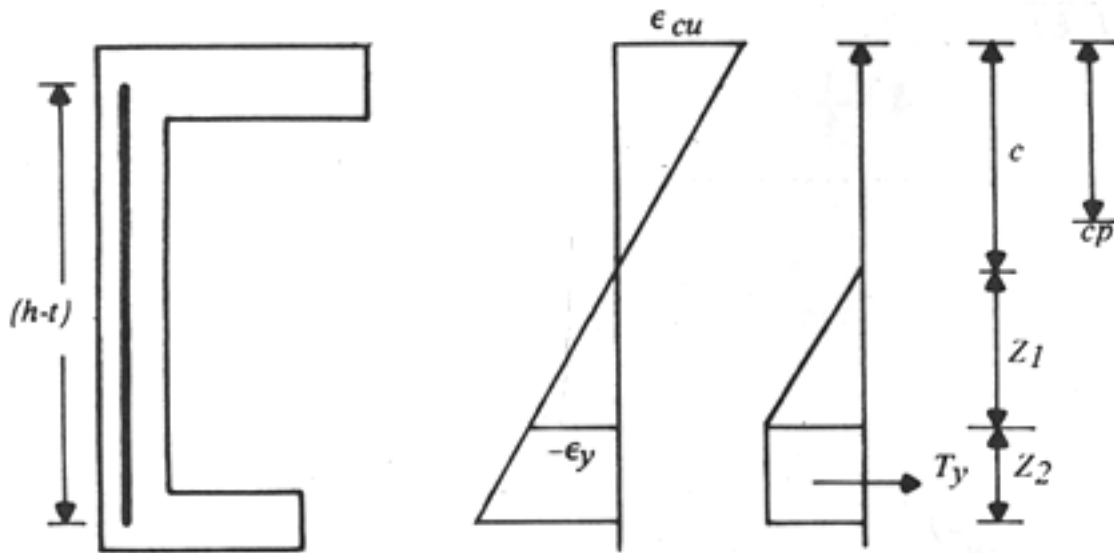
$$T_{sy} = -q \frac{\omega}{2\mu(1-\xi)} \dots\dots\dots(5.a)$$

$$brazo = cp - c \left(1 + \frac{2}{3\mu} \right)$$

$$\frac{brazo}{h} = \frac{cp}{h} - \omega \left(1 + \frac{2}{3\mu} \right)$$

$$M_{Tsy} = T_{sy} \left(\frac{cp}{h} - \omega \left(1 + \frac{2}{3\mu} \right) \right) \dots\dots\dots(5.b)$$

6. (T_y) y (MT_y)



$$Z_1 = c/\mu ; Z_2 = \left(h - \frac{t}{2} \right) - c - Z_1$$

$$T_y = -f_y Z_2 \frac{A_{sl}}{(h-t)}$$

$$T_y = -f_y \left(h - \frac{t}{2} - c - \frac{c}{\mu} \right) \frac{h t p}{(h-t)}$$

$$\frac{T_y}{h t f' c} = -q \left(\frac{1 - \xi/2 - \omega - \omega/\mu}{(1 - \xi)} \right)$$

$$brazo = c p - c - Z_1 - \frac{Z_2}{2} = c p - \frac{c}{2} - \frac{c}{2\mu} - \frac{1}{2} + \frac{t}{4}$$

$$\frac{brazo}{h} = \left(\frac{c p}{h} - \frac{\omega}{2} - \frac{\omega}{2\mu} + \xi/4 - 1/2 \right)$$

$$T_y = -q \frac{(1 - \xi/2 - \omega - \omega/\mu)}{(1 - \xi)} \dots\dots\dots(6.a)$$

$$M_{Ts} = T_y \left(\frac{cp}{h} - \frac{\omega}{2} - \frac{\omega}{2\mu} + \frac{\xi}{4} - \frac{1}{2} \right) \dots\dots\dots(6.b)$$

ACERO SUPERIOR CONCENTRADO

FLUENCIA EN COMPRESIÓN

FLUENCIA EN TENSIÓN

a) $\frac{C_{sc}}{h} = \omega_{sc} = \frac{\mu\xi}{2(\mu-1)}$

b) $C_{st}\omega_{st} = \frac{\xi}{2} \left(\frac{\mu}{\mu+1} \right)$

siendo $\mu = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_y}$

$q = \rho \frac{f_y}{f'_c}$

ACERO SUPERIOR

	$FA\beta$	$MEA\beta$	
$\omega \geq \omega_{sc}$	$(\beta)q$	$FA\beta (K - \xi/2)$	(1)
$\omega \leq \omega_{st}$	$-(\beta)q$	$FA\beta (K - \xi/2)$	(2)
$\omega_{st} < \omega < \omega_{sc}$	$\left(1 - \frac{\xi}{2\omega} \right) \mu q \beta$	$FA\beta (K - \xi/2)$	(3)

