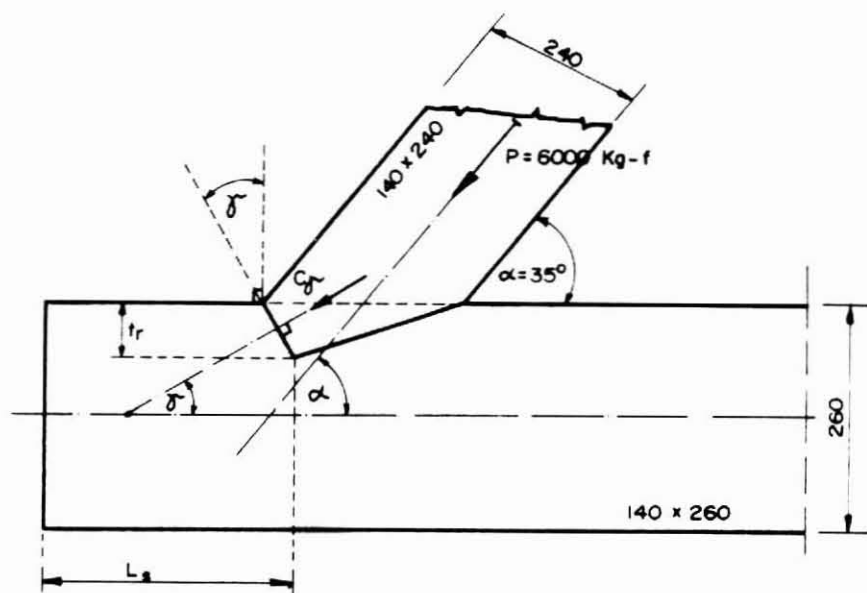


PROBLEMA 70

Diseñar el embarbillado de la Figura para soportar una carga de 6000 Kg-f, sabiendo que la duración de la carga será 10 años, que la unión se construye con Pino radiata, Grado GS, seco (H = 18%) que permanecerá seco en servicio (H = 18%).



Desarrollo

Tensiones de Diseño:

ITEM	COMPRESION PARALELA	COMPRESION NORMAL	CIZALLE	OBSERVACION
T. Admisible	8,3 MPa	-	1,05 MPa	Grado GS Grupo Estr. ES5 Duración carga : 10 años H = 18%
T. Admisible	-	4,1 MPa	-	
K_D	1,0	1,0	1,0	
K_H	0,877	0,8398	0,904	
T. de Diseño	7,28 MPa 74,2 Kg-f/cm²	3,44 MPa 35,1 Kg-f/cm²	0,949 MPa 9,7 Kg-f/cm²	H = 18%

$$F_{cp,dis,\gamma} = \frac{F_{cp,dis} \times F_{cn,dis}}{F_{cp,dis} \times \sin^2 \gamma + F_{cn,dis} \times \cos^2 \gamma}$$



Probando con : $\gamma = 25^\circ$

$$F_{cp,dis,25^\circ} = \frac{74,2 \times 35,1}{74,2 \times \sin^2 25 + 35,1 \times \cos^2 25} = \frac{2604,42}{13,25 + 28,83}$$

$$F_{cp,dis,25^\circ} = 61,89 \text{ Kg-f/cm}^2$$

Luego la profundidad de rebaje (t_r), según párrafo 6.7.2, es :

$$t_r = \frac{P \times \cos (\alpha - \gamma) \times \cos \gamma}{b \times F_{cp,dis,\gamma}} = \frac{6000 \times \cos (35 - 25) \times \cos 25}{14 \times 61,89}$$

$$t_r = \frac{5355,23}{866,46} = 6,2 \text{ cm}$$

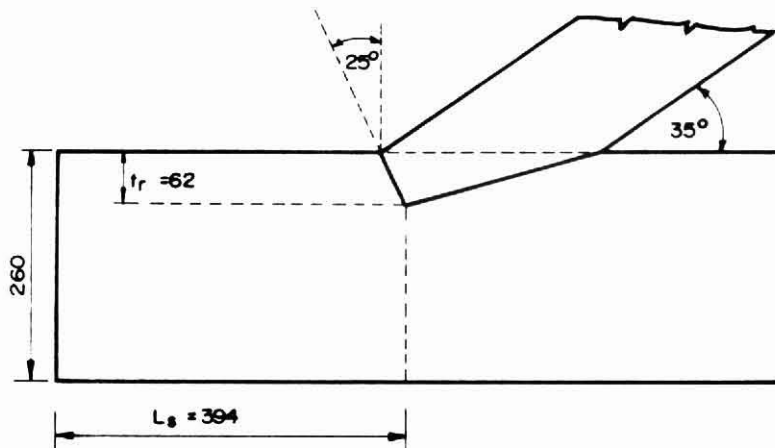
* Se usará $t_r = 62 \text{ mm}$

La longitud de saliente (L_s) :

$$L_s = \frac{P \times \cos (\alpha - \gamma) \times \cos \gamma}{b \times F_{cz,dis}} = \frac{6000 \times \cos (35 - 25) \times \cos 25}{14 \times 9,7}$$

$$L_s = 39,4 \text{ cm}$$

* Se usará $L_s = 394 \text{ mm}$



A N E X O B

COMPLEMENTOS PARA EL CALCULO Y DISEÑO



INFOR

B.1. Normas para el Diseño

- B.1.1. Cargas Debido a la Acción del Viento
- B.1.2. Cargas Debido a la Acción de la Nieve
- B.1.3. Cargas Sísmicas
- B.1.4. Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso

B.2. Fórmulas y Diagramas de Esfuerzos Internos

- B.2.1. Fórmulas y Diagramas en Vigas
- B.2.2. Fórmulas y Diagramas de Marcos
- B.2.3. Fórmulas y Diagramas de Arcos Triarticulados

B.3. Propiedades Geométricas de Secciones

B.4. Datos Auxiliares para Arriostramientos

B.5. Tabla de Conversión de Unidades

B.6. Nombre Botánico de Algunas Especies Madereras

B.1. Normas para el Diseño

B.1.1. Cargas Debido a la Acción del Viento

- B.1.1.1. Condiciones Generales
- B.1.1.2. Presión Básica del Viento
- B.1.1.3. Superficie de Cálculo
- B.1.1.4. Acción Simultánea del Viento y Otras Cargas.
- B.1.1.5. Factor de Forma
- B.1.1.6. Presión del Viento
- B.1.1.7. Comprobaciones

B.1.2. Cargas Debido a la Acción de la Nieve

- B.1.2.1. Condiciones Generales
- B.1.2.2. Sobrecarga Básica de Nieve
- B.1.2.3. Sobrecarga de Nieve Uniformemente Repartida.
- B.1.2.4. Sobrecarga de Nieve Desuniformemente Repartida.
- B.1.2.5. Sobrecarga Básica de Nieve para Zonas sin Antecedentes.

B.1.3. Cargas Sísmicas

- B.1.3.1. Disposiciones de Aplicación General
- B.1.3.2. Clasificación de los Edificios
- B.1.3.3. Método Estático de Análisis
- B.1.3.4. Distribución Vertical de las Fuerzas Sísmicas.
- B.1.3.5. Distribución en Planta del Esfuerzo de Corte.
- B.1.3.6. Estructuración
- B.1.3.7. Tensiones Admisibles

B.1.4. Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso

- B.1.4.1. Cargas Permanentes
- B.1.4.2. Sobrecargas de Uso
- B.1.4.3. Reducción de Sobrecargas de Uso



B. COMPLEMENTOS PARA EL CALCULO Y DISEÑO

B.1. Normas para el Diseño

B.1.1. Cargas Debido a la Acción del Viento (NCh 432 of. 71)

B.1.1.1. Condiciones Generales

El efecto del viento se considerará, en general, en los dos ejes principales de una construcción. En casos especiales se podrá exigir que se considere el efecto del viento según otras direcciones, diferentes a las de los ejes principales.

Se considerará que la acción del viento, no perturbada, se ejerce horizontalmente.

La dirección de la acción del viento que actúa sobre cualquier superficie se considerará actuando perpendicularmente a ella, en la forma de succiones o presiones. Las succiones se tomarán con signo negativo y ambas se expresarán en Kg/m².

Las presiones y succiones que actúan sobre las superficies envolventes de una construcción dependen de:

- i) La presión básica del viento.
- ii) La forma total del cuerpo de la construcción y no sólo de la forma del costado que enfrenta directamente al viento.

B.1.1.2. Presión Básica del Viento

Los valores de las presiones y succiones serán considerados proporcionales a la "presión básica del viento" (p_b), la cual queda determinada por la fórmula:

$$p_b = \frac{v^2}{16}$$

En que :

p_b = presión básica, en Kg/m².

v = velocidad máxima instantánea del viento, en m/seg.

TABLA B.1. PRESION BASICA EN FUNCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.

VELOCIDAD DEL VIENTO		PRESION BASICA
Km/hora	m/seg	Kg/m ²
7,20	2,00	0,25
10,00	2,77	0,48
14,40	4,00	1,00
20,00	5,56	1,93
21,60	6,00	2,25
28,80	8,00	4,00
30,00	8,33	4,34
36,00	10,00	6,25
40,00	11,11	7,71
43,20	12,00	9,00
50,00	13,88	12,04
50,40	14,00	12,25
57,60	16,00	16,00
60,00	16,67	17,37
64,80	18,00	20,25
70,00	19,44	23,62
72,00	20,00	25,00
79,20	22,00	30,25
80,00	22,22	30,86
86,40	24,00	36,00
90,00	25,00	39,06
93,60	26,00	42,25
100,00	27,78	48,23
100,80	28,00	49,00
108,00	30,00	56,25
110,00	30,56	58,37
115,20	32,00	64,00
120,00	33,33	69,43
122,40	34,00	72,25
129,60	36,00	81,00
130,00	36,11	81,50
136,80	38,00	90,25
140,00	38,89	94,53

Continúa



TABLA B.1. (Continuación)

VELOCIDAD DEL VIENTO		PRESION BASICA
Km/hora	m/seg	Kg/m ²
144,00	40,00	100,00
150,00	41,67	108,52
151,20	42,00	110,25
158,40	44,00	121,00
160,00	44,44	123,43
165,60	46,00	132,25
170,00	47,22	139,36
172,80	48,00	144,00
180,00	50,00	156,25
187,20	52,00	169,00
190,00	52,78	174,11
194,40	54,00	182,25
200,00	55,55	192,86
201,60	56,00	196,00

La norma chilena NCh 432 señala textualmente: "La velo cidad máxima instantánea del viento, que se considerará para el cálculo de la presión básica, deberá obtenerse de una estadística directa o indirecta que abarque un período no inferior a 20 años y aceptada por la Autoridad Re visora".

En caso de que no se cuente con la estadística referida, en construcciones de hasta 100 m de altura, podrán usarse los valores que señala la Tabla B.2.

TABLA B.2. PRESION BASICA PARA DIFERENTES ALTURAS SOBRE EL SUELO.

Construcciones situadas en la ciudad o lugares de rugosidad comparable, a juicio de la Autoridad Revisadora.		Construcciones situadas en campo abierto, ante el mar, o en sitios, asimilables a estas condiciones, a juicio de la Autoridad Revisadora.	
Altura sobre el suelo, metros	Presión Básica q , Kg/m ² *	Altura sobre el suelo, metros	Presión Básica q , Kg/m ² *
0	55	0	70
15	75	4	70
20	85	7	95
30	95	10	106
40	103	15	118
50	108	20	126
75	121	30	137
100	131	40	145
-	-	50	151
-	-	75	163
-	-	100	170

* Interpolar para valores intermedios.

Los valores anteriores se aumentarán en 20% en los casos siguientes:

En gargantas de cerros en que el viento pueda incrementar su velocidad, en cimas de cerros o promontorios, en bordes superiores de barrancos y en otros lugares de condiciones similares.

B.1.1.3. Superficie de Cálculo

Las áreas sobre las cuales se ejerce la acción del viento se tomarán en la forma indicada en la Tabla B.3.

TABLA B.3. AREAS A CONSIDERAR EN LA ACCION DEL VIENTO.

ELEMENTOS SOBRE LOS CUALES SE EJERCE LA ACCION	AREAS A CONSIDERAR
- Para cuerpos limitados por superficies planas.	Areas verdaderas.
- Para cuerpos de construcción con sección transversal circular o aproximadamente circular, ya sean de eje horizontal o vertical.	Las áreas correspondientes a la sección axial perpendicular a la dirección del viento.
- Para varias superficies de techo yuxtapuestas de un mismo edificio.	Se considerará el área total de la primera superficie que sea cho cada por el viento y el 50% de las superficies siguientes* Ver Figura B.1.
- Para enrejados.	Se usarán las superficies de las barras del enrejado proyectadas sobre un plano vertical.

* Estas reducciones se emplearán únicamente para el cálculo de los esfuerzos transmitidos a otros elementos de la construcción y para verificar la seguridad contra el volcamiento. El cálculo aislado de cada techo deberá hacerse considerando el área total del elemento. Para que la reducción sea aplicable, la distancia entre los planos no podrá ser superior a dos veces su altura. Ver Figura B.1.

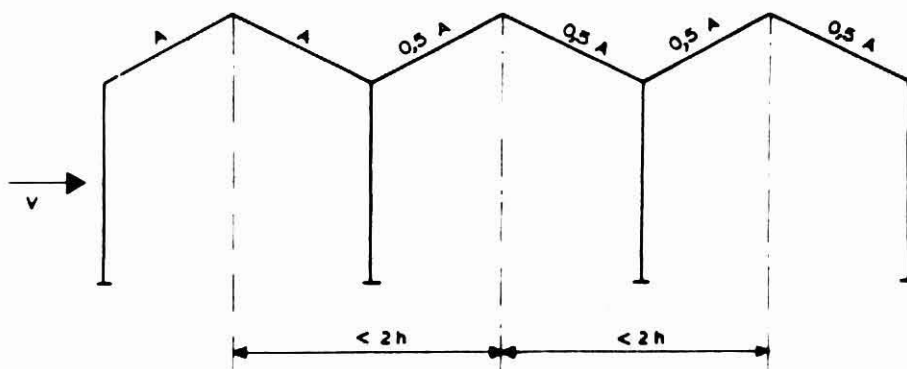


FIGURA B.1. Varias superficies de techo yuxtapuestas, en un mismo edificio.

