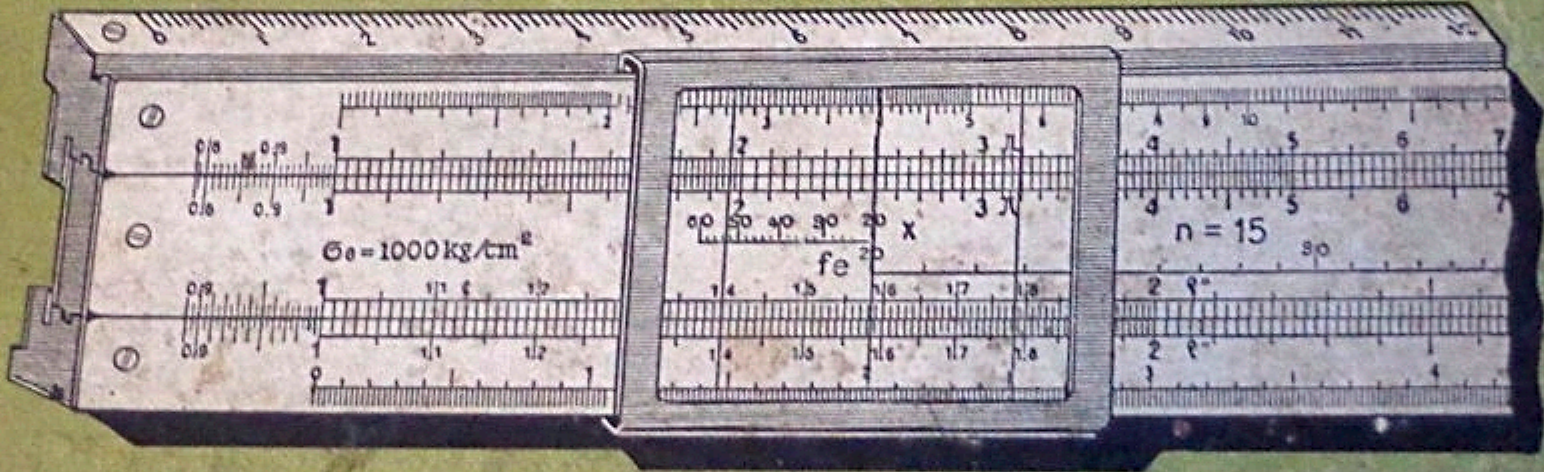
CARLOS P. GONZÁLEZ

LA REGLA DE CÁLCULO PARA HORMIGÓN ARMADO

INSTRUCCIONES PARA SU MANEJO



KLUG, MARCHINO y C.ía
KMC
EDITORIAL PAN AMÉRICA

LA REGLA DE CÁLCULO
PARA HORMIGÓN ARMADO

Printed in Argentina

CARLOS P. GONZÁLEZ

La REGLA DE CÁLCULO PARA HORMIGÓN ARMADO

INSTRUCCIONES PARA SU MANEJO

SEGUNDA EDICIÓN
NOTABLEMENTE MEJORADA

KLUG, MARCHINO y Cía. EDITORIAL PAN AMÉRICA

PERÚ 677 BUENOS AIRES ARGENTINA

EDITORIAL
PAN AMERICA
BUENOS AIRES

ÍNDICE

PREFACIO DE LA PRIMERA EDICIÓN

Con propósitos de divulgación del manejo de la regla de cálculo de hormigón armado se exponen en este trabajo las operaciones que pueden resolverse con la misma en esa rama de la ingeniería.

Actualmente existen varios modelos de reglas de cálculo para hormigón armado; entre ellas figuran las que llevan los números 43 (sistema Hoffman) y 43a (sistema Dr. Ing. Schäfer), de 27 cm de largo, fabricadas por la casa Albert Nestler A. G., Lahr (Baden, Alemania) y la número 11 ZB para bolsillo, también de la misma fábrica.

Estas reglas se construyen para diversas tensiones en el acero. En las del modelo número 43 las hay para 1000 y 1200 Kg/cm² y para 1200 y 1400 Kg/cm². Las del modelo número 43a son para 1200 y 1400 Kg/cm² y para 1500 y 1800 Kg/cm², y las de bolsillo, para una sola tensión del hierro: 1200 Kg/cm² - 1400 Kg/cm², etc.

Se refiere este trabajo a la regla de cálculo NESTLER Nº 43, *que es la más difundida, como así también a la regla número 11 ZB, que sólo se diferencia de aquélla en que se adapta a una sola tensión del hierro.*

Actualmente se fabrica en nuestro país una regla para hormigón armado, de marca JAM, *modelo H4, de iguales características que la número 43 de Albert Nestler.*

Las presentes instrucciones suponen que el lector tiene los conocimientos relativos a la construcción de hormigón armado.

EL AUTOR.

Río Cuarto, marzo de 1947.

PREFACIO DE LA SEGUNDA EDICIÓN

En vista de la acogida que ha tenido la primera edición de esta obra por parte de los profesionales de la construcción, nos hemos propuesto proporcionarles en esta segunda edición nuevos elementos para resolver sus cálculos de estructuras de hormigón armado, dotando a esta obra de tablas, nuevas fórmulas, etc., para facilitar la resolución de los problemas y evitar así a los calculistas tener que recurrir a diversas obras para buscar tal o cual dato con el objeto de completar los cálculos de las estructuras resistentes de sus obras.

Así, por ejemplo, para el cálculo de zapatas se ha intercalado una tabla con la resistencia de los distintos terrenos; igualmente se ha incluído un cuadro con los coeficientes admisibles de trabajo para las distintas estructuras, tablas y fórmulas para la resolución de los estribos y barras contra los esfuerzos de corte, y donde ha sido necesario, hemos creído conveniente incluír referencias a los artículos del Reglamento Técnico.

Por otra parte, la obra ha sido enriquecida con un capítulo destinado al cálculo de peso de diversas materias y modelos de planillas técnicas necesarias para la confección de proyectos de esta clase de estructuras.

Cabe destacar también que hoy se encuentran en el comercio nuevas reglas especiales para estos cálculos, entre las que figuran la Neolt Nº 25 C, *la* Marcantoni Nº 25 CA, *ambas de origen italiano, y la* A. W. Faber-Castell, *de industria alemana.*

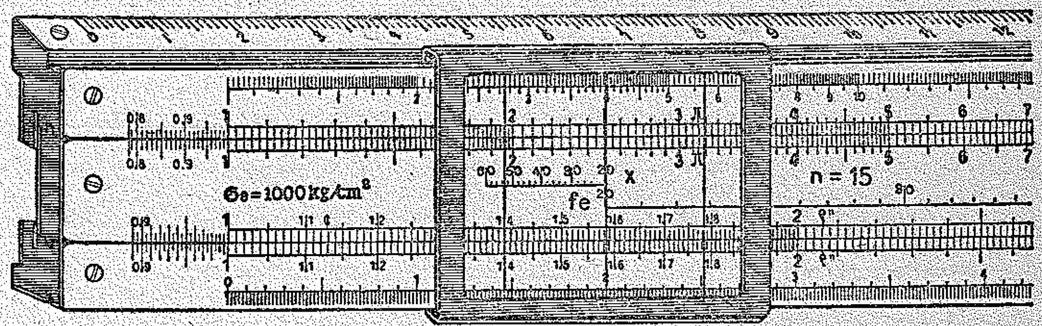
El Autor.

Río Cuarto, octubre de 1951.

A — APLICACIONES DE LA REGLA DE CÁLCULO NESTLER Nº 43

La regla de cálculo Nestler Nº 43 sirve para efectuar las operaciones siguientes: multiplicación, división, elevación de números al cuadrado y cubo, extracción de raíces cuadradas y cúbicas y logaritmos de los números, especialmente para determinar las dimensiones de losas, vigas y vigas combinadas con losas, dado el momento flector, M.

En dicha regla el ingeniero y el técnico en hormigón armado encontrarán un auxiliar que les facilitará en gran manera el cálculo de perfiles y la verificación de los mismos.



Fragmento en tamaño natural de la regla de cálculo para hormigón armado.

Los valores de α, β, y s, están trazados entre los límites que bastan para los casos que se presentan en la práctica. Empleando esta regla de cálculo se prescinde de la tabla de coeficientes que intervienen en las fórmulas que se detallarán más adelante.

La determinación de cualquier perfil se basa en la sección rectangular de 1 m de ancho y éste es el procedimiento que se seguirá en el presente manual.

A continuación se demostrará que la determinación de las dimensiones de vigas y losas de hormigón armado es sumamente fácil.