ACERO INFERIOR CONCENTRADO

FLUENCIA DE TENSIÓN

FLUENCIA DE COMPRESIÓN

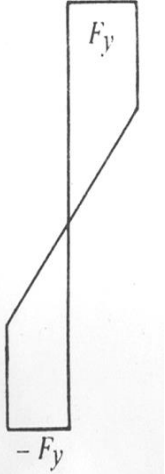


$$a) \omega_{\Pi} = \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) \left(\frac{\mu}{\mu + 1}\right)$$

$$b) \omega_{IC} = \left(\frac{\xi}{2} - 1\right) \left(\frac{\mu}{\mu - 1}\right)$$

ACERO INFERIOR

$\omega \leq \omega_{\Pi}$	FA_{γ}	MFA_{γ}	(1)
	$-\gamma q$	$FA_{\gamma} \left(K - 1 + \frac{\xi}{2} \right)$	
$\omega > \omega_{IC}$	γq	$FA_{\gamma} (K - 1 + \xi/2)$	(2)
$\omega_{\Pi} < \omega < \omega_{IC}$	$\gamma q \mu \left(1 + \frac{\xi}{2\omega} - \frac{1}{\omega} \right)$	$FA_{\gamma} \left(K - 1 + \frac{\xi}{2} \right)$	(3)

ACERO LONGITUDINAL (Cont.)

$\omega > \omega_{sc}$ y $\omega \leq \omega_{IT}$	$FL = CY + CSY + FSY + TY$ $c_y = q\omega \frac{\left(1 - \frac{1}{\mu} - \frac{\xi}{2\omega}\right)}{(1-\xi)}$ $C_{sy} = \frac{q}{2} \frac{\omega}{\mu(1-\xi)}$ $T_{sy} = -q \frac{\omega}{\mu(1-\xi)}$ $T_y = -q \frac{(1-\xi/2 - \omega - \omega/\mu)}{(1-\xi)}$	$ML = MCy + MCs + MTsy + MTy$ $M_{cy} = C_y \left(K - \frac{\omega}{2} + \frac{\omega}{2\mu} - \frac{\xi}{4} \right)$ $M_{csy} = C_{sy} \left(K - \omega + \frac{2\omega}{3\mu} \right)$ $M_{Tsy} = T_{sy} \left(K - \omega \left(1 + \frac{2}{3\mu} \right) \right)$ $M_{Ty} = T_y \left(K - \frac{\omega}{2} - \frac{\omega}{2\mu} + \frac{\xi}{4} - \frac{1}{2} \right)$	<p>CASO IV.</p> 
$\omega > \omega_{sc}$ y $\omega_{IT} < \omega < \omega_{IC}$	$F_L = C_y + C_{sy} + T_s$ $C_y = q\omega \frac{\left(1 - \frac{1}{\mu} - \frac{\xi}{2\omega}\right)}{(1-\xi)}$ $C_{sy} = \frac{q}{2} \frac{\omega}{\mu(1-\xi)}$ $T_s = -\frac{q}{2} \left(1 - \frac{1}{\omega} + \frac{\xi}{2\omega} \right)^2 \frac{\mu\omega}{(1-\xi)}$	$M_L = M_{cy} + M_{csy} + M_{Ts}$ $M_{cy} = C_y \left(K - \frac{\omega}{2} + \frac{\omega}{2\mu} - \frac{\xi}{4} \right)$ $M_{csy} = C_{sy} \left(K - \omega + \frac{2\omega}{3\mu} \right)$ $M_{Ts} = C_y \left(K + \frac{1}{3} (\xi - \omega - 2) \right)$	<p>CASO V.</p> 
$\omega > \omega_{IC}$	$F_L = C_y$ $C_y = q\omega \frac{\left(1 - \frac{1}{\mu} - \frac{\xi}{2\omega}\right)}{(1-\xi)}$	$M_L = M_{cy}$ $M_{cy} = C_y \left(K - \frac{\omega}{2} + \frac{\omega}{2\mu} - \frac{\xi}{4} \right)$	<p>CASO VI.</p> 

E) EJEMPLOS

EJEMPLO 1

Diseñar el siguiente muro con acero distribuido en toda la sección.