B.1.1.4. Acción Simultánea del Viento y Otras Cargas

Se debe considerar en el cálculo la acción simultánea del viento y de la nieve (NCh 431).

Para techos inaccesibles, de inclinación superior a 1:10, será suficiente considerar como sobrecargas el efecto del viento, la nieve y una fuerza eventual de 100 Kg en el lugar más desfavorable.

Si se considera el viento en combinación con la carga estática más desfavorable, se aceptará un Factor de Modificación igual a 1,33 aplicable a las tensiones admisibles.

B.1.1.5. Factor de Forma

Experimentalmente se ha demostrado que la presión y/o succión ejercida por el viento sobre las distintas superficies de una estructura depende, también, de la forma total de la construcción. Es por esto que se hace necesaria la adopción de un coeficiente o factor de forma que modifique el valor de la presión básica tomando en consideración este nuevo aspecto del problema.

La fuerza del viento, por unidad de superficie, se obtendrá multiplicando la presión básica (p_b) por el factor de forma (c).

Los factores del factor de forma (c) que se utilizarán para el cálculo de las construcciones son los que se indican a continuación y llevarán signo positivo cuando se trate de presión y signo negativo cuando se trate de succión.

A) CONSTRUCCIONES CERRADAS CON PAREDES PLANAS

Son aquellas construcciones a cuyo interior no puede entrar el viento bajo ninguna circunstancia.

En el frente que da el viento:

A.1) Superficies perpendiculares a la dirección del viento: $c = 1,2$



- A.2) Superficies perpendiculares a la dirección del viento, con altura 5 o más veces el ancho medio, medido perpendicularmente al viento : $c = 1,6$
- A.3) Superficies inclinadas en un ángulo α con relación a la dirección del viento : $c = 1,2 \text{ sen } \alpha$
- A.4) Superficies inclinadas, con altura 5 o más veces el ancho medio, medido perpendicularmente al viento : $c = 1,6 \text{ sen } \alpha$

En la Figura B.2 aparece el criterio con el cual debe emplearse el coeficiente (c) de forma.

No se pretende abarcar todos los posibles casos que se presentan en la práctica, los que deberán ser resueltos según el juicio que el proyectista se forme de ellos.

B) CONSTRUCCIONES ABIERTAS

Son las que tienen, a lo menos, un tercio de aberturas en sus lados.

Los valores dados en el Punto A son válidos también para este caso, pero se hará una segunda comprobación en que a los valores mencionados se les agregará la presión del viento de abajo hacia arriba, perpendicularmente a la superficie del techo. Ver Figura B.3.

Se adoptará el mayor valor que resulte entre la primera y segunda comprobación.

- NOTA :
- i) Si la abertura es mayor a $\frac{1}{3}$ del área expuesta, usar los coeficientes de forma señalados en Figura B.3.
 - ii) Si la abertura es $< \frac{1}{15}$ del área expuesta, usar coeficiente cero en esta segunda comprobación.
 - iii) Si la abertura está comprendida entre $\frac{1}{15}$ y $\frac{1}{3}$, interpolar linealmente entre 0 y los coeficientes de Figura B.3.



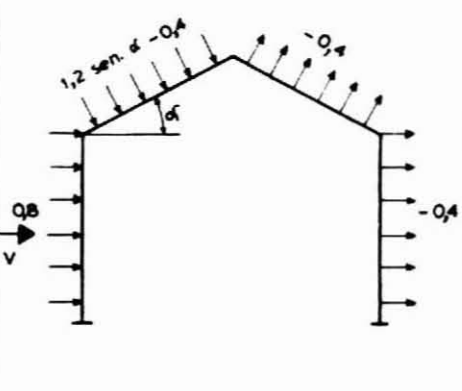
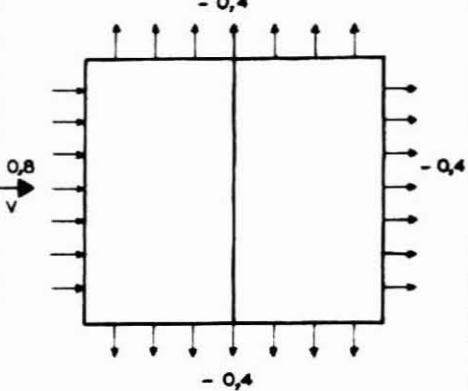
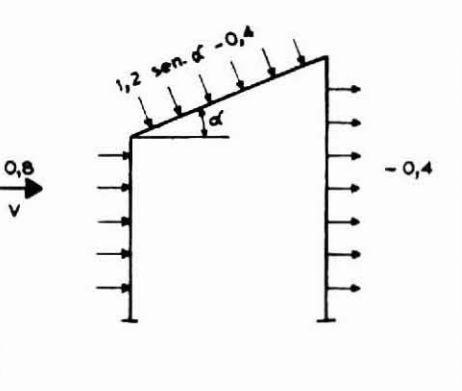
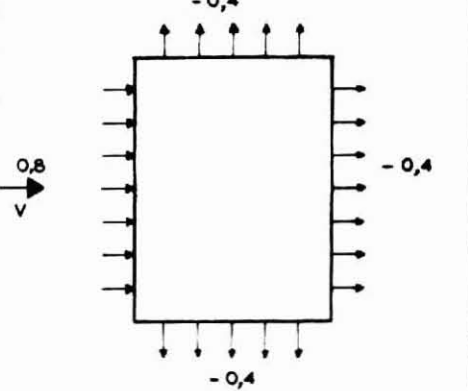
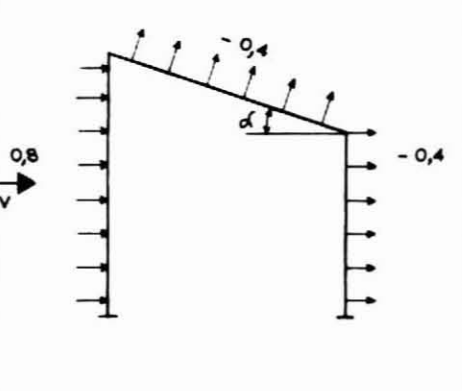
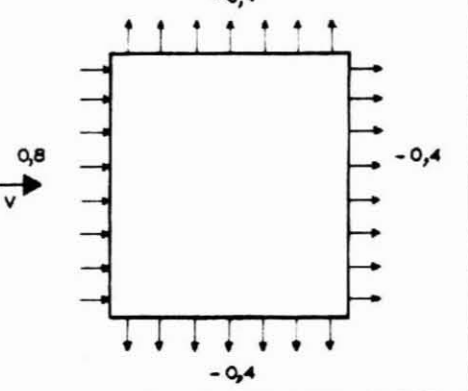
CASO	ELEVACION	PLANTA
A		
A		
A		

FIGURA B.2. Construcciones cerradas con paredes planas.

CASO	ELEVACION	PLANTA
B		

FIGURA B.3. Construcciones abiertas.

C) COBERTIZOS

Los coeficientes de forma para cobertizos serán los indicados en la Figura B.4.

CASO	VALORES DE α	COEFICIENTES DE FORMA c
C	$\alpha \leq 10^\circ$	
	$\alpha \geq 30^\circ$	
	$\alpha \leq 10^\circ$	
	$\alpha \geq 30^\circ$	

FIGURA B.4. Factores de forma para cobertizos.

NOTA Para valores intermedios de α , interpolar linealmente los factores de forma dados en la Figura B.4.

D) MUROS AISLADOS

- Para alturas (h) menores o iguales a cinco veces el ancho del muro (b) : $c = 1,2$
- Para alturas mayores : $c = 1,6$; ver Figura B.5.

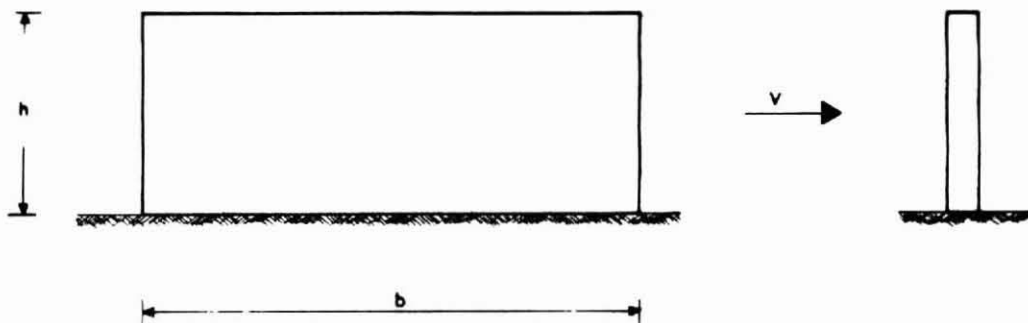


FIGURA B.5. Factores de forma para muros aislados.

E) ESTRUCTURAS DE SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR O APROXIMADAMENTE CIRCULAR

i) Estructuras esféricas:

- Si : $d \sqrt{q} \leq 100$: $c = 0,6$
- Si : $d \sqrt{q} > 100$: $c = 0,35$

en que :

d = diámetro, en cm.

q = presión básica, en Kg/m^2 .

ii) Estructuras cilíndricas:

- Cables-cañerías en que : $d \sqrt{q} \leq 100$ $c = 1,2$
- Chimeneas-gasómetros en que : $d \sqrt{q} > 100$ $c = 0,7$

F) ESTRUCTURAS ENREJADAS EN FORMA DE TORRE O MASTIL

- Si la torre tiene cuatro patas, ver Figura B.6.

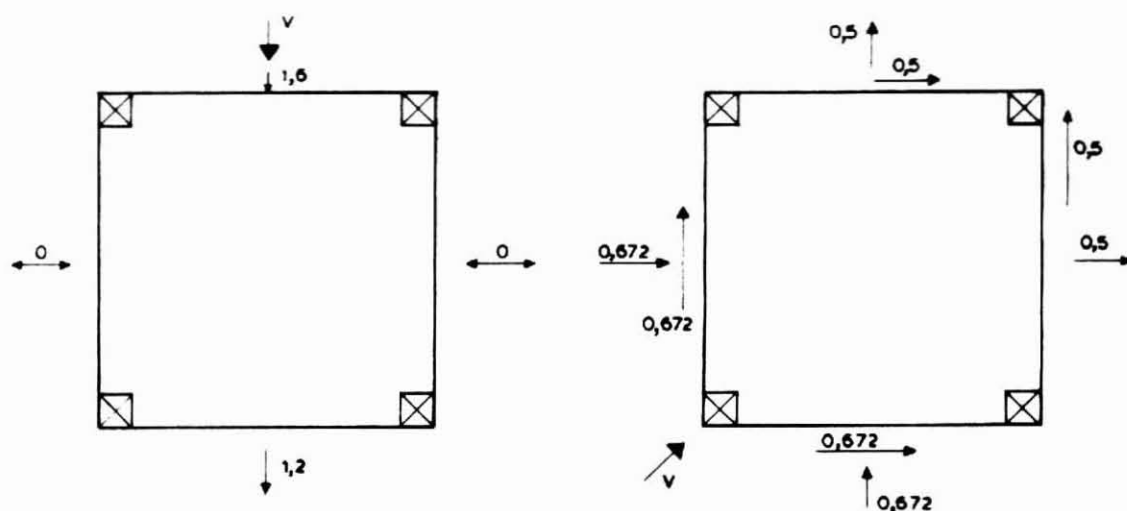


FIGURA B.6. Factores de forma para torre de cuatro patas.

- Si la torre tiene tres patas, ver Figura B.7.

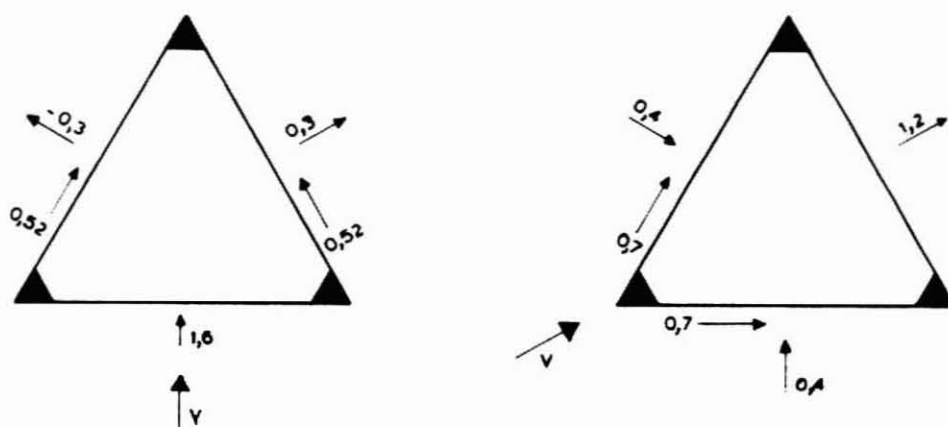


FIGURA B.7. Factores de forma para torre de tres patas.

NOTA : En el cálculo de las Figuras B.6 y B.7, los elementos que forman parte de una cara dada se calcularán solicitados por la componente del viento normal a dicha cara. La componente paralela a dicha cara no ejercerá acción alguna sobre tales elementos.

Las componentes paralelas a las caras sólo se considerarán para determinar la sollicitación total de la torre (seguridad al vuelco, corte basal, fundaciones, etc.).