B — DESCRIPCIÓN DE LA REGLA DE CÁLCULO PARA HORMIGÓN ARMADO

Para facilitar las explicaciones daremos una descripción de las escalas de la regla de cálculo, la que, como todas, consta de la vara en cuyo encaje corre la reglilla, y sobre la regla con su reglilla se halla el cursor de tres trazos.

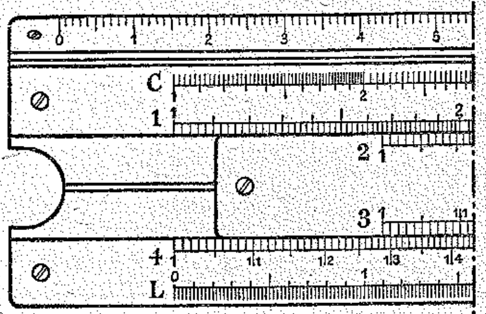


Fig. 1

I — EN LA REGLA

a) En la parte superior de la faz delantera:

1. Escala especial *"C"* para el cálculo de los cubos y raíces cúbicas. Esta escala contiene tres unidades logarítmicas, las que, juntas, tienen una longitud igual a las escalas *3* y *4*.
2. La escala *1* (ver fig. 1) grabada en dos unidades logarítmicas de 12 ½ cm de largo cada una, que puede llamarse escala de los cuadrados.

b) En la parte inferior de la faz delantera:

1. Escala *4* (ver fig. 1) de longitud igual a la suma de las dos partes que hacen la longitud de la escala *1*.
2. La escala *"L"* para la lectura de las mantisas de los logaritmos de los números.

c) En el borde vertical:

Una escala de 1 : 5.

d) En el borde biselado:

Una escala milimetrada de 27 cm de longitud, que sirve como regla de dibujo.

e) En el reverso de la regla:

Hay una tabla para la sección de cálculo de barras redondas de hierro, de una a diez barras y de 5 a 40 mm de diámetro.

II — EN LA REGLILLA

a) En la parte superior:

Se encuentra, de ambos lados, una escala igual a la escala *1* de la regla, y lleva el número *2* (fig. 1).

b) En la parte inferior:

Hay, de ambos lados, una escala igual a la escala *4* de la regla, y está señalada con el número *3* (fig. 1).

c) En el centro:

Hay dos escalas; una que corre de derecha a izquierda y está señalada con la letra *h*, que contiene los valores α en la fórmula indicada más adelante y que sirve para determinar la altura (h) de losa o viga, según la carga del hormigón σ_b, que se escoja de acuerdo con las reglamentaciones en vigencia. La otra escala que corre de izquierda a derecha, designada con *fe* es para la determinación de la sección de acero (*fe*) y contiene, según la fórmula correspondiente, los valores β. La escala corta señalada x es para determinar la distancia de la línea neutra, desde el borde superior de la losa o viga.

En una regla corresponden estos valores, de una cara de la reglilla, a la tensión del hierro $\sigma_e = 1000$ Kg/cm², y de la otra $\sigma_e = 1200$ Kg/cm². En otra regla corresponden estos valores a $\sigma_e = 1200$ Kg/cm² de una cara y a $\sigma_e = 1400$ Kg/cm² de la otra.

De esta descripción se desprende que con esta regla se pueden efectuar todos los cálculos, como con la regla sistema Rietz, excepto el de las funciones trigonométricas.

C — EL CÁLCULO CON LA REGLA

I. — OPERACIONES MATEMÁTICAS

1. MULTIPLICACIÓN

Para multiplicar dos números a y b, bastará sumar a la longitud logarítmica de a la de b, y se obtiene así la longitud logarítmica correspondiente a c, y por consiguiente el producto del mismo.

Si el producto se lee en la primera parte de la escala *1*, tiene tantas cifras como tengan el multiplicando y multiplicador menos uno. En

cambio, si se lee en la segunda parte de la misma escala, tiene tantas cifras como haya en el multiplicando y multiplicador juntos.

Ejemplo I:

$36 \times 45 = 1620.$

Se coloca el trazo inicial de la escala *2* sobre el número 36 de la escala *1* y el resultado se lee frente al número 45 de la escala *2*, sobre la escala *1*, en este caso, 1620.

También puede hacerse esta operación empleando las escalas *3* y *4*, en cuyo caso el resultado se obtiene con mayor exactitud que si fuese hecho con las escalas *1* y *2*. Para efectuar la citada operación empleando las escalas *3* y *4*, se procede así:

Se coloca el trazo final de la escala *3* sobre el número 36 de la escala *4*, encontrándose el resultado en la escala *4*, frente al número 45 de la escala *3*. (R = 1620).

En caso de multiplicar números decimales se efectúa la operación como si se tratara de números enteros y se separan en el producto tantos decimales como haya en el multiplicando y multiplicador juntos.

2. DIVISIÓN

Para dividir dos números $a:b = c$, se resta la longitud logarítmica b del denominador, de la longitud logarítmica del numerador a. La diferencia de longitudes es la que corresponde al cociente c.

Cuando el dividendo se lee en la primera parte de la escala *1*, el número de cifras enteras del resultado es igual al número de cifras enteras del dividendo menos el número de cifras enteras del divisor, más una. En cambio, cuando el dividendo se lee en la segunda parte de la escala *1* de la regla, el número de cifras enteras del resultado es igual al número de cifras enteras del dividendo menos el número de cifras enteras del divisor.

Ejemplo II:

$$\frac{384}{24} = 16$$

Se coloca el número 24 de la escala *2* frente al número 384 de la escala *1*, leyendo el resultado en esta última escala frente al trazo inicial de la escala *2* (en nuestro caso, igual a 16).

Para dividir números decimales se igualan previamente las cifras decimales suprimiendo las comas, y se procede luego como en el ejemplo anterior.

Haciendo esta operación con las escalas *3* y *4* se obtiene mayor precisión.

3. Elevación a potencias

a) El cuadrado

Para elevar un número al cuadrado $a^2 = b$, basta colocar el trazo del cursor sobre dicho número en la escala *4* de la regla, y leer su resultado en la escala *1*.

Ejemplo III:

$67{,}4^2 = 4550$

Si el cuadrado se lee en la primera parte de la escala *1* de la regla, el resultado tendrá el duplo de las cifras del número dado menos una. En cambio, si el cuadrado se lee en la segunda parte de la misma escala, su número de cifras es el doble de la del número dado.

b) El cubo

Para elevar un número al cubo $a^3 = b$, se coloca el trazo del cursor sobre dicho número en la escala *4* de la regla y se lee el resultado bajo el trazo del cursor en la escala especial *"C"* superior de la regla.

Ejemplo IV:

$23^3 = 12.167$

4. Extracción de raíces

a) Raíz cuadrada

Para extraer la raíz cuadrada de un número $\sqrt{a} = b$, se divide primeramente la cantidad bajo el radical, si ella es mayor que uno, en grupos de dos cifras a izquierda de la coma si se trata de un número decimal, o empezando por la derecha en grupos de dos cifras, si el número es entero.

En este último caso, si el último grupo formado se compone de una cifra, el número se lee en la primera parte de la escala *1* de la regla. En caso de que el último grupo esté formado por dos cifras, el número se lee en la segunda parte de la escala *1* de la regla.

Ejemplo V:

$\sqrt{345} = 18{,}57.$

Se hace coincidir la raya del cursor sobre el número dado, en este caso 345, en la primera parte de la escala *1* de la regla, por tener el último grupo una sola cifra, y la raíz cuadrada se encuentra frente al trazo del cursor en la escala inferior de la regla (escala *4*); en nuestro caso, igual a 18,57.

b) Raíz cúbica

Para extraer la raíz cúbica de un número dado $\sqrt[3]{a} = b$, se hace uso de la escala de los cubos indicada en la fig. 1 con la letra *"C"*. Mediante esta escala se halla fácilmente la raíz cúbica de cualquier número.

Para efectuar la operación hay que tener en cuenta que dicha escala contiene tres unidades logarítmicas.

La primera unidad contiene los números de una cifra entera de 1 a 10. La segunda unidad, los números de dos cifras enteras de 10 a 100. Y la tercera unidad, los números de tres cifras enteras de 100 a 1000.

Si el número dado fuese mayor que 1000, se lo divide en grupos de tres cifras, y el último grupo de la izquierda nos indicará dónde debemos hacer la lectura del número cuya raíz buscamos.

Ejemplo VI:

a) En la primera escala $\sqrt[3]{5} = 1{,}71$

b) En la segunda escala $\sqrt[3]{35} = 3{,}27$

c) En la tercera escala $\sqrt[3]{446} = 7{,}64$

d) En la primera escala $\sqrt[3]{1728} = 12$

Se hace coincidir la raya del cursor sobre el número que corresponda en la escala *"C"*; luego encontramos el resultado en la escala *4* de la regla, sobre la misma raya del cursor.