Datos:

$$f'c = 280.0 \text{ Kg/cm}^2$$

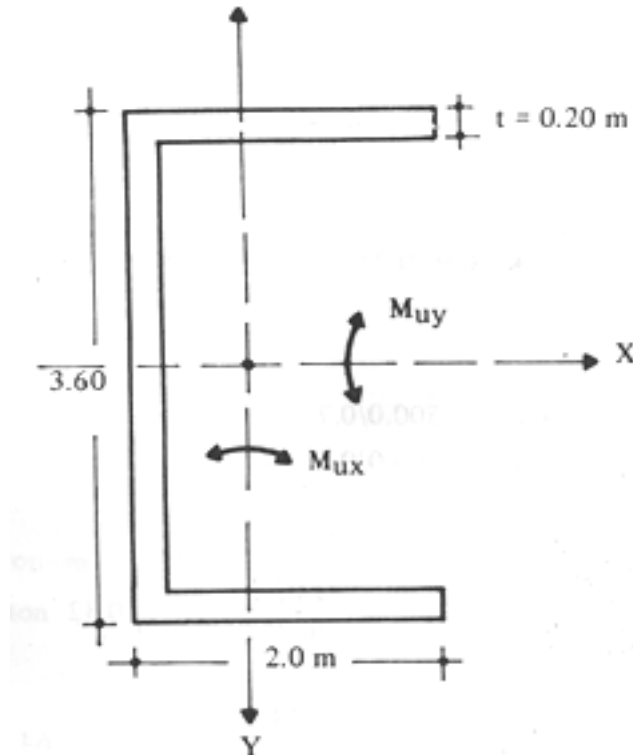
$$f_y = 4200.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M_{ux} = 1000.0 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$M_{uy} = 1800.0 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

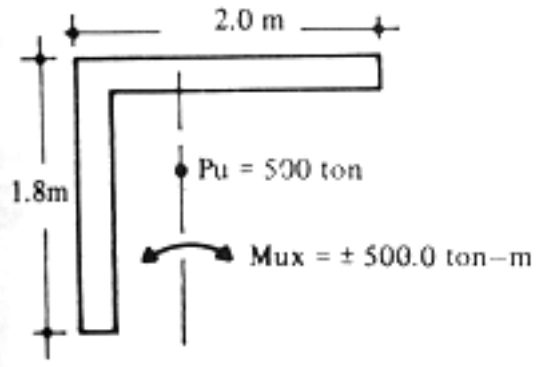
$$P_u = 1000.0 \text{ ton}$$

$$T = 0.20 \text{ m (cte)}$$



Diseño Según ($\pm M_{ux}$)

Debe notarse que para la dirección de M_{ux} no existen gráficas, pero puede recurrirse a las gráficas para sección L, tomando la mitad de la sección, que resulta una L y diseñarla para la mitad del momento y la mitad de la carga axial.



$$h = 2.0 \text{ m}$$

$$\beta h = (1.8 - 0.20) = 1.6 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{1.6}{2.0} = 0.8$$

* usar gráfico L - 8

a) Diseño en la dirección que produce compresión

en el patín

Calcular $\frac{M_n}{h^2 t f' c}$ y $\frac{P_n}{h t f' c}$

$$M_n = \frac{M_{ux}}{\phi} ; \phi = 0.9 - 0.2 \frac{P_u}{R} \geq 0.7 ; R = 0.1 f' c A_g$$

$$R = 0.1 * 2800 * (2. * + 0.20 + 1.6 * 0.2) = 201.6 \text{ ton}$$

$$\phi = 0.9 - 0.2 * \frac{500.0}{201.6} = 0.4 < 0.7 \text{ usar } \phi = 0.7$$

$$M_n = 500.0 / 0.7 = 714.3 \text{ ton} - m$$

$$P_n = 500.0 / 0.7 = 714.3 \text{ ton.}$$

$$\frac{M_n}{h^2 t f' c} = \frac{714.3}{2^2 * 0.2 * 2800.0} = 0.32$$

$$\frac{P_n}{h t f' c} = \frac{714.3}{2 * 0.2 * 2800.0} = 0.64$$

De la gráfica y con valores de

a) -0.32 y 0.64 (tensión en el patín)

b) 0.32 y 0.64 (compresión en el patín)

Tenemos:

$$q_a = 0.28$$

$$q_b = 0.30$$

Rige caso b)

Corrección de q

$$f \text{ corrección} = 1 + 2.5 \beta q \xi$$

$$\text{donde } \xi = \frac{t}{h} = \frac{0.2}{2.0} = 0.10$$

$$f_{cr} = 1 + 2.5 (0.8) (0.30) (0.10) = 1.0225$$

$$q_x \text{ final} = q * f_{cr} = 0.3 * 1.0225 = 0.307$$

$$\rho = q \frac{f'c}{f_y} = 0.307 * \frac{280.0}{4200.0} = 0.0205$$

Revisión según M_{uy}

Tomando la sección total y en el momento y axial total.
Tenemos:

$$h = 3.60\text{m.}$$

$$M_{uy} = 1800.0 \text{ ton-m}$$

$$\beta h = \gamma h = 1.8$$

$$P_u = 1000.0 \text{ ton}$$

$$\beta = \gamma = \frac{1.8}{3.6} = 0.5$$

Usamos la gráfica C-5

Con $\phi = 0.7$

$$M_n = 1800.0/0.7 = 2571.4$$

$$P_n = 1000.0/0.7 = 1428.57$$

$$\frac{M_n}{h^2 f' c t} = \frac{2571.4}{3.6^2 * 2800.0 * 0.2} = 0.354$$

$$\frac{P_n}{h t f' c} = \frac{1428.57}{3.6 * 2800.0 * 0.2} = 0.709$$

De la gráfica C-5 tenemos:

$$q_y = 0.065 < q_x$$

Rige la dirección de M_{ux}

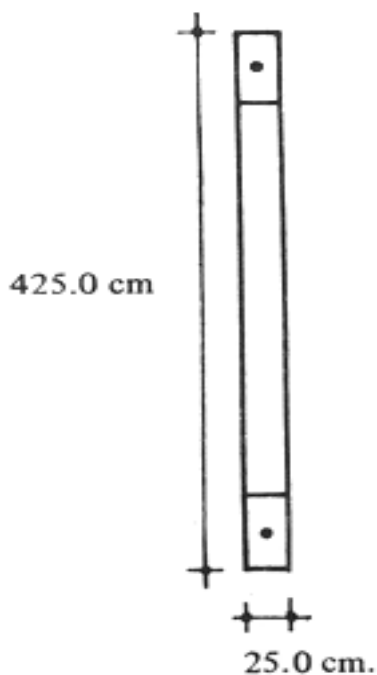
Usar $\rho = 0.0205$

Con 41 cm² / ml

Usar θ 3/4" @ 14.0 cm en 2 capas

EJEMPLO 2

Diseñar el siguiente muro considerando acero concentrado en los extremos y acero mínimo distribuido en la zona central.



DATOS:

$$f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_u = 200.0 \text{ ton}$$

$$M_u = 950.0 \text{ ton-m}$$

1) Calculamos los parámetros $\frac{P_n}{A_g}$ y $\frac{M_n}{A_g h}$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} ; \phi = 0.9 - 0.2 \frac{P_u}{R} ; R = 0.10 f'c A_g$$

$$R = 0.10 * 210. * (425 * 25) = 223125 \text{ Kg}$$

$$\phi = 0.9 - 0.2 * \frac{200.000}{223125} = 0.72$$

$$P_n = 200.0/0.72 = 277.50 \text{ ton.}$$

$$M_n = \frac{950.0}{0.72} = 1319.44 \text{ t-m}$$

$$\frac{P_n}{A_g} = \frac{277500.0}{425 * 25} = 26.12$$

$$\frac{M_n}{A_g h} = \frac{1319.44 * 10^5}{425 * 25} = 29.22$$

Supongamos un γ de 0.15

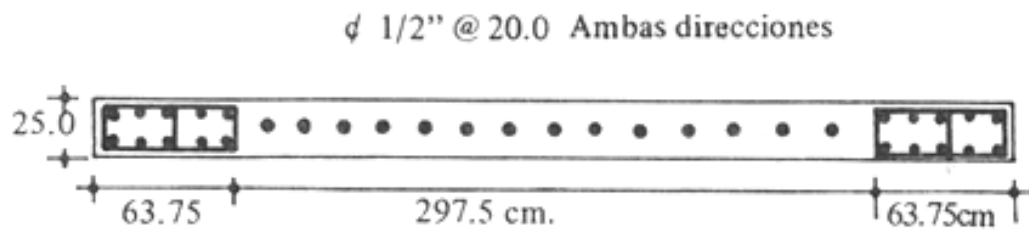
Entramos a la gráfica de $f'c = 210$, $f_y = 4200$, $\gamma = 0.15$

$$\gamma \frac{P_n}{A_g} = 26.12 \qquad \frac{M_n}{A_g h} = 29.22$$

Leemos directamente el porcentaje

$$\rho = 0.03$$

$$A_s \text{ concentrada} = \rho b \gamma h = 0.03 * 25 * 0.15 * 425.0 = 47.8 \text{ cm}^2$$



EJEMPLO 3

Diseñar el mismo muro del ejemplo (2) con acero distribuido.

Del ejemplo (2) tenemos:

$$M_n = 1319.44 \text{ ton-m}$$

$$P_n = 277.50 \text{ ton}$$

$$\frac{P_n}{htf'c} = \frac{277.50 * 10^3}{425 * 25 * 210} = 0.124$$

$$\frac{Mn}{h^2 tf'c} = \frac{1319.44 * 10^5}{425^2 * 25 * 210} = 0.139$$

De la gráfica C-0

$$q = 0.26$$

$$\rho = q \frac{f'c}{fy} = 0.26 * \frac{210}{4200.0} = 0.013$$

$$A_s / \text{mt} = 0.013 * 25 * 100 = 32.5$$

Si usamos ϕ 3/4"

Usar ϕ 3/4" @ 18 cm en 2 capas