En todos los casos, los coeficientes de forma se multiplicarán por la presión básica y por la superficie de cada cara proyectada sobre el plano perpendicular al viento.

B.1.1.6. Presión del Viento

La presión del viento sobre la construcción total se determinará por la acción conjunta de presiones y succiones.

B.1.1.7. Comprobaciones

La estructura soportante de la construcción y las fundaciones se comprobarán para resistir las presiones y succiones del viento sobre las áreas verticales, en conjunto con las que actúan sobre la techumbre y sobre cualquier superficie que se eleve por encima de ésta.

En las aristas de unión entre paredes y techumbres la fuerza de succión puede llegar a tener valores superiores a los indicados. En tales lugares deberán asegurarse especialmente los elementos constructivos.

B.1.2. Cargas Debido a la Acción de la Nieve (NCh 431 of. 77)

B.1.2.1. Condiciones Generales

La norma establece los valores mínimos de las sobrecargas de nieve que deben emplearse en los cálculos estructurales de todas las construcciones que puedan quedar expuestas a cargas de nieve y que estén ubicadas en territorio nacional, a excepción del territorio antártico chileno.

B.1.2.2. Sobrecarga Básica de Nieve

Se entenderá por sobrecarga básica de nieve la que se determina por medición directa del espesor de nieve caída sobre una superficie horizontal y del peso específico de ella con aplicación de métodos estadísticos y cuyos valores se indican en la Tabla B.4.

Sin embargo, el ingeniero calculista deberá verificar las condiciones reales de nieve caída en el lugar donde se ubicará la estructura, en base a estadísticas u otras informaciones fidedignas correspondientes a un período de observación no menor a 10 años.

Para los efectos de aplicación de la sobrecarga de nieve, ésta se comparará con la sobrecarga normal de cálculo para techos establecida en la Ordenanza General sobre las Construcciones y Urbanismo o en las normas oficiales que puedan reemplazarlas en el futuro, adoptándose el valor mayor.

En zonas donde nieva todos o casi todos los años (cordillera y extremo sur) y en todos los lugares para los cuales la sobrecarga básica de nieve es mayor que 25 Kg/m² (ver Tabla B.4), la sobrecarga de nieve se considerará normal.

B.1.2.3. Sobrecarga de Nieve Uniformemente Repartida

En techos con una inclinación menor o igual a 30° con respecto a la horizontal, la sobrecarga de nieve será igual a la sobrecarga básica de nieve (Tabla B.4) y deberá considerarse uniformemente repartida sobre la proyección horizontal de la superficie.

En superficies con una inclinación (α) mayor que 30° respecto de la horizontal en que no existen obstáculos que impiden el deslizamiento de la nieve la sobrecarga se determinará por la fórmula:

$$n = K \times n_o = \left(1 - \frac{\alpha^\circ - 30^\circ}{40^\circ}\right) \times n_o$$

en que :

n = sobrecarga de nieve, en Kg/m²

K = coeficiente

n_o = sobrecarga básica de nieve, en Kg/m²

α° = inclinación de la techumbre, en grados.

TABLA B.4. SOBRECARGAS BASICAS MINIMAS DE NIEVE, EN Kg/m².

ALTITUD (m)	LATITUD GEOGRAFICA (SUR) DEL LUGAR						
	17-26	26-32	32-34	34-38	38-42	42-48	48-55
0 a 300	0	0	25*	25*	25*	25	50
300 a 600	0	0	25	25	25	25	125
600 a 800	0	25	50	75	75	50	125
800 a 1.000	0	25	75	100	100	100	125
1.000 a 1.250	0	25	100	150	150	150	-
1.250 a 1.500	0	25	200	300	300	200	-
1.500 a 1.750	0	25	300	450	450	300	-
1.750 a 2.000	0	50	400	600	600	-	-
2.000 a 2.500	x	100	500	700	-	-	-
2.500 a 3.000	x	200	600	-	-	-	-
Sobre 3.000	x	300	700	-	-	-	-

* : En el litoral no se considerará carga de nieve.

x : No hay informaciones.

- : Esas altitudes no se presentan en esas latitudes.

La sobrecarga de nieve (n) se considerará uniformemente repartida sobre la proyección horizontal de la superficie.

Los valores del coeficiente K se señalan en la Tabla B.5.

TABLA B.5. VALORES DEL COEFICIENTE K (SOBRECARGA DE NIEVE)

α	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
30°	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88	0,85	0,83	0,80	0,78
40°	0,75	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
50°	0,50	0,48	0,45	0,43	0,40	0,38	0,35	0,33	0,30	0,28
60°	0,25	0,23	0,20	0,18	0,15	0,13	0,10	0,08	0,05	0,03
70° - 90°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

B.1.2.4. Sobrecarga de Nieve Desuniformemente Repartida

Deberá considerarse en los cálculos la posibilidad de cargas de nieve desuniformemente repartida. En tal caso las estructuras deben verificarse considerando que una parte de la superficie soporta una sobrecarga de nieve igual a la mitad de la establecida para toda la estructura y la restante, una sobrecarga igual a cero.

B.1.2.5. Sobrecarga Básica de Nieve para Zonas sin Antecedentes

Para las zonas y altitudes para las cuales la Tabla B.4 no incluye valores, la sobrecarga básica de nieve se podrá obtener por el procedimiento siguiente:

- a) Si no existe ninguna información sobre alturas y masa específica de la nieve caída en el lugar, deberán determinarse los valores en la primera ocasión propicia para ello. La sobrecarga básica se determinará por la relación:

$$n_o = h \times d$$

en que :

n_o = sobrecarga básica de la nieve, Kg/m²

h = altura de la nieve caída, m

d = masa específica de la misma, en Kg/m³

- b) En el caso que existan informaciones de varios años o se realicen mediciones en varios años, la sobrecarga básica de nieve se obtiene como media aritmética.

$$n_o = \frac{h_1 \times d_1 + h_2 \times d_2 + \dots \dots \dots h_i \times d_i}{i}$$

La masa específica de la nieve caída se considerará igual a 125 Kg/m³.

B.1.3. Cargas Sísmicas

B.1.3.1. Disposiciones de Aplicación General

Todo edificio, y cada una de sus partes, deberá ser proyectado y construido para resistir las solicitaciones sísmicas calculadas en la forma prescrita en la NCh 433.

Dicha norma establece dos métodos para el cálculo de las solicitaciones sísmicas en edificios, un método estático y otro dinámico. En este capítulo resumiremos sólo el método estático.

En el método estático, las solicitaciones sísmicas se asimilan a cargas estáticas representadas por fuerzas horizontales aplicadas al nivel de cada piso y que actúan con un valor fijo, todas en una misma dirección y sentido.

Estas fuerzas sísmicas se supondrán actuando en una dirección cualquiera; en todo caso, la estructura deberá analizarse y calcularse, por lo menos, para dos direcciones perpendiculares o aproximadamente perpendiculares.

B.1.3.2. Clasificación de los Edificios

La NCh 433 clasifica los edificios de la siguiente manera:

- i) Según su uso:
 - a) Edificios gubernamentales, municipales, de servicios públicos o de utilidad pública (correos y telégrafos, radioemisoras, centrales eléctricas, cuarteles de policía, etc.); aquéllos cuyo uso es de especial importancia en caso de catástrofes (hospitales, postas de primeros auxilios, etc.); aquéllos cuyo contenido es de gran valor (bibliotecas, museos, etc.) y aquéllos donde existe frecuentemente aglomeración de personas (escuelas, estadios, salas de espectáculos, templos, estaciones terminales, etc.).
 - b) Edificios destinados a la habitación privada o al uso público, pero donde no es usual la aglomeración de personas (viviendas, departamentos, oficinas, hoteles, restaurantes, etc.); plantas

o instalaciones industriales, bodegas para materiales o equipos, y edificios cuya falla pueda poner en peligro otras construcciones de este grupo o del grupo a.

- c) Construcciones aisladas o provisionales no destinadas a la habitación, no clasificables según a o b (establos, graneros, etc.) y cuya falla no pueda causar daños a edificios de los grupos a o b.

ii) Según su uso estructural:

- d) Edificios en general, excepto:
- e) Aquellos edificios cuyos pisos y cubiertas estén constituidos por diafragmas rígidos.
- f) Aquellos edificios incluidos en e y que resistan las fuerzas horizontales exclusivamente por marcos rígidos de ductibilidad adecuada (marcos rígidos de acero y de hormigón armado).

B.1.3.3. Método Estático de Análisis

i) Esfuerzo de corte basal:

El esfuerzo de corte basal (Q_0) se determinará en conformidad con la fórmula siguiente:

$$Q_0 = K_1 \times K_2 \times C \times P$$

en que :

Q_0 = esfuerzo de corte basal

K_1 = coeficiente relativo al uso del edificio. Ver Tabla B.6.

TABLA B.6. VALORES DEL COEFICIENTE K_1 .

Uso o destino de la estructura	K_1
(a)	1,2
(b)	1,0
(c)	0,8

K_2 = coeficiente relativo a la forma estructural. Ver Tabla B.7.

TABLA B.7. VALORES DEL COEFICIENTE K_2 .

Forma Estructural	K_2
(d)	1,2
(e)	1,0
(f)	0,8

C = coeficiente dado por la expresión:

$$C = 0,10 \quad \text{para } T \leq T_0$$

$$C = \frac{2 T \times T_0}{T^2 + T_0^2} \quad \text{para } T > T_0$$

en donde T es el período fundamental del edificio en la dirección considerada, expresado en segundos y T_0 , un parámetro dimensional dado por la Tabla B.8.

TABLA B.8. VALORES DEL PARAMETRO T_0 .

Clase de Suelo de Fundación	T_0 (seg)
- Roca, grava densa, grava arenosa densa.	0,20
- Arena densa, suelos cohesivos duros o firmes.	0,30
- Suelos granulares sueltos, suelos cohesivos medianos o blandos.	0,90

En cualquier caso, el valor de C no podrá ser inferior a 0,06.

P = peso del edificio sobre el nivel basal.

Este peso será igual a la suma del peso propio de la parte del edificio que queda sobre el nivel basal (NB) más un porcentaje (p) de la sobrecarga de cálculo.

P = Peso propio + p × sobrecarga.

Valores de p:

- $p \geq 0,25$ sobrecarga, para edificios clasificados como b.
- $p \geq 0,50$ sobrecarga, para edificios clasificados como a.
- $p = 0$ para la sobrecarga de cálculo de techos.

En edificios de un piso, el esfuerzo de corte basal no podrá ser inferior a $0,12 P$.

En edificios de varios pisos el esfuerzo de corte basal no podrá ser inferior a $0,06 P$.

Un período fundamental $T > T_0$ deberá justificarse mediante procedimientos teóricos, experimentales o fórmulas empíricas.

Profesionales con experiencia pueden proporcionar datos técnicos para conocer el período fundamental T de un edificio determinado. A falta de estos datos, se puede calcular, en forma aproximada, con la fórmula siguiente:

$$T = 0,2 \sqrt{d \frac{\sum p \times u^2}{\sum p \times u}}$$

en que :

d = flecha, en cm, del extremo superior del edificio para un empuje horizontal equivalente al peso propio.

p = peso de un piso determinado.

u = razón entre la flecha de dicho peso y " d ".

B.1.3.4. Distribución Vertical de las Fuerzas Sísmicas

Las fuerzas horizontales aplicadas al nivel de cada piso se calcularán con la expresión:

$$F_k = \frac{P_k \times h_k \times Q_0}{\sum P_j \times h_j}$$

en que :

F_k = fuerza aplicada al nivel del piso de orden k .
($F_0 = 0$).

P_k = peso del piso de orden K , más porcentaje de sobrecarga que le corresponda.

h_k = altura del piso de orden K sobre el nivel basal.

Q_o = esfuerzo de corte basal.

$\sum P_j \times h_j$ = suma de todos los productos $P \times h$ del edificio.

H = altura total del edificio sobre el nivel basal.

La expresión anterior es válida para edificios que no excedan de 5 pisos ni de $H = 16$ m.

La Figura B.8 grafica la expresión anterior.

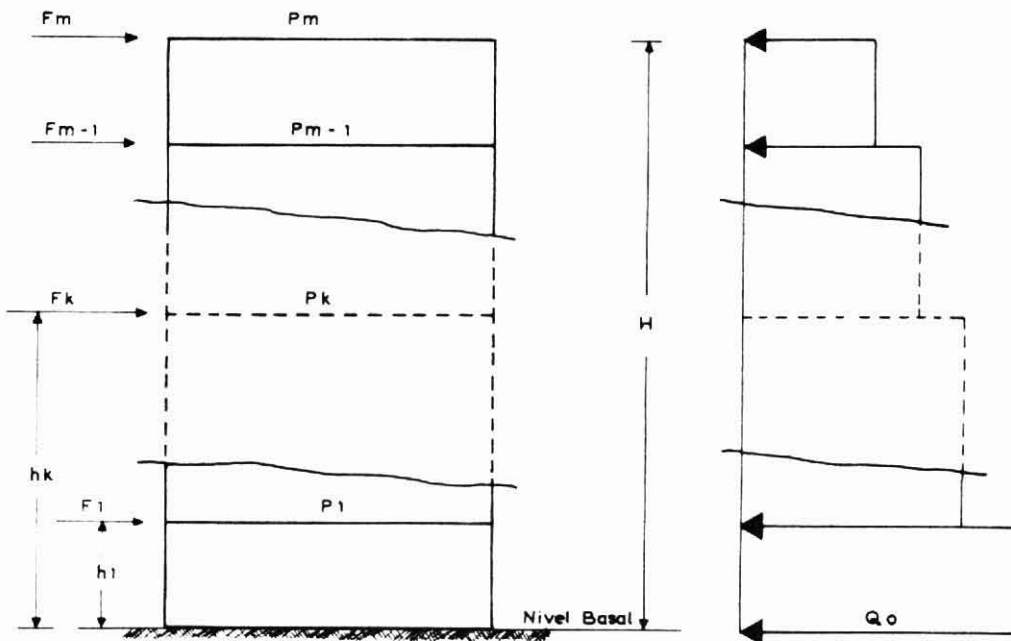


FIGURA B.8. Distribución vertical de las fuerzas sísmicas.