5. LOGARITMOS

Se busca mediante la escala logarítmica *"L"* en el borde inferior de la faz delantera de la regla, las mantisas de los números que se coloquen en la escala *4*.

La característica del logaritmo es igual al número de cifras enteras del número dado, menos una.

Si el número no tiene parte entera, la característica es negativa y estará compuesta de tantas unidades como indique el orden de la primera cifra decimal significativa, y su valor será, por lo tanto, negativo.

Ejemplo VII:

a) Log. $3821 = 3{,}583$

b) Log. $258 = 2{,}4115$

c) Log. $0{,}03821 = \overline{2}{,}583$

Se coloca el trazo del cursor sobre el número cuyo logaritmo se busca en la escala *4* de

la regla, y la mantisa se lee en la escala *"L"*, al borde de la regla. Inversamente, pueden encontrarse los números correspondientes a cada mantisa leída en la respectiva escala *"L"*.

6. CÁLCULO DE FIGURAS GEOMÉTRICAS

a) Circunferencia

Para la determinación de la longitud de la circunferencia se utiliza el trazo π cuyo valor es 3,14159 . . ., en función del diámetro d o del radio r, según las fórmulas siguientes:

Long. circunf. $= \pi.d = 2\pi.r$

Ejemplo VIII:

Longitud de la circunferencia:

$$\pi.d = 3{,}14159 \times 4{,}20 = 13{,}20$$

Se coloca el trazo inicial de la reglilla sobre el trazo π de la escala *1*, y se lee en la misma escala frente a 4,20 de la escala *2*, la longitud de la circunferencia, en este caso igual a 13,20 m, aproximadamente.

Haciendo esta operación con las escalas *3* y *4* se obtiene mayor precisión en el resultado.

b) Círculo

Para el cálculo del área *"F"* del círculo, se emplea la constante c de la escala *3*, en función del diámetro d. Esta constante se halla después del número 1,1, y su valor está dado por la expresión

$$c = \sqrt{\frac{4}{\pi}} = 1{,}128$$

Ejemplo IX:

Dato: diámetro $d = 10{,}30$ m

Solución: $F = \left(\frac{d}{c}\right)^2 = \left(\frac{10{,}30}{c}\right)^2 = 83{,}20 \text{ m}^2$

Para efectuar la operación se coloca el trazo *c* de la escala *3*, frente al diámetro leído en la escala *4*, y el resultado se obtiene en la escala *1*, frente al índice inicial o final de la reglilla, según cuál de los dos quede dentro de la regla.

Inversamente, puede determinarse el diámetro de un círculo conociendo su área.

c) Superficie de la esfera

La superficie de la esfera se puede hallar muy fácilmente mediante la constante "c" de la regla de cálculo:

Ejemplo X:

Dato: diámetro de la esfera: $d = 0{,}50$ m

Solución: Sup.:

$$\left(\frac{d}{c}\right)^2 \cdot 4 = \left(\frac{0{,}50}{c}\right)^2 \times 4 = 0{,}7854 \text{ m}^2$$

El procedimiento a seguir es igual que el indicado para la superficie del círculo. Una vez leída la superficie en la escala *1* (de la regla), se traspone el cursor hasta el número 4 de la escala *2* (de la reglilla), leyendo entonces en la escala *1* el resultado buscado, que en el presente ejemplo es de 0,7854 m².

d) Volumen del cilindro

Para encontrar el volumen del cilindro se comienza por calcular la superficie de su base (como en **b**) **Círculo**). Una vez hallada ésta, se multiplica por la altura o longitud que tenga el cilindro:

Ejemplo XI:

Datos: diámetro de la base: $d = 1{,}80$ m
altura o longitud: $l = 2{,}50$ m

$$\text{Solución: } V = \left(\frac{d}{c}\right)^2 \cdot l = \left(\frac{1{,}80}{c}\right)^2 \times$$

$$\times\ 2{,}50 = 6{,}362.500 \text{ m}^3$$

Este cálculo es de suma importancia y se presenta muy a menudo, principalmente cuando se debe establecer los volúmenes de tanques para agua.

e) Volumen del cono

Se comienza por calcular la superficie de la base (cálculo del área del círculo), que luego se multiplica por un tercio de la altura. La ecuación que indica la operación es la siguiente:

$$V_{cono} = \left(\frac{d}{c}\right)^2 \cdot = \frac{l}{3}$$

Ejemplo XII:

Datos: diámetro de la base: $d = 1{,}20$ m
altura del cono: $l = 3{,}80$ m

El resultado que se obtiene con estos valores es aproximadamente igual a 1,432 m³.

f) Volumen de la esfera

Es sumamente sencillo determinar el volumen de la esfera con ayuda de la regla de cálculo. La ecuación correspondiente es la que se da en el ejemplo que sigue.

Ejemplo XIII:

Dato: diámetro de la esfera: $d = 1{,}40$ m

Solución:

$$V_{esfera} = \left(\frac{d}{c}\right)^2 \cdot (0{,}666\ d) = \left(\frac{1{,}40}{c}\right)^2 \times$$

$$\times\ (0{,}666 \times 1{,}40) = 1{,}435 \text{ m}^3$$

Para efectuar estas operaciones puede utilizarse también el cursor de tres trazos, en virtud de que la distancia entre las rayas del mismo corresponde a la distancia 1 — c.

Con el cursor de tres trazos es posible efectuar varias operaciones. Entre ellas, una muy útil para el calculista de hormigón armado, y que es la ilustrada en la fig. 2.

Con el cursor colocado según lo indica la fig. 2 hemos determinado el área *"F"* de una

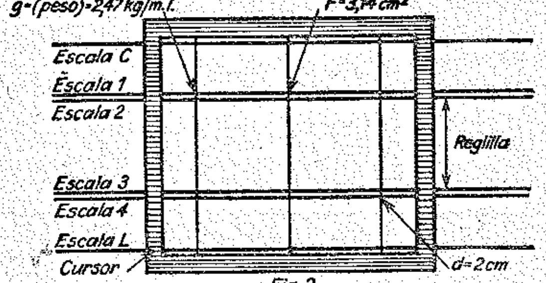


Fig. 2

barra de acero de 2 cm de diámetro y el peso g de la misma.

En este ejemplo se obtuvieron los valores siguientes:

Valor conocido: $d = 2$ cm

$$\text{Incógnitas} \quad \begin{cases} F = 3{,}14 \text{ cm}^2 \\ g = 2{,}47 \text{ Kg/m.l.} \end{cases}$$

El diámetro de la barra se lee en la escala *4* de la regla y se indica con el trazo de la derecha; luego, en el trazo próximo a la izquierda se lee, en la escala *1*, el área de la barra, y en esta misma escala, frente al último trazo de la izquierda obtenemos el peso de la misma barra en Kg por metro lineal.

7. PESOS ESPECÍFICOS

Para calcular el peso de un cuerpo cualquiera cuyo volumen sea conocido (o haya sido calculado previamente según lo explicado en 6. CÁLCULO DE FIGURAS GEOMÉTRICAS), en lugar de multiplicar dicho volumen por la densidad del material que lo compone, se lo dividirá por las constantes de la tabla que sigue, la que ha

sido preparada para utilizar con los materiales más comunes en construcción:

TABLA Nº 1

MATERIAL	DENSIDAD DEL MATERIAL	DIVISORES PARA LOS PESOS DE		
		PARALELEPÍPEDO	CILINDRO	ESFERA
Agua	1	1	1,273	1,910
Álamo blanco	0,54	1,850	2,350	3,520
Bronce	8,8	0,113	0,144	0,217
Cedro	0,5	2,000	2,540	3,82
Cobre	8,9	0,112	0,143	0,214
Encina (seca)	0,9 - 1,182	0,962	0,225	1,837
Estaño	7,29	0,137	0,174	0,262
Fresno	1,1	0,990	1,170	1,760
Fundición	7,0 - 7,5	0,138	0,176	0,264
Granito	2,7	0,370	0,470	0,708
Hierro (acero)	7,7 - 7,9	0,128	0,163	0,244
Ladrillo	1,8	0,550	0,721	1,060
Latón	8,5	0,117	0,149	0,224
Mamp. ladrillo	1,6	0,635	0,808	1,216
Mamp. piedra	2,4	0,425	0,541	0,812
Mármol	2,75	0,364	0,463	0,695
Nogal	0,66	1,51	1,96	2,91
Pino (seco)	0,5 - 0,7	1,667	2,121	3,180
Plomo	11,3	0,088	0,112	0,168
Roble	0,82	1,21	1,55	2,33
Zinc	7,2	0,138	0,177	0,265

Ejemplo XIV:

Calcular el peso de una barra de hierro de 15 mm de diámetro (d) y de 2,80 m de largo (l).

Se comienza por determinar el volumen de la barra, de acuerdo con lo indicado en el *Ejemplo XI*; en seguida se divide por la constante 0,163 —según la Tabla Nº 1— determinándose así el peso buscado.

$$P = \frac{\left(\frac{d}{c}\right)^2 \cdot l}{0{,}163} = \frac{\left(\frac{0{,}015}{c}\right)^2 \times 2{,}80}{0{,}163} = 3{,}04 \text{ Kg}$$

Ejemplo XV:

Se desea saber el peso que tiene un lingote de plomo que mide 20 cm de ancho, 14 cm de altura y 85 cm de longitud.

Se determina en primer lugar el volumen del lingote, se divide por la constante de la Tabla

Nº 1, de la columna correspondiente a paralelepípedo.

$$\text{Peso} = \frac{a\ .\ b\ .\ c}{0{,}088} = \frac{20 \times 14 \times 85}{0{,}088} = 270\ \text{Kg}$$

De la misma manera se procede para cualquier otra forma geométrica, teniendo siempre especial cuidado de dividir por la constante que corresponda al caso que se esté estudiando.

II. — CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

Antes de iniciar los detalles del cálculo de estructuras de hormigón armado, vamos a recordar el desarrollo de las fórmulas que se aplican para determinar las dimensiones de losas y vigas.

$$\text{I:} \quad h = \alpha \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\text{II:} \quad fe = \beta \sqrt{\frac{M}{b}}\ b$$

$$\text{IIa:} \quad fe = \frac{M}{z\ .\ \sigma_e}$$

$$\text{III:} \quad x = \frac{n}{n + \sigma_e / \sigma_b}\ .\ h = s\ .\ h$$

$$\text{IV:} \quad z = h - \frac{x}{3} = \left(1 - \frac{s}{3}\right).\ h$$

$$\text{V:} \quad \tau = \frac{Q}{z\ .\ b_o}$$

Las letras significan:

h = altura de construcción o distancia de la armadura de tracción al borde de compresión, en cm.

d = altura total de la viga o losa, en cm.

M = momento máximo de flexión de las fuerzas exteriores en Kgm.

b = ancho de la zona de compresión (ancho de viga, de placa, etc.), en cm.

b_o = ancho del nervio, en cm.

α, β y s = coeficientes dependientes de la relación $E_e/E_b = n$, entre los módulos de elasticidad del hierro y del hormigón, como funciones de σ_e y σ_b.

fe = sección total (cm²) de la armadura longitudinal para el ancho b.

z = brazo de palanca de las fuerzas interiores, entre centros de compresión y tracción.

x = distancia de la fibra neutra al borde de compresión, en cm.

σ_b = tensión en el hormigón, en Kg/cm².

σ_e = tensión en el hierro, en Kg/cm².

τ = tensión tangencial, en Kg/cm².

Q = fuerza de corte en los apoyos, en Kg/cm².

E_e = 2.100.000 Kg/cm² — módulo de elasticidad del hierro.

E_b = 140.000 Kg/cm² — módulo de elasticidad del hormigón.

$$\boxed{n = E_e/E_b = 15}$$

Problemas a resolver previamente

Para todos los problemas se debe suponer como dados:

a) La clase y forma de la carga y el largo (luz) de la viga o losa, de donde resulta el momento flector máximo M.

b) El peso propio γ de las construcciones de hormigón armado.
$\gamma = 2400$ Kg/m³.

c) El ancho estático b de la viga o losa (en este último caso igual a 100 cm).

d) El coeficiente de trabajo admisible, según el cuadro siguiente* (para los que con más frecuencia se presentan en la práctica):

TABLA Nº 2

TIPO DE ESTRUCTURA	σ_b Kg/cm²	σ_e Kg/cm²
1. Edificios (inclusive fábricas) sometidos a cargas estáticas	40	1200
2. Cerchas y arcos	40	1200
3. Losas ($d < 10$ cm); elementos constructivos expuestos a choques (escaleras principales, salas de baile, fábricas, etc)	35	1000

* Tomados de H. Kayser, "Hormigón Armado", pág. 49, 2ª reimpresión, 1935.

Con estas suposiciones se puede escoger uno de los valores σ_b, h o fe; entonces será posible y fácil determinar los demás valores según las fórmulas citadas anteriormente.

Según las fórmulas anteriores para h, fe y x, siempre se calculará primeramente la expresión

$$\sqrt{\frac{M}{b}}$$

colocando el número M, si es par, en la segunda parte de la escala *1*, y si es impar en la primera parte, con el trazo del cursor. Después se traspone la reglilla hasta que el número b par de la segunda unidad o impar de la primera unidad logarítmica de la escala *2* quede frente al trazo del cursor. Si el valor b es igual a 1 ó 100, se puede colocar ya sea el trazo inicial o final de la escala *2* de la reglilla, debiendo observarse que los valores $\sigma_b = 20 \div 40$ de la escala h estén dentro de la escala *4* de la regla.

Con esta colocación se puede, sin otro movimiento de la reglilla, leer los demás valores, ya sea empezando por determinar la altura h y después fe y x, o si h es conocido, determinar los otros valores. También con esta colocación fundamental podemos determinar h y x si conocemos fe.

Los valores de h, fe y x se leerán en la escala *4* de la regla, frente al valor σ_b leído en la escala h o en la escala fe, según cuál de ellos sea el valor conocido o determinado primeramente.

En los ejemplos que siguen, se calculará con las unidades siguientes:

> h, x, d, b, b_o, etc., en cm.
>
> fe, en cm².
>
> M, en Kgm.
>
> σ_e y σ_b, en Kg/cm².

1. CÁLCULO DE UNA LOSA DE HORMIGÓN ARMADO

(Carga uniformemente repartida)

Datos:

Luz de la losa: 3,50 m.
Sobrecarga: 150 Kg/m².
$\sigma_e = 1200$ Kg/cm².
Espesor aproximado de la losa:

$$h = \frac{L}{30} + 1{,}5 = 13{,}2 \text{ cm.}$$

Solución:

Cálculo de las cargas:

Peso propio: 13,2 × 1 m² × 2400 Kg/m³	= 317 Kg/m²
Peso del piso de mosaico	= 70 „
Sobrecarga	= 150 „
	q = 537 Kg/m²

Momento flector:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{537 \times 3{,}5^2}{8} = \sim 822 \text{ Kgm.}$$

Para concluir el cálculo se escoge la cara de la reglilla $\sigma_e = 1200$ Kg/cm² y con $b = 100$ cm, se determina la expresión

$$\sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{822}{100}}$$

(cuyo resultado no nos interesa).

Para efectuar el cálculo se procede así:

Se indica con el trazo del cursor el número 3,50 en la escala *4* de la regla, cuyo cuadrado se lee frente al trazo del cursor en la escala *1*, pero como para nuestro cálculo ese valor no nos interesa, no se lee. Luego se traspone la reglilla hasta que el índice inicial izquierdo coincida también con el trazo del cursor. Entonces corremos el cursor hasta que coincida con el valor 537 de la escala *2* de la reglilla y en seguida se traspone nuevamente ésta hasta que el número 8 de la misma quede debajo del trazo del cursor y se lee en la escala *1* de la regla el valor $M = 822$ Kgm, frente al trazo inicial de la reglilla.

Para terminar el cálculo se escoge el lado de la reglilla con la marca $\sigma_e = 1200$ Kg/cm². Luego, frente al valor $M = 822$ Kgm de la escala *1* (en la primera parte), se coloca el trazo final de la escala *2*, (ver colocación en la fig. 3). Con esta colocación se puede determinar la altura h de la losa y se tiene para:

$h = 10 \;\; 11 \;\; 12 \;\; 12{,}5$ cm (lectura en la escala *4* de la regla).

$\sigma_b = 49{,}3 \;\; 43{,}8 \;\; 39{,}1 \;\; 37{,}1$ Kg/cm² (lectura en la escala h de la reglilla).

Luego escogemos la altura h de la losa, igual a 12 cm, más 1,5 cm para recubrimiento de la armadura y obtenemos una altura o espesor total de 13,5 cm.