Cuando el edificio tenga subterráneos por debajo del nivel basal, el esfuerzo de corte en los entrepisos de estos subterráneos podrá considerarse constante e igual a Q_o . Se admite así que las fuerzas sísmicas al nivel de cada piso subterráneo son nulas, puesto que esa parte de la estructura está confinada por el terreno de fundación.

B.1.3.5. Distribución en Planta del Esfuerzo de Corte

El esfuerzo de corte horizontal calculado para cualquier nivel será distribuido entre los elementos resistentes en ese nivel, en la siguiente forma:

- a) En edificios o estructuras en general que cuenten en esos niveles con diafragmas horizontales rígidos que aseguren la igualdad de deformaciones, el esfuerzo de corte correspondiente será distribuido entre los diferentes elementos resistentes en proporción a sus rigideces.
- b) En edificios u otras estructuras en que la irregular distribución de rigideces en planta traiga consigo una tendencia a rotación del edificio o estructura, a los esfuerzos de corte establecidos en cada piso deberá superponerse un momento de torsión expresado por la fórmula siguiente:

$$M_{t,k} = 1,5 Q_k \times e_k \times 0,05 I_{k,j=\sum_{j=k}^n} F_j \times b_j$$

en que :

$M_{t,k}$ = momento de torsión en el nivel k.

Q_k = esfuerzo de corte en el entrepiso de orden K.

e_k = distancia entre el centro de rigideces o centro elástico del entrepiso de orden k y la línea de acción de Q_k .

I_k = factor de reducción para el momento de torsión accidental, el cual está dado por la fórmula:

$$I_k = 0,7 + 0,3 \frac{h_k}{H}$$

en que :

F_j = fuerza sísmica aplicada al nivel del piso de orden j.

b_j = mayor dimensión en planta del piso considerado en la dirección perpendicular a F_j .



h_k = altura del piso del orden k .

H = altura total del edificio.

$\sum F_j \times b_j$ = suma de los productos $F_j \times b_j$ desde el piso de orden k hasta el de orden n , es decir, de los niveles por sobre el nivel k .

- c) En niveles en que no existan losas u otros elementos de rigidez horizontal que amarren solidariamente entre sí, en esa dirección, las piezas resistentes, el esfuerzo de corte se distribuirá entre los elementos resistentes, en proporción a las cargas verticales que graviten sobre él.

Todo edificio deberá ser estructurado de modo que en cada uno de sus niveles la fuerza que actúa sobre cualquier elemento, debido a la acción del momento de torsión ($M_{t,k}$), no pueda exceder a la fuerza que actúa sobre el mismo elemento resultante de la distribución del esfuerzo de corte Q_k .

Para los efectos de la distribución de Q_k se supone una dirección tal de dicho esfuerzo de corte que, aplicado en el centro de rigideces o centro elástico, origine una traslación del piso en la dirección del elemento considerado.

Aquellos elementos en que la fuerza originada por el momento de torsión sea de sentido opuesto a la proveniente de la distribución del esfuerzo de corte, serán diseñados para resistir la diferencia entre esta última y el 50% de la primera.

B.1.3.6. Estructuración

Los edificios compuestos por varios cuerpos o de planta irregular (en H, en L, en T, etc.) sólo podrán proyectarse y construirse como una sola estructura cuando los diafragmas se calculen y construyan de modo que la construcción se comporte durante los sismos como un solo conjunto. En caso contrario, cada cuerpo deberá proyectarse como una estructura separada.

En edificios o en partes de edificios que no se diseñen y construyan como unidos o interconectados, se adoptarán las siguientes disposiciones para permitir su movimiento relativo debido a fuerzas laterales.



La distancia (d) de un edificio al plano medianero en cualquier nivel:

- i) No podrá ser inferior a tres veces el desplazamiento, a ese nivel, calculado a partir de las fuerzas horizontales de diseño establecidas en ese Capítulo.
- ii) No podrá ser inferior a un 2% de la altura del mismo nivel (h_k).
- iii) No podrá ser inferior a 1,5 cm.

Se exceptúan los edificios colindantes con un predio de uso público no destinado a ser edificado.

Entre partes de un mismo edificio o entre un edificio proyectado y uno existente las distancias, a cada nivel, no serán inferiores al doble de las establecidas anteriormente.

Estas separaciones no incluyen las fundaciones, a menos que el proyecto estructural así lo establezca.

Las estructuras de techumbre como cerchas u otras deberán ser arriostradas para transmitir las fuerzas de inercia a la estructura soportante.

Los elementos que no forman parte integrante de la estructura principal del edificio, las estructuras menores ligadas a ella y los anclajes respectivos deberán verificarse o proyectarse para resistir las siguientes fuerzas horizontales:

- a) Antepechos, parapetos, piñones y frontones, una fuerza horizontal igual a la mitad de su peso.
- b) Para estanques, chimeneas, glorietas, y en general estructuras menores sobre edificios, una fuerza horizontal igual a su masa por el doble de la aceleración del piso en que se encuentran. La distribución vertical de dicha fuerza, dentro de la estructura menor, será hecha de acuerdo a las características de ésta.
- c) Las marquesinas, balcones y aleros se diseñarán para una fuerza vertical igual al peso propio más la sobrecarga de cálculo, aumentadas ambas en un 30% y con las tensiones admisibles para el cálculo estático.



B.1.3.7. Tensiones Admisibles

No se permitirán aumentos en las tensiones admisibles, por sobre las establecidas, para condiciones estáticas, en aquellos elementos estructurales que en cualquier piso tomen un 45% o más de la sollicitación total del piso.

B.1.4. Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso (NCh 1537)

B.1.4.1. Cargas Permanentes

a) Peso de los elementos incorporados:

- La masa de un material se calcula de acuerdo con los valores indicados en la Tabla B.13.
- El peso de los tabiques fijos indicados en los planos de estructuras debe incluirse en la carga permanente.

b) Tabiques móviles:

Los tabiques móviles y a futuro se tomarán en cuenta como carga equivalente uniformemente repartida por metro cuadrado, igual al 33% del peso por metro lineal de tabique terminado, con un mínimo de 1 KPa, salvo que la sobrecarga de uso correspondiente sea igual o superior a 4 KPa, en cuyo caso no se requiere considerar el peso de estos tabiques.

B.1.4.2. Sobrecargas de Uso

a) Los pisos y techos utilizables como terraza deben diseñarse considerando el efecto más desfavorable originado por una de las sobrecargas siguientes:

- i) Sobrecarga mínima uniformemente distribuida, q_k , igual al valor característico indicado en la Tabla B.11 para las diferentes clases de edificios y afectada por las reducciones que se establecen en B.1.4.3.

- ii) Sobrecarga mínima concentrada, Q_k .

- b) Los techos deben diseñarse considerando una sobrecarga mínima de, $q_k = 1 \text{ KPa} = 100 \text{ Kg/m}^2$, uniformemente distribuida sobre la proyección horizontal de la superficie y afectada por las reducciones que se establecen en el párrafo B.1.4.3., en lo que no contradiga lo dispuesto para las sobrecargas de nieve de la NCh 431.
- c) Los envigados de cielo con acceso sólo para mantención y las costaneras de techos deben diseñarse para resistir una carga de $1 \text{ KN} = 100 \text{ Kg}$ en la posición más desfavorable.

Esta carga no debe considerarse actuando simultáneamente con las sobrecargas de uso para techos.

- d) Las cargas muy pesadas y mercaderías que causan cargas uniformemente repartidas mayores que $10 \text{ KPa} = 1.000 \text{ Kg/m}^2 = 0,1 \text{ Kg/cm}^2$ deben determinarse con precisión.
- e) Las sobrecargas de uso establecidas en los párrafos anteriores pueden ser reducidos cuando actúan simultáneamente con las solicitaciones sísmicas de acuerdo a lo establecido en NCh 433.
- f) Barandas de escaleras y balcones.

Las barandas de escaleras y balcones deben ser diseñadas para resistir, en general, una fuerza de $500 \text{ N/ml} = 50 \text{ Kg/ml}$ aplicada en el sentido perpendicular a la baranda y a la altura del pasamano. En el caso de barandas de teatros, salas de reunión, edificios deportivos y tribunas esta fuerza debe ser de $1.000 \text{ N/ml} = 100 \text{ Kg/ml}$.

- g) Tribunas, graderías y similares.

Además de otros requisitos que puedan estipularse, las tribunas, graderías, plataformas de asambleas, plataformas de revisión y similares deben ser diseñadas para resistir una fuerza horizontal de $350 \text{ N/ml} = 35 \text{ Kg/ml}$ aplicada a los asientos en el sentido de la fila de asientos y de $150 \text{ N/ml} = 15 \text{ Kg/ml}$ en sentido perpendicular. Estas cargas no deben necesariamente considerarse aplicadas simultáneamente. Las plataformas sin asientos deben ser diseñadas para resistir una fuerza horizontal mínima de $250 \text{ N/m}^2 = 25 \text{ Kg/m}^2$ de superficie plana ($0,25 \text{ KPa}$).

Las cargas horizontales indicadas en este párrafo no

se deben sumar a las solicitaciones sísmicas correspondientes.

h) Sobrecargas de uso concentradas, Q_k .

Además de calcular los elementos de los pisos bajo la acción de sobrecargas de uso uniformemente repartidas debe efectuarse un cálculo separado para una carga concentrada impuesta al elemento en la posición más desfavorable. A falta de datos particulares referentes a esta carga concentrada debe considerarse que ella está aplicada sobre una superficie cuadrada de 0,1 m de lado y que tiene un valor igual al de la sobrecarga de uso uniformemente repartida por m^2 . Esta carga puntual es mutuamente excluyente con la sobrecarga de uso o cualquier otra carga variable.

B.1.4.3. Reducción de Sobrecargas de Uso

Para el diseño de elementos estructurales tales como costaneras, cerchas, vigas, columnas, muros y fundaciones se permite reducir las sobrecargas de uso mínimas especificadas en B.1.4.2., de acuerdo a B.1.4.3.a para los techos y a B.1.4.3.b para los pisos.

a) Reducción de sobrecargas de uso para techos.

La sobrecarga mínima de uso para techos, $q_k = 1 \text{ KPa} = 100 \text{ Kg/m}^2$ indicada anteriormente, puede reducirse de acuerdo con la siguiente expresión:

$$q_{k,red} = C_{\alpha} C_A q_k \geq 0,3 \text{ KPa} = 30 \text{ Kg/m}^2$$

en que :

C_{α} = coeficiente de reducción por pendiente de techo dado por la expresión:

$$C_{\alpha} = 1 - 2,33 \text{ tg } \alpha \text{ aplicable cuando } \text{tg } \alpha \leq 0,3$$

C_A = coeficiente de reducción por área tributaria soportada por el elemento estructural considerado; su valor se determina por la expresión siguiente:

$$C_A = 1 \text{ para } A \leq 20 \text{ m}^2$$

$$C_A = 1 - 0,008 \text{ para } 20 \text{ m}^2 < A < 50 \text{ m}^2; \text{ y}$$

$$C_A = 0,6 \text{ para } A \geq 50 \text{ m}^2$$

En la Tabla B.9., se entregan valores reducidos de la sobrecarga de uso para techos en función de su pendiente y del área tributaria del elemento considerado.

TABLA B.9. SOBRECARGA DE USO REDUCIDAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS PARA TECHOS, $q_{k,red}$, en KPa.

PENDIENTE DEL TECHO, $\text{tg } \alpha, \%$	AREA TRIBUTARIA A, m^2						
	≤ 20	25	30	35	40	45	≥ 50
0	1,0	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64	0,60
5	0,88	0,71	0,67	0,64	0,60	0,57	0,53
10	0,77	0,61	0,58	0,55	0,52	0,49	0,46
15	0,65	0,52	0,49	0,47	0,44	0,42	0,39
20	0,53	0,43	0,41	0,38	0,36	0,34	0,32
25	0,42	0,33	0,32	0,30	0,30	0,30	0,30
≥ 30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30

b) Reducción de sobrecargas de uso para pisos.

Las sobrecargas mínimas de uso para pisos indicados en la Tabla B.11. se pueden reducir en función del área tributaria total A que incide sobre el elemento estructural. Los coeficientes de reducción no se aplican a áreas públicas ni a áreas con sobrecargas de uso q_k mayor que 5 KPa.

La sobrecarga de uso de cualquier elemento que soporta un área tributaria igual o mayor que 15 m^2 puede reducirse de acuerdo a la expresión:

$$q_{k,red} = C_A q_k$$

en que :

$$C_A = 1 - 0,008 A$$

Sin embargo, el valor de C_A no debe ser inferior a 0,60 para elementos horizontales y para elementos verticales que reciben carga de un piso solamente, ni a 0,40 para otros elementos verticales, y en ningún caso inferior al valor determinado por:

$$1 - 0,23 \left(1 + \frac{g_k}{q_k} \right)$$

en que :

g_k = carga permanente uniformemente distribuida para el elemento;

q_k = sobrecarga mínima uniformemente distribuida para el elemento.

Los valores de C_A para algunos valores de A se indican en la Tabla B.10.

TABLA B.10. VALORES DEL COEFICIENTE DE REDUCCION DE SOBRECARGAS DE USO PARA PISOS.

A, m²	$C_A = 1 - 0,008 A \text{ (} A \geq 15 \text{ m}^2 \text{)}$
< 15	1,00
15	0,88
20	0,84
25	0,80
30	0,76
35	0,72
40	0,68
45	0,64
50	0,60
55	0,56
60	0,52
65	0,48
70	0,44
75	0,40



TABLA B.11. SOBRECARGAS DE USO UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS PARA PISOS.

TIPO DE EDIFICIO	DESCRIPCION DE USO ¹⁾	SOBRECARGA DE USO q_k , KPa
BIBLIOTECAS	Areas de lectura	3,0
	Areas de archivo:	
	a) apilamiento de hasta 1,8 m de altura	4,0
	b) por cada 0,30m adicionales sobre 1,8 m	0,5
BODEGAS	Areas para mercadería liviana	6,0
	Areas para mercadería pesada	12,0
	Areas para frigoríficos. Debe estimarse pero no ser inferior a	15,0
CARCELES	Areas de celda	2,5
ESCUELAS	Salas de clases con asientos fijos	2,5
	Salas de clases con asientos móviles	3,0
ESTACIONAMIENTOS	Areas para estacionamiento y reparación de vehículos, incluyendo las vías de circulación	5,0
FABRICAS	Areas con maquinaria liviana	4,0
	Areas con maquinaria pesada	
HOSPITALES	Areas para internados	2,0
	Areas para quirófanos, laboratorios, etc. Debe estimarse pero no ser inferior a	3,0
HOTELES	Areas para piezas	2,0
	Areas para cocinas, lavanderías	4,0
	Areas para salones, comedores y lugares de reunión	5,0
IGLESIAS	Areas de culto con asientos fijos	3,0
	Areas de culto con asientos móviles	5,0

Continúa

TABLA B.11. (Continuación)

TIPO DE EDIFICIO	DESCRIPCION DE USO ¹⁾	SOBRECARGA DE USO q_k , KPa
OFICINAS	Areas privadas sin equipos	2,5
	Areas públicas y áreas privadas con equipos	5,0
TEATROS ²⁾	Areas con asientos fijos	3,0
	Areas para escenarios	4,5
	Areas de uso general ³⁾	5,0
TIENDAS	Areas para ventas al por menor	4,0
	Areas para ventas al por mayor	5,0
VIVIENDAS ⁴⁾	Buhardillas no habitables	1,0
	Areas de uso general	2,0
	Balcones, terrazas y escalas	2,5

NOTAS: (1) Para cada tipo de edificio, sólo se han incluido las sobrecargas de uso de las áreas que lo caracterizan. En el caso general de un edificio con diferentes áreas de uso, las sobrecargas correspondientes a esas áreas deben obtenerse del tipo de edificio representativo.

Los corredores, escalas y lugares de uso público, deben diseñarse con una sobrecarga de uso de 4,0 KPa.

Las aceras y accesos para vehículos deben diseñarse con una sobrecarga de uso de 12,5 KPa.

(2) Incluye estadios, salas de conferencia, circos, cines, etc.

(3) Incluye foyer, vestíbulo y pasillo.

(4) Incluye viviendas unifamiliares de uno o más pisos, edificios de departamentos y conjuntos habitacionales.

TABLA B.12. DENSIDADES DE MATERIALES DE CONSTRUCCION Y TIERRA.

MATERIALES DE CONSTRUCCION	DENSIDAD (Kg/m ³)
<u>PRIMARIOS</u>	
Arena húmeda	1.800
Arena seca	1.700
Cal calcinada, en trozos	700
Cal calcinada y apagada, molida	700
Cal hidráulica, calcinada, en trozos	1.200
Cal hidráulica, calcinada apagada, molida	1.200
Caliza molida	1.600
Cemento molido, Klincker de cemento	1.700
Cemento en sacos	1.500
Escorias y cenizas	1.000
Grava y arena húmedas	1.850
Grava y arena secas	1.750
Espuma de lava en trozos: naturalmente húmeda	1.000
Espuma de lava en trozos: naturalmente húmeda y molida	1.500
Ladrillo hecho a mano	1.400
Ladrillo hecho a máquina	1.700
Ladrillo sílico-calcáreo	1.800
Ladrillo molido	1.500
Tierra de infusorios	250
Yeso molido	1.500
<u>ELABORADOS</u>	
Albañilería de ladrillo hecho a mano	1.600
Albañilería de ladrillo hecho a máquina	1.800
Albañilería de ladrillo hueco	1.300
Hormigón sin armar	2.400
Hormigón armado	2.500
Hormigón de piedra pómez	1.600
Hormigón escoria de carbón	1.700
Mampostería de sillares - granito, sienita gneis	2.640

Continúa



TABLA B.12. (Continuación)

MATERIALES DE CONSTRUCCION	DENSIDAD (Kg/m³)
Mampostería de sillares-caliza, mármol	2.560
Mampostería de sillares-arenisca	2.240
Mampostería de piedra seca-granito, sienita gneis	2.080
Mampostería de piedra seca-caliza, mármol	2.000
Mampostería de piedra seca-arenisca	1.760
Mampostería de hormigón:	
Cemento, piedra, arena	2.310
Cemento, escorias, arena	2.080
Cemento, ceniza, arena	1.600
Morteros:	
Mortero de cemento	2.000
Mortero de cal o yeso	1.750
TIERRA EXCAVADA	DENSIDAD (Kg/m³)
Arcilla seca, suelta	1.000-1 500
Arcilla seca, compactada	1.400-1 800
Arcilla húmeda, plástica	1.600-2 000
Arcilla y grava seca, suelta	1.600-2 100
Arcilla y grava seca, compactada	2.000-2 300
Tierra seca, suelta	1.000-1 600
Tierra seca, compactada	1.200-2 000
Tierra húmeda, suelta	1.000-1 400
Tierra húmeda, compactada	1.500-2 200
Tierra, fango, fluido	1.730
Tierra, fango, embalada	1.850

TABLA B.13. MASAS POR m² DE MATERIALES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCION.

MATERIALES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCION	Kg/m ²
<u>CIELOS</u>	
Aislante industrial :	
de 25 mm (rfgido)	3-4
de 40 mm (semirfgido)	4,8
Asbesto-cemento liso:	
de 5 mm	9,0
de 8 mm	11,5
Entablado de pino :	
de 12 mm	8
de 19 mm	12
de 25 mm	15
Entablado, listones y enlucido	32
Listones metálicos y plancha de yeso suspendida	49
Yeso cartón :	
de 10 mm	10
<u>DIVISIONES</u>	
Pandereta:	
Sin estuco	105-120
Con estuco	140-190
Plancha de asbesto- cemento :	
de 3 mm	6
de 5 mm	9
de 8 mm	11,5
Vidrio:	
Simple	6
Doble	8
Triple	10,5
Yeso cartón :	
de 15 mm	15,0

Continúa



TABLA B.13. (Continuación)

MATERIALES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCION	Kg/m ²
MUROS	
Bloque hueco de hormigón :	
de 15 cm sin estuco	200-250
de 15 cm con estuco	230-310
de 20 cm sin estuco	225-250
Hormigón armado :	
de 15 cm	360-390
Ladrillo :	
de 15 cm de ancho, sin estuco	230-260
de 15 cm de ancho, con estuco	270-300
de 20 cm de ancho, sin estuco	300-340
de 20 cm de ancho, con estuco	340-380
hueco de 15 cm, sin estuco	195-215
hueco de 15 cm, con estuco	235-255
PISOS	
Baldosas de cemento	40
Entablado :	
de 19 mm	12
Entablado :	
de 25 mm	15
Parquet	16
Peso total sobre la losa :	
Parquet	70-80
Peso total sobre la losa :	
Baldosas de cemento	100-110

Continúa

TABLA B.13. (Continuación)

MATERIALES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCION	Kg/m ²
Radier de hormigón : de 10 cm	220
<u>TECHUMBRES</u>	
Fonolita	5
Hojalata lisa	4,9
Plancha de acero cin- cada :	
Lisa de 0,4 mm	3,5
Lisa de 0,6 mm	5,1
5 V y acanalada de 0,4 mm	3,6-3,9
5 V y acanalada de 0,5 mm	4,4-4,6
5 V y acanalada de 0,6 mm	5,2-5,4
5 V y acanalada de 0,8 mm	6,8-7,1
Toledana de 1,0 mm	9,8
Toledana de 1,2 mm	10,5
Plancha de asbesto- cemento :	
Acanalada de 4 mm	10,0-11,0
Acanalada de 5 mm	13,5-15,0
Acanalada de 5 mm gran onda	15,5-17,0
Acanalada de 6 mm gran onda	18,0-20,0
Canoa de 8 mm	25
<u>TEJAS</u>	
Asbesto - cemento fa- bricación nacional	19-28
Arcilla fabricación nacional	36-60
Arcilla, española	93
Arcilla, romana	59

Continúa

TABLA B.13. (Continuación)

MATERIALES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCION	Kg/m ²
Arcilla Ludovici, es pañola	49
De cemento fabrica ción nacional	50
Madera	15
Marsellesa	30-45
Pizarra : de 4,8 mm	34
Pizarra : de 6,3 mm	49
Redonda	60-90

B.2. Fórmulas y Diagramas de Esfuerzos Internos

B.2.1. Fórmulas y Diagramas en Vigas

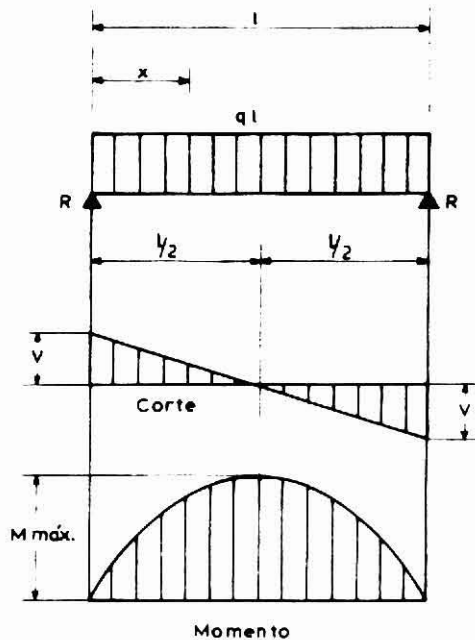
B.2.2. Fórmulas y Diagramas de Marcos

B.2.3. Fórmulas y Diagramas de Arcos Triarticulados



B.2.1. Fórmulas y Diagramas de Vigas

1. Carga uniformemente distribuida



$$R = V \dots\dots\dots = \frac{q l}{2}$$

$$V_x \dots\dots\dots = q \left(\frac{l}{2} - x \right)$$

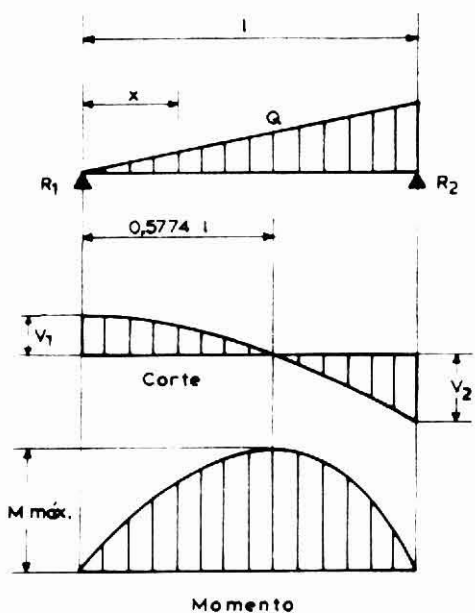
$$M_{\text{máx}} \text{ (en el centro) } \dots\dots = \frac{q l^2}{8}$$

$$M_x \dots\dots\dots = \frac{q x}{2} (l - x)$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el centro) } \dots\dots = \frac{5 q l^4}{384 E I}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{q x}{24 E I} (l^3 - 2 l x^2 + x^3)$$

2. Carga incrementada linealmente hacia un extremo



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{Q}{3}$$

$$R_2 = V_2 \text{ máx} \dots\dots\dots = \frac{2Q}{3}$$

$$V_x \dots\dots\dots = \frac{Q}{3} - \frac{Q x^2}{l^2}$$

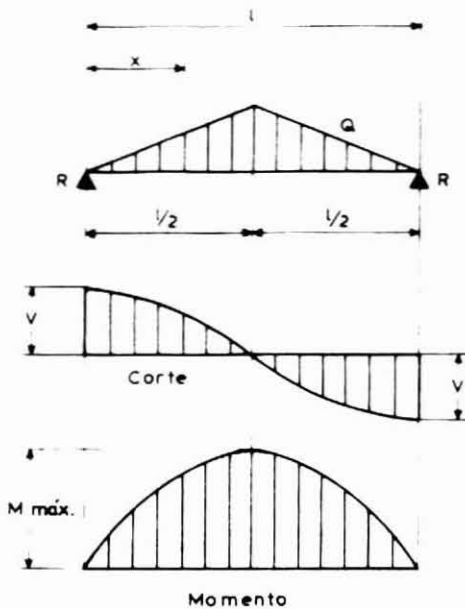
$$M_{\text{máx}} \left[\text{en } x = \frac{l}{\sqrt{3}} = 0,5774 l \right] = \frac{2Q l}{9\sqrt{3}} = 0,1283 Q l$$

$$M_x \dots\dots\dots = \frac{Q x}{3 l^2} (l^2 - x^2)$$

$$\Delta_{\text{máx}} \left[\text{en } x = l \sqrt{1 - \sqrt{\frac{8}{15}}} = 0,5193 l \right] = 0,01304 \frac{Q l^3}{E I}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{Q x}{180 E I} \cdot \frac{(3x^4 - 10 l^2 x^2 + 7 l^4)}{l^2}$$

3. Carga incrementada linealmente hacia el centro



$$R = V \dots\dots\dots = \frac{Q}{2}$$

$$V_x \text{ (si } x < \frac{l}{2}) \dots\dots\dots = \frac{Q}{2l^2} (l^2 - 4x^2)$$