Para determinar ahora la sección de la ar-

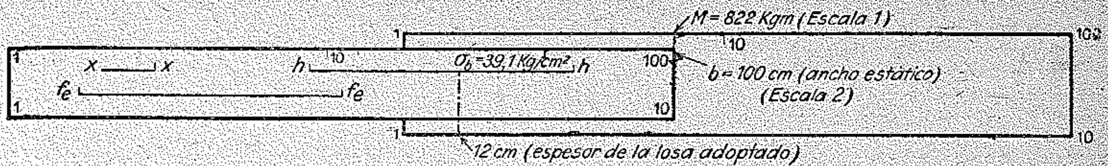


Fig 3 - Determinación de la altura útil

madura metálica, debemos trasponer la reglilla, ya que la escala *fe* ha quedado fuera de la regla (ver fig. 3), y correrla hasta que el índice inicial izquierdo de la escala *2* coincida con el valor $M = 822$ de la escala *1*, y encontramos que para $\sigma_b = 39{,}1$ Kg/cm² que corresponde a la altura de 12 cm, son necesarios 6,42 cm² de acero (ver fig. 4). Según la tabla al dorso de la regla, debemos colocar 9 barras de 10 mm de diámetro con una sec-

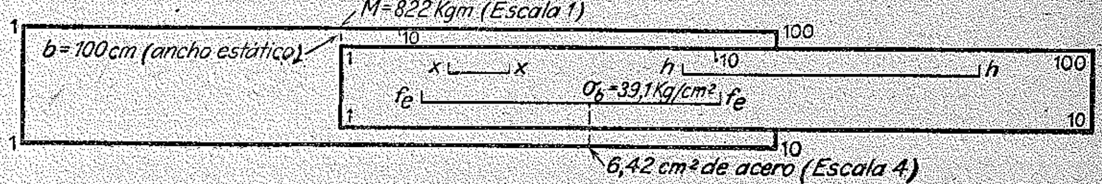


Fig. 4 - Determinación de la sección de acero

ción de 7,07 cm^2, es decir, con un poco de exceso.

Nota: Deben aplicarse las sobrecargas que establece el Art. 3º del Reglamento Técnico para Estructuras Metálicas y de Hormigón Armado de la Municipalidad de Buenos Aires, año 1935.

También debe tenerse en cuenta que las cargas mínimas a utilizarse en los cálculos estáticos de entrepisos, según lo que establece el Art. 4º del Reglamento citado, no serán inferiores a:

400 Kg/m^2 para entrepisos con acceso que soporten piso de madera.

450 Kg/m^2 para entrepisos con acceso que soporten piso de mosaico.

520 Kg/m^2 para entrepisos de azotea con o sin acceso.

Asimismo debe tenerse presente lo que prescribe el Art. 99º, el cual establece que el espesor mínimo de losas será de 7 cm, con excepción de las losas para cubiertas, losas colgantes o que sirvan para cerrar o que sean accesibles solamente durante los trabajos de limpieza o renovación, o placas construídas en fábrica, en cuyos casos el espesor mínimo puede ser de 5 cm.

Las losas que soporten vehículos tendrán como mínimo 12 cm de espesor.

En losas en general, la altura útil *h* debe ser, por lo menos, como sigue:

1. En losas libremente apoyadas en sus extremos, $^1/_{35}$ de la luz de cálculo.
2. En losas continuas o empotradas, considerando la mayor distancia entre dos puntos consecutivos de momento nulo, $^1/_{35}$.

Si no se calcula esa distancia, se tomará $^4/_5$ de la luz de cálculo.

3. En losas accesibles solamente durante trabajos de limpieza y renovación, $^1/_{40}$ de la distancia entre apoyos simples y también $^1/_{40}$ de la mayor distancia entre los puntos de momento nulo de losas continuas.

2. CÁLCULO DE UNA VIGA RECTANGULAR (DINTEL)

Datos:

Luz: 3 m.
Ancho b_o del dintel: 27 cm (para muro de 0,30 m de espesor).

Altura aproximada:

$$\frac{L}{10} = \frac{300}{10} = 30 \text{ cm.}$$

Carga actuante sobre el dintel: $P = 3500$ Kg (carga repartida).
$\sigma_e = 1000$ Kg/cm^2.

Solución:

$$\begin{aligned} &\text{Carga } P && = 3500 \text{ Kg} \\ &\text{Peso propio: } 3 \text{ m} \times 0{,}27 \times 0{,}30 && \\ &\quad \times 2400 \text{ Kg/m}^3 && = 585 \text{ ,,} \\ \hline & && q = 4085 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Momento flector:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{4085 \times 3^2}{8} = 4600 \text{ Kgm.}$$

Para completar el cálculo se escoge la cara de la reglilla con la marca $\sigma_e = 1000$ Kg/cm^2, y se procede como en el caso anterior, teniendo en cuenta que el ancho de la zona de compresión es igual al ancho del dintel ($b = b_o$). Con la colocación fundamental de la reglilla en la forma indicada en la fig. 5, se escoge la altura *h* que más convenga.

Y tenemos para:

$h = 37{,}8$ 43,1 46,6 cm (lectura en la escala *4* de la regla).

$\sigma_b = 60$ 50 45 Kg/cm^2 (lectura en la escala *h* de la reglilla).

$fe = 53{,}6$ 46,2 42,3 cm^2 (lectura en la escala *4* de la regla).

$x = 17{,}9$ 18,45 18,8 cm (lectura en la escala *4* de la regla).

Escogemos como valores definitivos (fig. 5):
$h = 43{,}1$ cm $+ 1{,}5 = 44{,}6$ cm (altura total).
$x = 18{,}45$ cm.
$fe = 46{,}2$ (lectura) $\times 0{,}27 = 12{,}48$ cm².

Para 12,48 cm² de acero se colocarán 8 barras de 14 mm de diámetro, con una sección de 12,32 cm², pues hay muy poca diferencia. (También pueden combinarse barras de diámetros distintos hasta completar la sección que corresponda colocar).

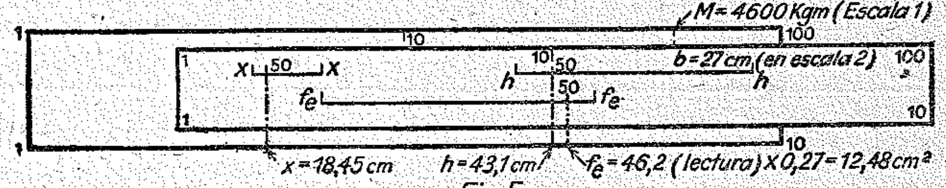


Fig. 5

Aunque la regla no tiene escalas especiales para calcular estribos y hierros doblados, demostraremos que dicho cálculo puede efectuarse fácilmente siguiendo las instrucciones que daremos a continuación.

Primeramente se debe calcular la tensión tangencial de corte, según la fórmula

$$\tau = \frac{Q}{z \cdot b_0}$$

de la pág. 22); con este dato se traza un gráfico como el ilustrado en la fig. 5A, demostrativo del área de los esfuerzos de corte.

Debe tenerse presente lo que dice a este respecto el Art. 95º del Reglamento Técnico ya citado: "En caso de que la tensión τ resulte

superior a 14 Kg/cm², se aumentará la sección de la viga hasta conseguir una tensión que no exceda de este límite".

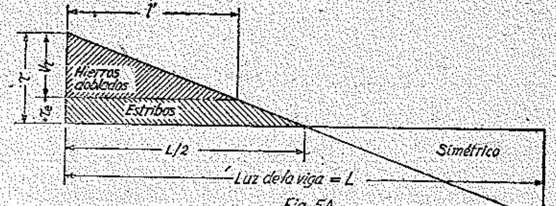


Fig. 5A

También dice que: "Cuando la tensión τ exceda de 4 Kg/cm² en losas nervuradas, vigas rectangulares, vigas placa y pórticos, o sea superior a 6 Kg/cm² en losas, todos los esfuerzos serán absorbidos por hierros doblados y estribos".

El Reglamento aclara asimismo que: "Se calculará en las vigas y demás elementos, excepto losas, por lo menos cuatro estribos de 6 mm de diámetro por metro lineal".

A los estribos, por lo general, se los hace absorber de 2 a 2,5 Kg/cm², quedando el resto de la tensión de corte τ, para ser absorbida por las barras dobladas.

Para facilitar estos cálculos hemos preparado la Tabla Nº 3 con los datos relativos a los estribos, su diámetro y distancias entre los mismos, para los anchos de vigas que se presentan más frecuentemente en la práctica. Estos estribos están calculados para absorber 2 Kg/cm² de la tensión total τ calculada.