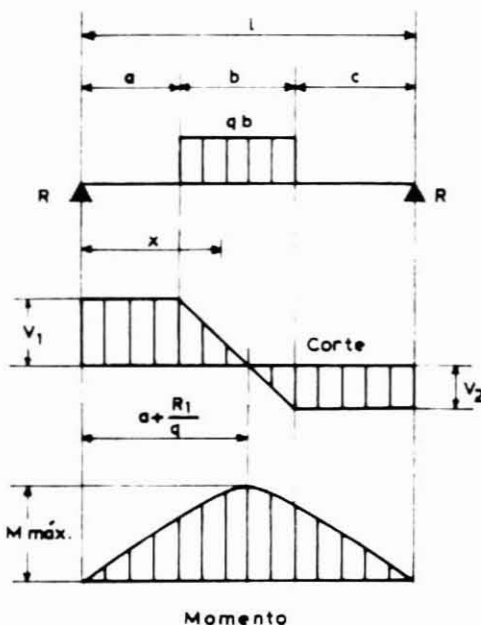
$$M_{\text{máx}} \text{ (en el centro)} \dots\dots = \frac{Q l^3}{6}$$

$$M_x \text{ (si } x < \frac{l}{2}) \dots\dots\dots = Q x \left[\frac{1}{2} - \frac{2x^2}{3l^2} \right]$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el centro)} \dots\dots = \frac{Q l^3}{60 EI}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{Q x}{480 EI} \cdot \frac{(5 l^2 - 4x^2)^2}{l^2}$$

4. Carga uniforme distribuida parcialmente



$$R_1 = V_1 \text{ (máx si } a < c) = \frac{q b}{2l} (2c + b)$$

$$R_2 = V_2 \text{ (máx si } a > c) = \frac{q b}{2l} (2a + b)$$

$$V_x \left[\text{si } a < x < (a + b) \right] = R_1 - q (x - a)$$

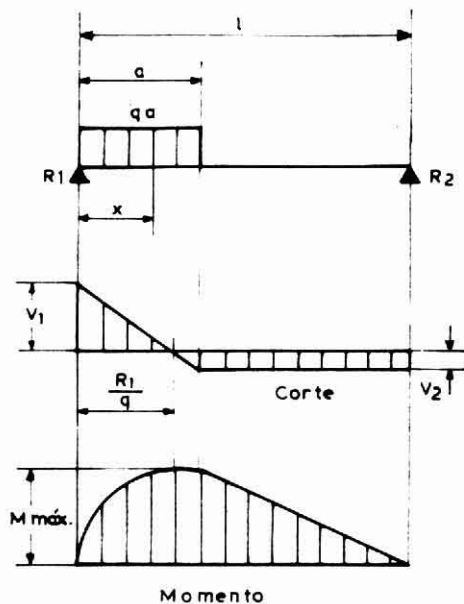
$$M_{\text{máx}} \text{ (en } x = a + \frac{R_1}{q}) \dots\dots = R_1 \left[a + \frac{R_1}{2q} \right]$$

$$M_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = R_1 x$$

$$M_x \left[\text{si } a < x < (a + b) \right] = R_1 x - \frac{q}{2} (x - a)^2$$

$$M_x \left[\text{si } x > (a + b) \right] \dots\dots = R_2 (l - x)$$

5. Carga uniforme distribuida parcialmente en un extremo



$$R_1 = V_1 \text{ máx} \dots\dots\dots = \frac{q a}{2 \ell} (2 \ell - a)$$

$$R_2 = V_2 \dots\dots\dots = \frac{q a^2}{2 \ell}$$

$$V \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = R_1 - q x$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en } x = \frac{R_1}{q}) \dots\dots\dots = \frac{R_1^2}{2 q}$$

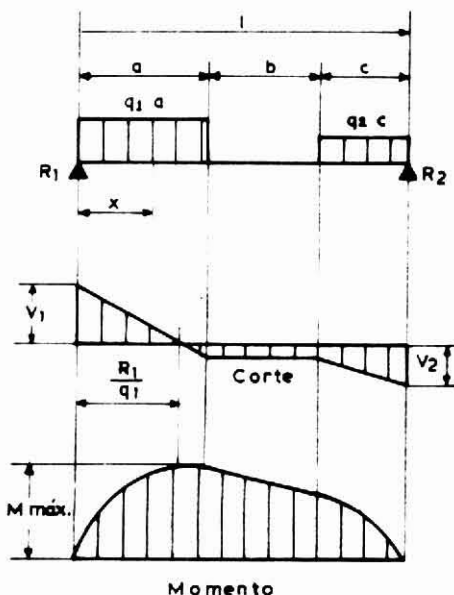
$$M_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = R_1 x - \frac{q x^2}{2}$$

$$M_x \text{ (si } x > a) \dots\dots\dots = R_2 (\ell - x)$$

$$\Delta_X \text{ (si } x < a) = \frac{q x}{24 E I \ell} (a^2 (2 \ell - a)^2 - 2 a x^2 (2 \ell - a) + \ell x^3)$$

$$\Delta_X \text{ (si } x > a) = \frac{q a^2 (\ell - x)}{24 E I \ell} (4 x \ell - 2 x^2 - a^2)$$

6. Cargas uniformes distribuidas parcialmente en ambos extremos



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{q_1 a (2 \ell - a) + q_2 c^2}{2 \ell}$$

$$R_2 = V_2 \dots\dots\dots = \frac{q_2 c (2 \ell - c) + q_1 a^2}{2 \ell}$$

$$V_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = R_1 - q_1 x$$

$$V_x \text{ (si } a < x < (a + b)) = R_1 - q_1 a$$

$$V_x \text{ (si } x > (a + b)) \dots\dots\dots = R_2 - q_2 (\ell - x)$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en } x = \frac{R_1}{q_1} \text{ si } R_1 < q_1 a) = \frac{R_1^2}{2 q_1}$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en } x = \ell - \frac{R_2}{q_2} \text{ si } R_2 < q_2 c) = \frac{R_2^2}{2 q_2}$$

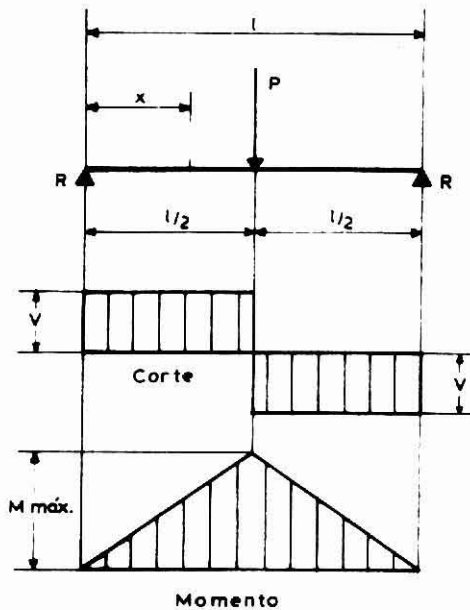
$$M_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = R_1 x - \frac{q_1 x^2}{2}$$

$$M_x \text{ (si } a < x < (a + b)) = R_1 x - \frac{q_1 a}{2} (2 x - a)$$

$$M_x \text{ (si } x > (a + b)) \dots\dots\dots = R_2 (\ell - x) - \frac{q_2 (\ell - x)^2}{2}$$



7. Carga concentrada en el centro



$$R = V \dots\dots\dots = \frac{P}{2}$$

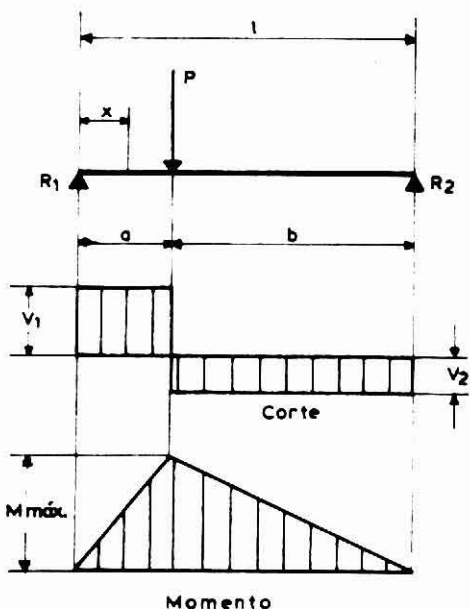
$$M_{\text{máx}} \text{ (en el punto de carga)} = \frac{P \ell}{4}$$

$$M_x \text{ (si } x < \frac{\ell}{2}) \dots\dots\dots = \frac{P x}{2}$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el punto de carga)} = \frac{P \ell^3}{48 EI}$$

$$\Delta_x \text{ (si } x < \frac{\ell}{2}) \dots\dots\dots = \frac{P x}{48 EI} (3 \ell^2 - 4 x^2)$$

8. Carga concentrada en cualquier punto



$$R_1 = V_1 \text{ (máx si } a < b) = \frac{P b}{\ell}$$

$$R_2 = V_2 \text{ (máx si } a > b) = \frac{P a}{\ell}$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en el punto de carga)} = \frac{P a b}{\ell}$$

$$M_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = \frac{P b x}{\ell}$$

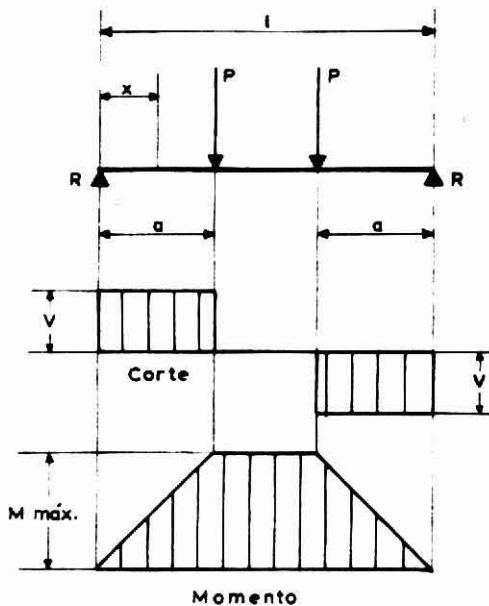
$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en } x = \sqrt{\frac{a(a+2b)}{3}} \text{ si } a > b) \\ = \frac{P a b (a + 2b) \sqrt{3 a (a + 2b)}}{27 EI \ell}$$

$$\Delta_a \text{ (en el punto de carga)} = \frac{P a^2 b^2}{3 EI \ell}$$

$$\Delta_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = \frac{P b x}{6 EI \ell} (\ell^2 - b^2 - x^2)$$

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

9. Dos cargas concentradas e iguales ubicadas simétricamente



$$R = V \dots\dots\dots = P$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (entre ambas cargas)} = Pa$$

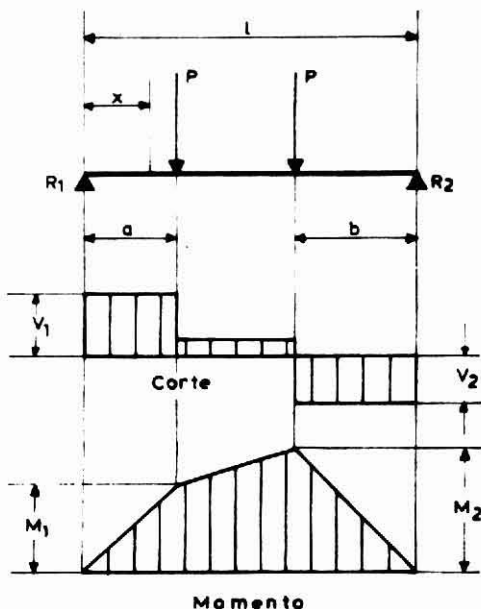
$$M_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = Px$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el centro)} \dots\dots = \frac{Pa}{24 EI} (3l^2 - 4a^2)$$

$$\Delta_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = \frac{Px}{6 EI} (3la - 3a^2 - x^2)$$

$$\Delta_x \text{ (si } a < x < (l - a)) = \frac{Pa}{6 EI} (3lx - 3x^2 - a^2)$$

10. Dos cargas concentradas e iguales ubicadas asimétricamente



$$R_1 = V_1 \text{ (máx si } a < b) = \frac{P}{l} (l - a + b)$$

$$R_2 = V_2 \text{ (máx si } a > b) = \frac{P}{l} (l - b + a)$$

$$V_x \text{ (si } a < x < (l - b)) = \frac{P}{l} (b - a)$$

$$M_1 \text{ (máx si } a > b) \dots\dots = R_1 a$$

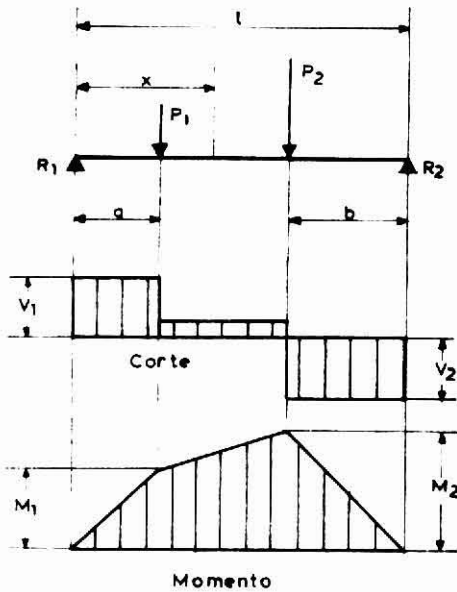
$$M_2 \text{ (máx si } a < b) \dots\dots = R_2 b$$

$$M_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = R_1 x$$

$$M_x \text{ (si } a < x < (l - b)) = R_1 x - P (x - a)$$



11. Dos cargas concentradas y desiguales ubicadas asimétricamente



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{P_1 (\ell - a) + P_2 b}{\ell}$$

$$R_2 = V_2 \dots\dots\dots = \frac{P_1 a + P_2 (\ell - b)}{\ell}$$

$$V_x \text{ (si } a < x < (\ell - b)) = R_1 - P_1$$

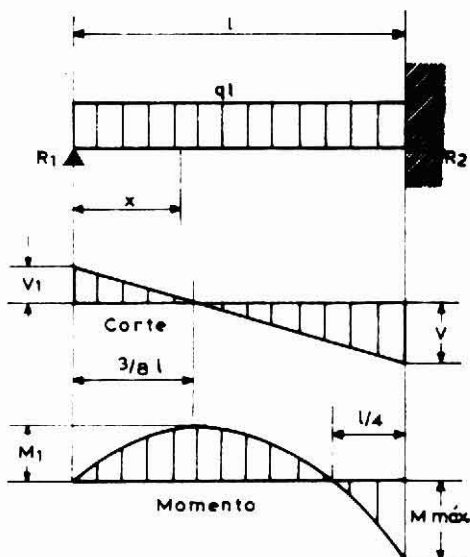
$$M_1 \text{ (máx si } R_1 < P_1) \dots\dots\dots = R_1 a$$

$$M_2 \text{ (máx si } R_2 < P_2) \dots\dots\dots = R_2 b$$

$$M_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = R_1 x$$

$$M_x \text{ (si } a < x < (\ell - b)) = R_1 x - P_1 (x - a)$$

12. Carga uniformemente distribuida



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{3q\ell}{8}$$

$$R_2 = V_2 \text{ máx} \dots\dots\dots = \frac{5q\ell}{8}$$

$$V_x \dots\dots\dots = R_1 - q_x$$

$$M_{\text{máx}} \dots\dots\dots = \frac{q\ell^2}{8}$$

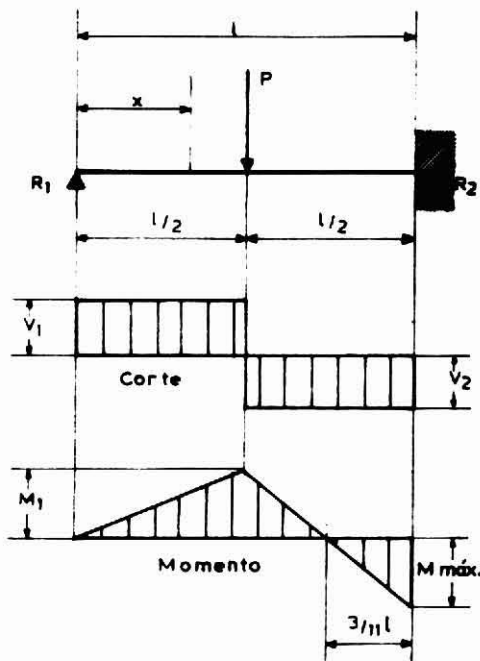
$$M_1 \text{ (en } x = \frac{3}{8} \ell) \dots\dots\dots = \frac{9}{128} q\ell^2$$

$$M_x \dots\dots\dots = R_1 x - \frac{qx^2}{2}$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en } x = \frac{\ell}{16} (1 + \sqrt{33}) = 0,4215 \ell) = \frac{q\ell^4}{185 EI}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{qx}{48 EI} (\ell^3 - 3\ell x^2 + 2x^3)$$

13. Carga concentrada en el centro



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{5P}{16}$$

$$R_2 = V_2 \text{ máx} \dots\dots\dots = \frac{11P}{16}$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en el extremo empotrado)} = \frac{3Pl}{16}$$

$$M_1 \text{ (en el punto de carga)} = \frac{5Pl}{32}$$

$$M_x \text{ (si } x < \frac{l}{2}) \dots\dots\dots = \frac{5Px}{16}$$

$$M_x \text{ (si } x > \frac{l}{2}) \dots\dots\dots = P \left(\frac{l}{2} - \frac{11x}{16} \right)$$

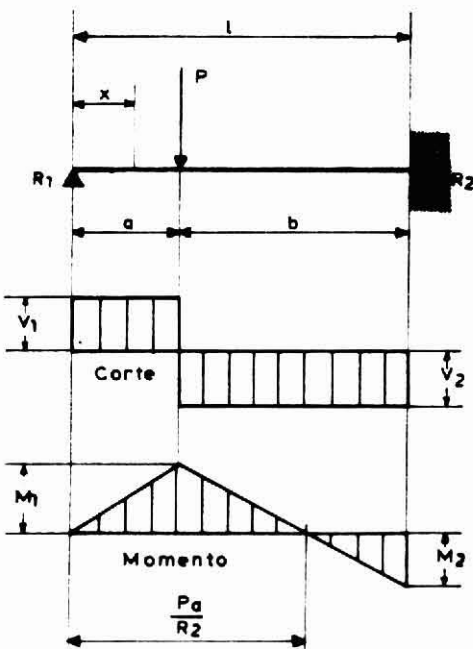
$$\Delta_{\text{máx}} \left[\text{en } x = l \sqrt{\frac{1}{5}} = 0,4472l \right] = \frac{Pl^3}{48EI\sqrt{5}} = 0,009317 \frac{Pl^3}{EI}$$

$$\Delta_x \text{ (en el punto de carga)} = \frac{7Pl^3}{768EI}$$

$$\Delta_x \text{ (si } x < \frac{l}{2}) \dots\dots\dots = \frac{Px}{96EI} (3l^2 - 5x^2)$$

$$\Delta_x \text{ (si } x > \frac{l}{2}) \dots\dots\dots = \frac{P}{96EI} (x-l)^2 (11x - 2l)$$

14. Carga concentrada en cualquier punto



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{Pb^2}{2l^3} (a + 2l)$$

$$R_2 = V_2 \dots\dots\dots = \frac{Pa^2}{2l^3} (3l^2 - a^2)$$

$$M_1 \text{ (en el punto de carga)} = R_1 a$$

$$M_2 \text{ (en el extremo empotrado)} = \frac{Pab}{2l^2} (a + l)$$

$$M_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = R_1 x$$

$$M_x \text{ (si } x > a) \dots\dots\dots = R_1 x - P(x - a)$$

$$\Delta_{\text{máx}} \left[\text{si } a < 0,414l \text{ en } x = l \frac{l^2 + a^2}{3l^2 - a^2} \right]$$

$$= \frac{Pa}{3EI} \frac{(l^2 - a^2)^3}{(3l^2 - a^2)^2}$$

$$\Delta_{\text{máx}} \left[\text{si } a > 0,414l \text{ en } x = \sqrt{\frac{a}{2l + a}} \right]$$

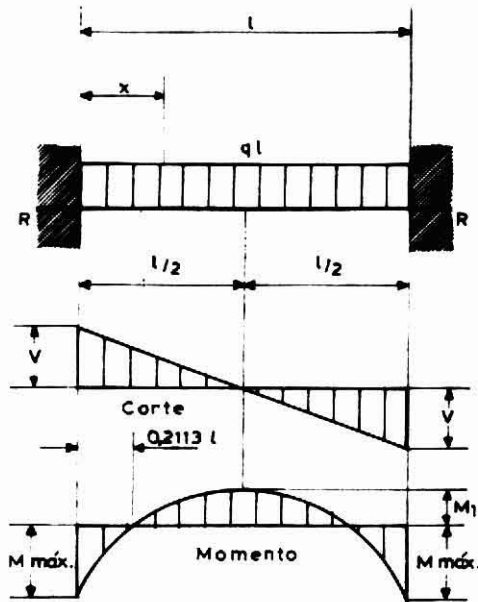
$$= \frac{Pab^2}{6EI} \sqrt{\frac{a}{2l + a}}$$

$$\Delta_a \text{ (en el punto de carga)} = \frac{Pa^2 b^3}{12EI l^3} (3l + a)$$

$$\Delta_x \text{ (si } x < a) = \frac{Pb^2 x}{12EI l^2} (3al^2 - 2lx^2 - ax^2)$$

$$\Delta_x \text{ (si } x > a) = \frac{Pa}{12EI l^3} (l - x)^2 (3l^2 x - a^2 x - 2a^2 l)$$

15. Carga uniformemente distribuida



$$R = V \dots\dots\dots = \frac{ql}{2}$$

$$V_x \dots\dots\dots = q \left(\frac{l}{2} - x \right)$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en los extremos) } \dots\dots = \frac{ql^2}{12}$$

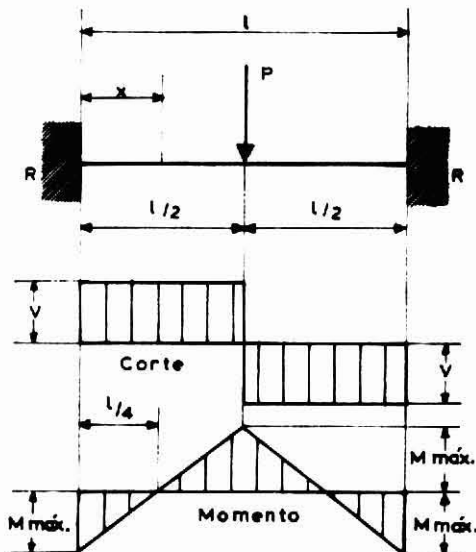
$$M_1 \text{ (en el centro) } \dots\dots = \frac{ql^2}{24}$$

$$M_x \dots\dots\dots = \frac{q}{12} (6lx - l^2 - 6x^2)$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el centro) } \dots\dots = \frac{ql^4}{384 EI}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{qx^2}{24 EI} (l - x)^2$$

16. Carga concentrada en el centro



$$R = V \dots\dots\dots = \frac{P}{2}$$

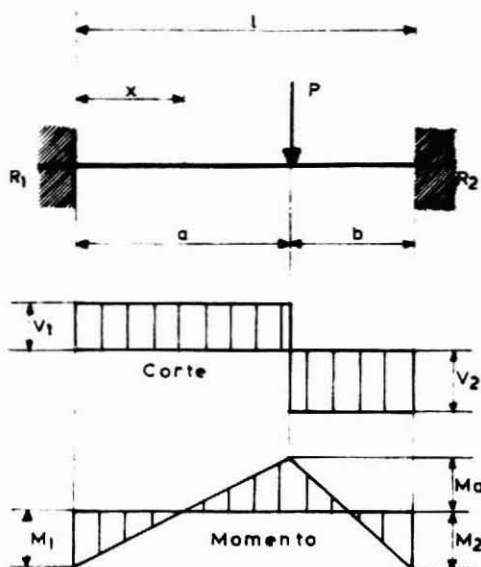
$$M_{\text{máx}} \text{ (en el centro y extremos) } = \frac{Pl}{8}$$

$$M_x \left(\text{si } x < \frac{l}{2} \right) \dots\dots\dots = \frac{P}{8} (4x - l)$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el centro) } \dots\dots = \frac{Pl^3}{192 EI}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{Px^2}{48 EI} (3l - 4x)$$

17. Carga concentrada en cualquier punto



$$R_1 = V_1 \text{ (máx si } a < b) \dots = \frac{Pb^2}{l^3} (3a + b)$$

$$R_2 = V_2 \text{ (máx si } a > b) \dots = \frac{Pa^2}{l^3} (a + 3b)$$

$$M_1 \text{ (máx si } a < b) \dots = \frac{Pab^2}{l^2}$$

$$M_2 \text{ (máx si } a > b) \dots = \frac{Pa^2b}{l^2}$$

$$M_a \text{ (en el punto de carga)} = \frac{2Pa^2b^2}{l^3}$$

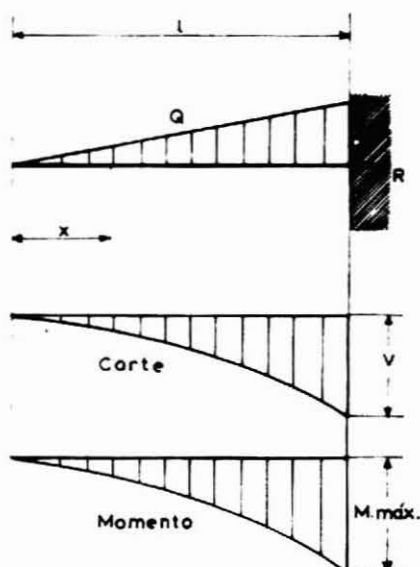
$$M_x \text{ (si } x < a) \dots = R_1x - \frac{Pab^2}{l^2}$$

$$\Delta_{\text{máx}} \left(\text{si } a > b \text{ en } x = \frac{2a}{3a+b} \right) = \frac{2Pa^3b^2}{3EI(3a+b)^2}$$

$$\Delta_a \text{ (en el punto de carga)} = \frac{Pa^3b^3}{3EI l^3}$$

$$\Delta_x \text{ (si } x < a) \dots = \frac{Pb^2x^2}{6EI l^3} (3al - 3ax - bx)$$

18. Carga incrementada linealmente hacia el empotramiento



$$R = V \dots = Q$$

$$V_x \dots = Q \frac{x^2}{l^2}$$

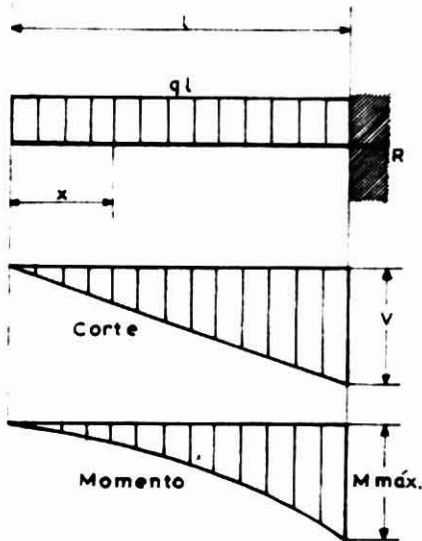
$$M_{\text{máx}} \text{ (en el extremo empotrado)} = \frac{Ql^3}{3}$$

$$M_x \dots = \frac{Qx^3}{3l^2}$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el extremo libre)} = \frac{Ql^3}{15EI}$$

$$\Delta_x \dots = \frac{Q}{60EI l^2} (x^3 - 5l^4x + 4l^3)$$

19. Carga uniformemente distribuida



$$R = V \dots\dots\dots = ql$$

$$V_x \dots\dots\dots = q_x$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en el extremo empotrado)} = \frac{ql^2}{2}$$