TABLA Nº 3

ANCHO DE LA VIGA O NERVIO b_0 EN cm	DIÁMETRO DEL ESTRIBO EN mm	DISTANCIA ENTRE ESTRIBOS EN cm
13	6	21,5
15	6	18,5
20	8	25
27	8	18,5
30	8	16,7

Ahora bien, para las barras dobladas queda, de la tensión total τ, la diferencia una vez deducida la que corresponde a los estribos (que según la Tabla Nº 3 se estima en 2 Kg/cm²). La fórmula para calcular el esfuerzo de corte que absorben los hierros doblados es

$$V\tau = \frac{b_0 \,.\, l' \,.\, (\tau - \tau_e)}{2{,}82}$$

En esta fórmula las letras significan:

b_0 = ancho de la viga o nervio.

l' = longitud donde comienza el esfuerzo de corte que se absorbe con las barras dobladas, el cual se mide en el dibujo que se habrá ejecutado a escala.

τ = esfuerzo de corte total calculado.

τ_e = esfuerzo de corte absorbido por los estribos (2 Kg/cm², según la Tabla Nº 3).

El número de barras que deberán doblarse se determina por medio de la fórmula

$$n = \frac{V\tau}{\sigma_e \,.\, u}$$

(u = sección en cm² de cada uno de los hierros a doblar).

Para aclarar estas operaciones vamos a desarrollar el cálculo de los estribos y barras dobladas para la viga que se estudia en 2. CÁLCULO DE UNA VIGA RECTANGULAR (DINTEL).

La tensión tangencial de corte es:

$$\boxed{\tau = \frac{Q}{z \,.\, b_0} = \frac{5250}{38 \times 27} = 5{,}1 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$Q = \frac{3500 \times 3}{2} = 5250 \text{ Kg}$$

$$z = {}^7/_8 \times 43{,}1 = 38 \text{ cm}$$

Según la Tabla Nº 3 se le asigna a los estribos un esfuerzo de corte de 2 Kg/cm², de lo que se obtienen estribos de 8 mm de diámetro distanciados 18,5 cm de uno a otro.

Queda ahora para las barras dobladas: 5,1 — — 2 = *3,1 Kg/cm²*, y aplicando la fórmula:

$$V\tau = \frac{b_0 \,.\, l' \,.\, (\tau - \tau_e)}{2{,}82}$$

resulta lo siguiente:

$$V\tau = \frac{27 \times 1{,}85 \times (5{,}1 - 2)}{2{,}82} = 5500 \text{ Kg}$$

Luego, el número de barras a doblar es el siguiente:

$$n = \frac{V\tau}{\sigma_e \,.\, u} = \frac{5500}{1200 \times 1{,}54} = 3$$

Se deben doblar 3 barras de 14 mm de diámetro (con una sección de 1,54 cm² cada una).

3. CÁLCULO DE UNA ZAPATA PARA FUNDACIÓN DE MURO

Datos:

Espesor del muro: b = 45 cm.

Carga por metro lineal: P = 15.000 Kg (peso propio más carga de entrepisos, azotea, etcétera).

Resistencia del terreno: p = 0,700 Kg/cm². (Ver Tabla Nº 4).

σ_e = 1200 Kg/cm².

Solución:

$$B = \frac{P}{100 \,.\, p} = \frac{15.000}{100 \times 0{,}700} = 214 \text{ cm.}$$

De donde resulta:

$$l = \frac{B - b}{2} = \frac{214 - 45}{2} = 84{,}5 \text{ cm}$$

El momento estático M se halla en a-b, y lo determinaremos por la expresión

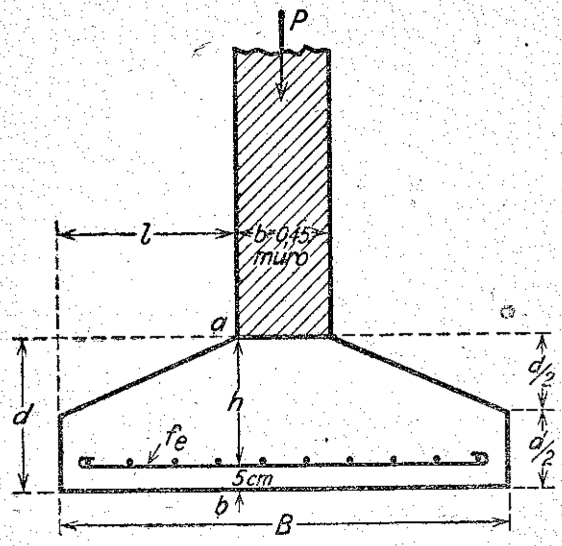


Fig. 6

$$M = \frac{100 . p . l^2}{2} = \frac{100 \times 0{,}700 \times 84{,}5^2}{2} =$$
$$= 250.000 \text{ Kg/cm.}$$

$$M = 2500 \text{ Kgm.}$$

Con la colocación fundamental de la reglilla en la forma que muestra la fig. 7 (cara de $\sigma_e = 1200$ Kg/cm²), obtenemos los resultados siguientes:

$h = 25 \quad 20 \quad 18{,}7$ cm (lectura en la escala 4 de la regla).

$\sigma_b = 31{,}4 \quad 41{,}5 \quad 45$ Kg/cm² (lectura en la escala h de la reglilla).

$fe = 9{,}23 \quad 11{,}78 \quad 12{,}65$ cm² (lectura en la escala 4 de la regla).

Escogemos:

$h = 20$ cm $+ 5$ cm $= 25$ cm (altura total).

$fe = 11{,}78$ cm² $= 9$ barras de 13 mm de diámetro por metro lineal de zapata.

$\sigma_b = 41{,}5$ Kg/cm².

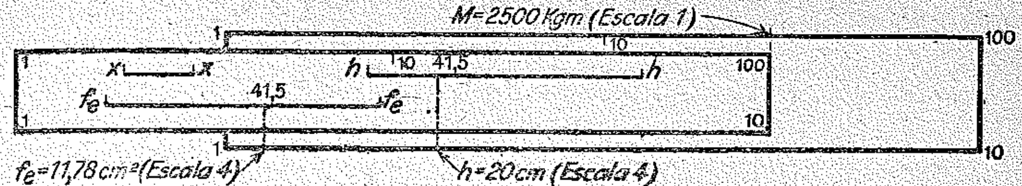


Fig. 7 - Lectura de las dimensiones adoptadas

TABLA Nº 4

CLASE DE TERRENO	RESISTENCIA Kg/cm²
Tierra de relleno	0,400
Tierra vegetal	0,700
Arena de médanos	0,500
Arcillas flojas	1 - 1,5
Terrenos húmedos	1,5
Greda compacta y seca	3
Arcillas compactas y secas	3
Grava, arena, compactas y secas	4
Tosca	6
Piedra	20 - 30

4. CÁLCULO DE VIGAS DE FORMA T

Antes de entrar de lleno en el cálculo, vamos a indicar el ancho de la zona de compresión (ancho estático) que debe satisfacer la viga. Se adoptará el menor de estos valores:

I. $\quad b = 12d + b_o$

II. $\quad b = \frac{l}{2} + b_o$

Donde: d = espesor de la losa;
b_o = ancho de la viga;
l = distancia entre vigas.

Las vigas combinadas con losas se calculan como un perfil rectangular, siendo por lo tanto su procedimiento igual al indicado para las losas y para las vigas rectangulares. Se tendrá

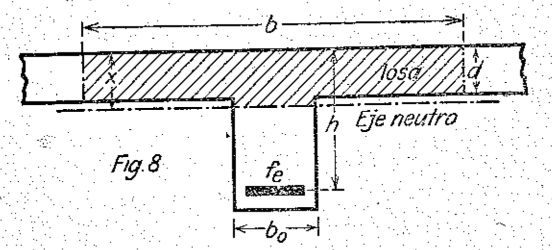


Fig. 8

cuidado solamente de aplicar en su desarrollo el ancho estático b que le corresponda de acuerdo con los valores indicados anteriormente.

Las fórmulas

$$h = \alpha \sqrt{\frac{M}{b}} \quad y \quad fe = \beta \sqrt{\frac{M}{b}} \cdot b$$

son válidas para vigas combinadas con losas, solamente si la distancia de la línea neutra x y el espesor de la losa d se diferencian poco.

Puesto que con la regla de cálculo la distancia de la línea neutra se puede leer sin ninguna dificultad, puede averiguarse si corresponde efectuar el cálculo aplicando las fórmulas mencionadas.

Para las vigas T en las cuales

$$\frac{h}{d} > 5$$

es más seguro no calcular la sección de la armadura con la escala fe de la regla, sino utilizar la fórmula siguiente:

$$\boxed{fe = \frac{M}{\sigma_e \left(h - \frac{d}{2}\right)}}$$

Cabe hacer notar que ha de tenerse presente que, cuando en vigas T el momento de flexión

es negativo, el ancho estático de ella es igual al ancho b de la viga.

EJEMPLO DE CÁLCULO PARA VIGA T:

Datos:

Espesor de la losa: $d = 10$ cm (cuyo cálculo se hace como en 1. CÁLCULO DE UNA LOSA DE HORMIGÓN ARMADO).

Separación entre vigas: $l = 3$ m.
Luz de la viga: $L = 6$ m.
Sobrecarga: 1250 Kg/m.l.
$\sigma_e = 1200$ Kg/cm².

Solución:

Altura aproximada:

$$\frac{600}{20} = 30 \text{ cm.}$$

Ancho de la viga: $b_o = 25$ cm.
Peso propio: 1 m × 0,30 ×
× 0,25 × 2400 = 182 Kg/m.l.
Sobrecarga = 1250 „

$q = 1432$ Kg/m.l.

Momento flector:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{1432 \times 6^2}{8} = 4120 \text{ Kgm.}$$

Ancho estático:

$$b = 12d + b_o = (12 \times 10) + 25 = 145 \text{ cm}$$

$$b = \frac{l}{2} + b_o = \frac{3}{2} + 25 = 175 \text{ cm.}$$

Asignamos al ancho estático el valor $b = 145$ cm.

Para completar el cálculo escogemos la cara de la reglilla con $\sigma_e = 1200$ Kg/cm², y con la colocación fundamental

$$\sqrt{\frac{M}{b}}$$

(fig. 9), buscamos la altura y sección de la armadura que más convenga para el problema que estudiamos. Encontramos así los valores siguientes:

h = 27,6 24 20 cm (lectura en la escala *4* de la regla).

σ_b = 30 35,7 45 Kg/cm² (lectura en la escala h de la reglilla).

fe = 9,42 11 13,5 cm² (lectura en la escala *4* de la regla).

Asignamos a la viga las dimensiones siguientes:

$h = 24 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = 29 \text{ cm}.$

$\sigma_b = 35{,}7 \text{ Kg/cm}^2.$

$fe = 11 \text{ cm}^2 \times b = 11 \times 1{,}45 = 15{,}95 \text{ cm}^2$

de acero (4 barras de 20 mm de diámetro y 1 de 21 mm de diámetro).

Ahora comprobaremos si el cálculo efectuado no excede de la proporción:

$$\frac{h}{d} > 5 = \frac{24}{10} = 2{,}4$$

No hay necesidad de calcular la sección de la armadura con la fórmula mencionada anteriormente.

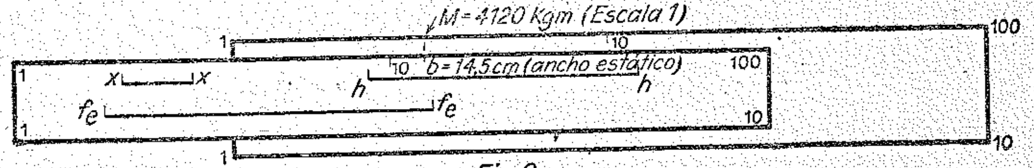


Fig. 9

Cálculo del esfuerzo de corte Q:

$$Q = \frac{q \cdot L}{2} = \frac{1432 \times 6}{2} = 4300 \text{ Kg}$$

El brazo de palanca z es:

$$z = {}^7/_8 \cdot h = 0{,}875 \times 24 = 21$$

La tensión total de corte es:

$$\boxed{\tau = \frac{Q}{z \cdot b_0} = \frac{4300}{21 \times 25} = 8{,}2 \text{ Kg/cm}^2}$$

Se colocarán estribos de 8 mm de diámetro, distanciados 18,5 cm entre sí; los mismos absorben 2 Kg/cm² de la tensión total de corte (Tabla Nº 3), quedando por lo tanto, para las barras dobladas, una tensión de 8,2 — 2 = = *6,2 Kg/cm²*.

Aplicando la fórmula correspondiente se obtiene:

$$V\tau = \frac{b_0 \cdot l' \cdot (\tau - \tau_e)}{2{,}82} =$$

$$= \frac{25 \times 2{,}25 \times (8{,}2 - 2)}{2{,}82} = 12.400 \text{ Kg}$$

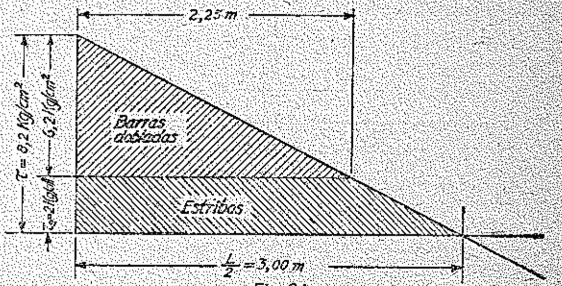


Fig. 9A

con lo que se deberán doblar

$$n = \frac{V\tau}{\sigma_e \cdot u} = \frac{12.400}{1200 \times 3{,}14} = 3{,}35$$

Como no es posible doblar fracción de barras, se doblarán 4 barras de 20 mm de diámetro (que tienen una sección de 3,14 cm² cada una).

5. CÁLCULO DE VIGAS DE FORMA ⅂

Las vigas ⅂ se calculan como las vigas T, variando solamente el ancho estático b que in-

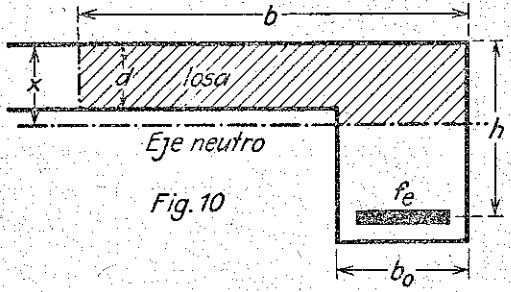


Fig. 10

terviene en su cálculo, de acuerdo con lo siguiente:

I. $\quad b = 4{,}5d + b_0$

II. $\quad b = \dfrac{l}{2} + \dfrac{b_0}{2}$

Se adoptará el menor de los resultados que se obtengan.

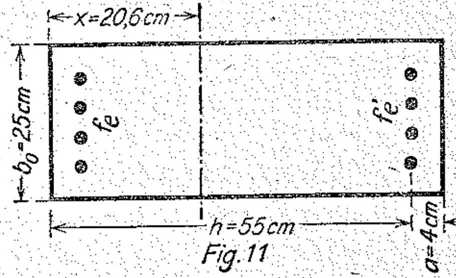


Fig. 11

6. CÁLCULO DE VIGAS CON DOBLE ARMADURA

Para calcular una viga con armadura doble (reducción de la altura encontrada mediante la fórmula

$$h = \alpha \sqrt{\frac{M}{b}}),$$

se procede como se indicará a continuación.

Ejemplo (cálculo de la viga con armadura simple):

Datos:

Momento flector = 7200 Kgm;

$b = 25$ cm;

σ_b — σ_e = 40/1000 Kg/cm².

Solución:

$$h = \alpha \sqrt{\frac{M}{b}} = 66{,}3 + 3{,}7 = d = 70 \text{ cm}$$

$$fe = \beta \sqrt{\frac{M}{b}} \cdot b = 12{,}43 \text{ cm}^2$$

Queremos ahora reducir la altura encontrada (h = 66,3 cm) a h = 55 cm. El cálculo se conduce como sigue:

Se indica con el trazo del cursor en la escala 4 de la regla el valor h = 55 cm y se hace

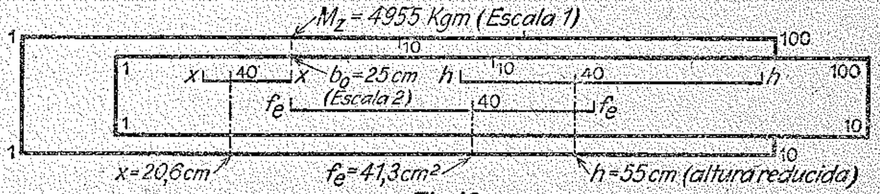


Fig. 12

coincidir la tensión del hormigón de la escala h (en este caso $= 40$ Kg/cm²); luego se lee en la escala 1 de la regla, frente al valor $b = 25$ cm de la escala 2 de la reglilla, el momento M_z, en el presente caso: $M_z = \sim 4955$ Kgm, y se lee también como en los casos corrientes: $x = 20,6$ cm; $f_{zb} = 41,3 \times 0,25 = 10,6$ cm² de acero (ver fig. 12). Para encontrar los valores definitivos de fe y fe' se aplicarán las fórmulas siguientes:

$$\text{I.}\quad fe = f_{zb} + \frac{M - M_z}{\sigma_e \cdot (h - a)} = 10,6 +$$

$$+ \frac{7200 - 4955}{1000 \times (0,55 - 0,04)} = 10,6 + 4,4 = 15 \text{ cm}^2$$

$$\text{II.}\quad fe' = \frac{M - M_z}{\sigma_e \cdot (h - a)} \cdot \frac{\sigma_e}{n \cdot \sigma_b} \cdot \frac{x}{x - a} =$$

$$= 4,4 \times \frac{1000}{15 \times 40} \times \frac{20,6}{20,6 - 4} = 9,10 \text{ cm}^2$$

El brazo de palanca es igual a:

$$z = \frac{720.000}{15 \times 1000} = 48 \text{ cm.}$$

$$z = \frac{M}{fe \cdot \sigma_e}$$

7. VALOR DEL BRAZO DE PALANCA

El valor del brazo de palanca en vigas con armadura simple es aproximadamente

$$z = 7/8 \cdot h$$

Para determinar su valor exacto, que está dado por la expresión

$$\boxed{z = \left(1 - \frac{s}{3}\right) \cdot h}$$

hay que encontrar el valor s, y el procedimiento con la regla de cálculo es el siguiente:

Supongamos que se debe calcular el brazo de palanca de una viga de altura $h = 45$ cm, calculada con tensiones: $\sigma_b - \sigma_e = 40/1200$ Kg/cm²; se empieza por hacer coincidir el valor 40 de la escala h (cara de reglilla: $\sigma_e = 1200$ Kg/cm²) con el índice final de la regla, y frente al mismo valor 40 de la escala x se lee el valor de $s = 0,333$, en la escala 4 de la regla (ver fig. 13). Ahora $s = 0,333$ dividido por 3 es igual a 0,111; luego, $1 - 0,111 = 0,889$, que multiplicado por la altura de la viga $h = 45$ cm, nos da el brazo de palanca buscado, que en este caso es igual a 40 cm ($z = 40$ cm).

También se puede encontrar el valor s mediante la fórmula siguiente

$$\boxed{s = \frac{n}{n + v}}$$

en la que $n = 15$, y v se obtiene de la expresión

$$v = \frac{\sigma_e}{\sigma_b}$$

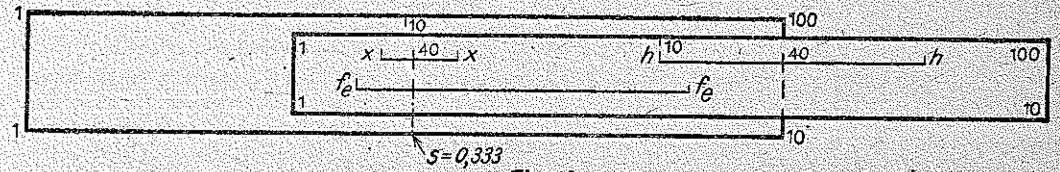


Fig. 13

Cada calculista puede hacer una marca en la escala *3* de la reglilla —con la constante $z = 7/8 = 0{,}875$— para calcular el valor aproximado del brazo de palanca.

8. UTILIZACIÓN DE LA ESCALA σ_e PARA CALCULAR CON CUALQUIER TENSIÓN

Supongamos que haya que calcular una viga con tensiones $\sigma_b = 60$ Kg/cm² y $\sigma_e = 1500$ Kg/cm²; M = 7500 Kgm, $b = b = 27$ cm, pero que no se dispone de una regla con esa escala. Utilizaremos entonces para tal fin la escala de la reglilla $\sigma_e = 1200$ Kg/cm². El procedimiento es como se indica a continuación:

$$\sigma = \frac{1200}{1500} \cdot 60 = 48 \text{ Kg/cm}^2$$

Averiguamos en seguida qué coeficiente corresponde a 48/1200 Kg/cm²; veremos que resulta igual a 0,356 para h y 0,00267 para fe (leídos en la escala *3*). A continuación se calculan los coeficientes que corresponden para 60/1500 Kg/cm², que resultan:

$$\text{Para } h = 0{,}356 \sqrt{\frac{1200}{1500}} = 0{,}328$$

$$\text{Para } fe = 0{,}00267 \sqrt{\frac{1200}{1500}} = 0{,}00239$$

Para terminar el cálculo, colocamos frente a M = 7500 Kg/cm² (de la escala *1*), el valor $b = 27$ cm (de la escala *2*), ambos leídos en las primeras unidades logarítmicas, y encontramos frente a los valores *0,328* y *0,00239* de la escala *3*, los resultados finales (leídos en la escala *4*) que son:

$$h = 54{,}7 \text{ cm}$$

$$fe = 39{,}9 \text{ cm}^2 \text{ (lectura)} \times 0{,}27 = 10{,}76 \text{ cm}^2.$$

9. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE BARRAS A COLOCAR

Para la determinación del número de barras redondas de acero a colocar para una sección dada, se hará uso de la tabla fijada al dorso de la regla de cálculo.

Para encontrar el peso por metro lineal de una barra redonda de hierro, puede usarse el cursor de tres trazos, aplicando el método indicado al hablar del círculo, y según lo que muestra la fig. 2.

Asimismo, para calcular el peso por *m.l.* de las barras de acero, puede hacerse una marca en la primera unidad logarítmica de la escala *2*, con la constante P = 0,006165. Para hallar el peso se coloca el índice izquierdo de la escala *3* sobre el diámetro de la barra colocado en la escala *4*; el resultado que se busca se leerá en la escala *1*, frente al trazo *P*.

Para las lecturas efectuadas en la primera unidad de la escala *1*, corresponden los pesos de 0 a 1 Kg/m.l., y para las efectuadas en la segunda unidad, los pesos comprendidos entre 1 y 10 Kg/m.l.

Ejemplos:

DIÁMETRO EN mm (ESCALA *4*)	PESO EN Kg/m.l. (ESCALA *1*, FRENTE A LA CONSTANTE *P*)
12	0,888
18	1,997
25	3,853
30	5,548

10. PLANILLAS TÉCNICAS PARA LOSAS Y VIGAS

Para facilitar los cálculos con la regla, es conveniente preparar previamente las planillas que luego se presentarán en las Oficinas Técnicas para la aprobación del proyecto.

Para mejor ilustración del lector, las planillas I y II que ilustramos aquí se han llenado con los datos obtenidos en los cálculos efectuados anteriormente. En la casilla con la designación *"Posición"*, debe ir el número que corresponda a la losa o viga calculada.

I — MODELO DE PLANILLA PARA LOSAS CON ARMADURA EN UNA DIRECCIÓN

POSICIÓN	L	q	$h_{mín}$	COEFIC. EMPOTR.	M	h	d	HIERROS						TENS. $\sigma_b - \sigma_e$	OBSERVACIONES
								Fe			Fe'				
	m	Kg	cm		Kgm	cm	cm	cm²	Ø	SEP.	cm²	Ø	SEP.	Kg/cm²	
1	3,50	537	10	1/8	822	12	13,5	6,42	10	11,1	—	—	—	43,8 / 1200	

II — MODELO DE PLANILLA PARA VIGAS

POSICIÓN	FORMA DE LA VIGA	DIAGRAMA DE CARGA	REACCIONES EN t						COEFICIENTE EMPOTRAM.	M	DIMENSIONES cm			b	HIERROS						TENSIONES DE CORTE Kg/cm²		BARRAS DOBLADAS				ESTRIBOS		TENS. σ_b-σ_e	OBSER-VACIONES
			A			B									Fe			Fe'					← A		B →					
			P	G	Q	P	G	Q		tm	b_0	h	d	cm	cm²	CANT.	Ø	cm²	CANT.	Ø	τ_A	τ_B	CANT.	Ø	CANT.	Ø	Ø	SEP.	Kg/cm²	
1.		q = 4085 Kg A 3,00 B	—	—	5,25	—	—	5,25	1/8	4,60	27	43,1	44,6	27	12,48	8	14	—	—	—	5,1	5,1	3	14	3	14	8	18,5	50/1000	
2		q = 1432 Kg/ml A 6,00 B	—	—	4,30	—	—	4,30	1/8	4,72	25	24	29	145	15,95	4/1	20/21	—	—	—	8,2	8,2	4	20	4	20	8	18,5	35,7/1200	

Este libro se terminó de imprimir para la Editorial Pan América, el 31 de octubre de 1951, en los

Buenos Aires-Argentina

$ 9.-

MONEDA
ARGENTINA

LIBRO DE
EDICIÓN
ARGENTINA