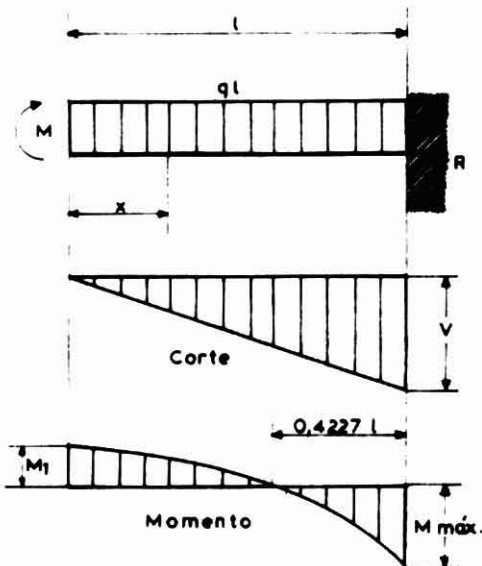
$$M_x \dots\dots\dots = \frac{qx^2}{2}$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el extremo libre)} = \frac{ql^4}{8EI}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{q}{24EI} (x^4 - 4l^3x + 3l^4)$$

20. Carga uniformemente distribuida

* el extremo guiado puede deformar se verticalmente, pero está impedito de girar.



$$R = V \dots\dots\dots = ql$$

$$V_x \dots\dots\dots = q_x$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en el extremo empotrado)} = \frac{ql^2}{3}$$

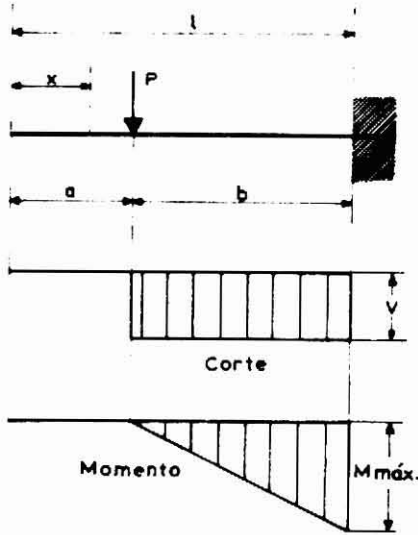
$$M_1 \text{ (en el extremo guiado)} = \frac{ql^2}{6}$$

$$M_x \dots\dots\dots = \frac{q}{6} (l^2 - 3x^2)$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el extremo guiado)} = \frac{ql^4}{24EI}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{q}{24EI} (l^2 - x^2)^2$$

21. Carga concentrada en cualquier punto



$$R = V \text{ (si } x < a \text{)} \dots\dots\dots = P$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en el extremo empotrado)} = P b$$

$$M_x \text{ (si } x > a \text{)} \dots\dots\dots = P (x - a)$$

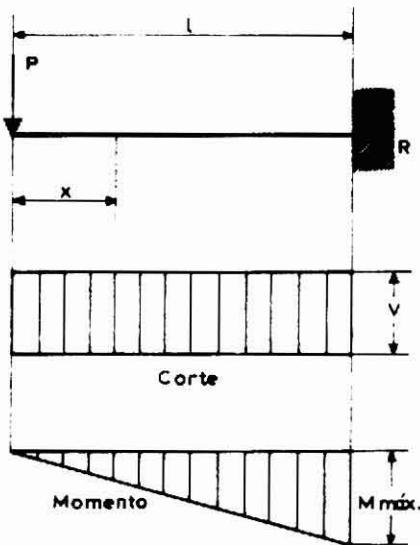
$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el extremo libre)} = \frac{P b^2}{6 EI} (3l - b)$$

$$\Delta_a \text{ (en el punto de carga)} = \frac{P b^3}{3 EI}$$

$$\Delta_x \text{ (si } x < a \text{)} \dots\dots\dots = \frac{P b^2}{6 EI} (3l - 3x - b)$$

$$\Delta_x \text{ (si } x > a \text{)} \dots\dots\dots = \frac{P (l - x)^2}{6 EI} (3b - l + x)$$

22. Carga concentrada en el extremo libre



$$R = V \dots\dots\dots = P$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en el extremo empotrado)} = P l$$

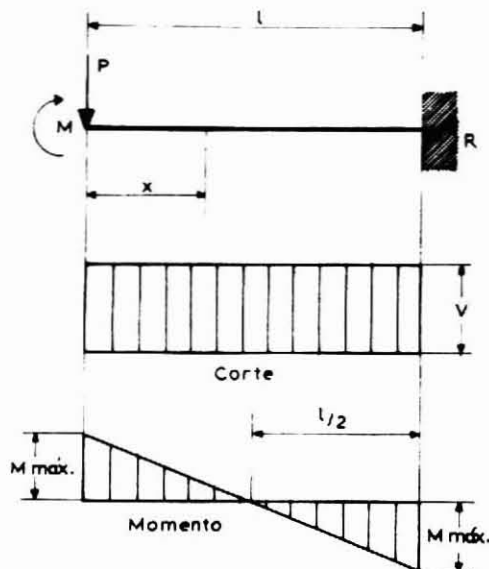
$$M_x \dots\dots\dots = P x$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el extremo libre)} = \frac{P l^3}{3 EI}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{P}{6 EI} (2l^3 - 3l^2 x + x^3)$$

23. Carga concentrada en el extremo guiado

* El extremo guiado puede deformarse verticalmente, pero está impedido de girar.



$$R = V \dots\dots\dots = P$$

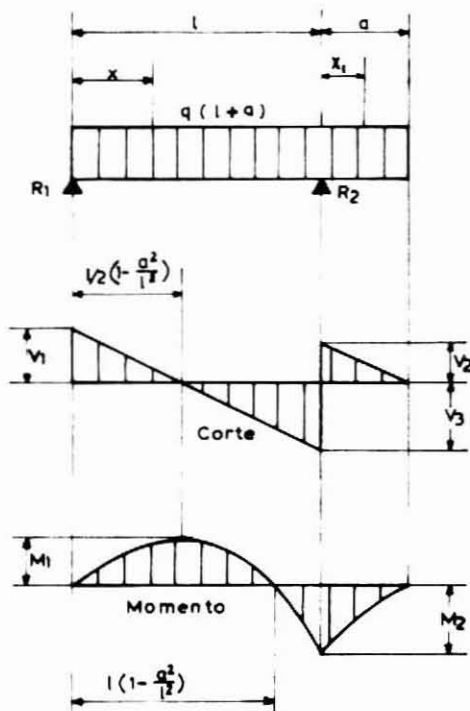
$$M_{\max} \text{ (en ambos extremos)} = \frac{P l}{2}$$

$$M_x \dots\dots\dots = P \left(\frac{l}{2} - x \right)$$

$$\Delta_{\max} \text{ (en el extremo guiado)} = \frac{P l^3}{12 EI}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{P (l - x)^2}{12 EI} (l + 2x)$$

24. Carga uniformemente distribuida



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{q}{2 l} (l^2 - a^2)$$

$$R_2 = V_2 + V_3 \dots\dots\dots = \frac{q}{2 l} (l + a)^2$$

$$V_2 \dots\dots\dots = q a$$

$$V_3 \dots\dots\dots = \frac{q}{2 l} (l^2 + a^2)$$

$$V_x \text{ (entre apoyos)} \dots\dots\dots = R_1 - q x$$

$$V_{x_1} \text{ (en el voladizo)} \dots\dots\dots = q (a - x_1)$$

$$M_1 \left[\text{en } x = \frac{l}{2} \left(1 - \frac{a^2}{l^2} \right) \right] \dots\dots\dots = \frac{q}{8 l^2} (l + a)^2 (l - a)^2$$

$$M_2 \text{ (en } R_2) \dots\dots\dots = \frac{q a^2}{2}$$

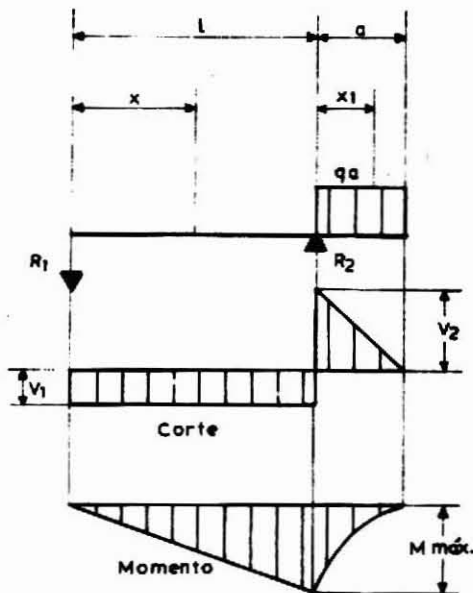
$$M_x \text{ (entre apoyos)} \dots\dots\dots = \frac{q x}{2 l} (l^2 - a^2 - x l)$$

$$M_{x_1} \text{ (en el voladizo)} \dots\dots\dots = \frac{q}{2} (a - x_1)^2$$

$$\Delta_x \text{ (entre apoyos)} = \frac{q x}{24 EI l} (l^4 - 2^2 x^2 + l x^3 - 2 a^2 l^2 + 2 a^2 x^2)$$

$$\Delta_{x_1} \text{ (en el voladizo)} \dots\dots\dots = \frac{q x_1}{24 EI} (4 a^2 l - l^3 + 6 a^2 x_1 - 4 a x_1^2 + x_1^3)$$

25. Carga uniformemente distribuida en el voladizo



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{qa^2}{2l}$$

$$R_2 = V_1 + V_2 \dots\dots\dots = \frac{qa}{2l} (2l + a)$$

$$V_2 \dots\dots\dots = qa$$

$$V_{x_1} \text{ (en el voladizo) } \dots\dots = q(a - x_1)$$

$$M_{\max} \text{ (en } R_2) \dots\dots\dots = \frac{qa^2}{2}$$

$$M_x \text{ (entre apoyos) } \dots\dots\dots = \frac{qa^2 x}{2l}$$

$$M_{x_1} \text{ (en el voladizo) } \dots\dots = \frac{q}{2} (a - x_1)^2$$

$$\Delta_{\max} \text{ (entre apoyos en } x = \frac{l}{\sqrt{3}})$$

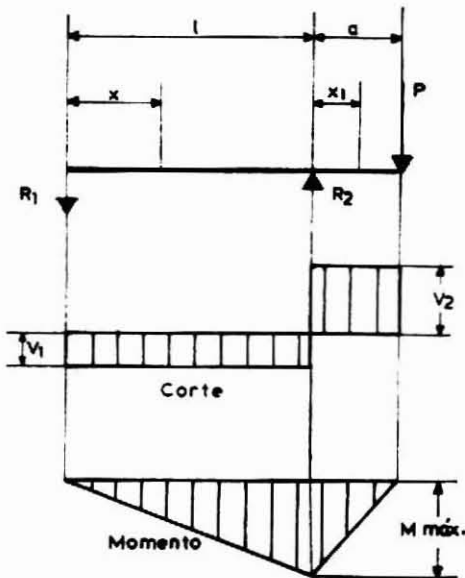
$$= \frac{qa^2 l^2}{18 \sqrt{3} EI} = 0,03208 \frac{qa^2 l^2}{EI}$$

$$\Delta_{\max} \text{ (en el voladizo, en } x_1 = a) = \frac{qa^3}{24 EI} (4l + 3a)$$

$$\Delta_x \text{ (entre apoyos) } \dots\dots\dots = \frac{qa^2 x}{12 EI l} (l^2 - x^2)$$

$$\Delta_{x_1} \text{ (en el voladizo) } = \frac{qx_1}{24 EI} (4a^2 l + 6a^2 x_1 - 4ax_1^2 + x_1^3)$$

26. Carga concentrada en el extremo del voladizo



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{Pa}{l}$$

$$R_2 = V_1 + V_2 \dots\dots\dots = \frac{P}{l} (l + a)$$

$$V_2 \dots\dots\dots = P$$

$$M_{\max} \text{ (en } R_2) \dots\dots\dots = Pa$$

$$M_x \text{ (entre apoyos) } \dots\dots\dots = \frac{Pax}{l}$$

$$M_{x_1} \text{ (en el voladizo) } \dots\dots = P(a - x_1)$$

$$\Delta_{\max} \left[\text{entre apoyos en } x = \frac{l}{\sqrt{3}} \right]$$

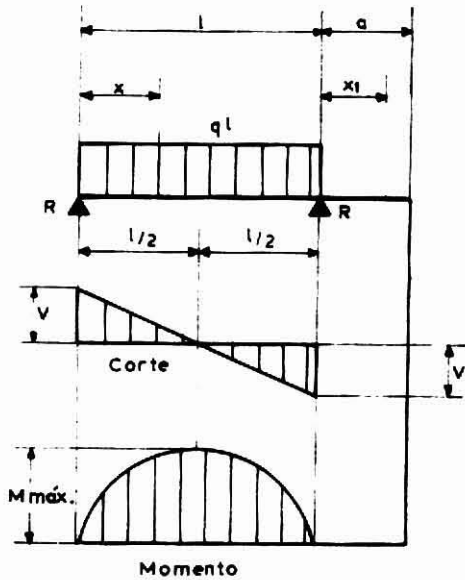
$$= \frac{Pa l^2}{9 \sqrt{3} EI} = 0,06415 \frac{Pa l^2}{EI}$$

$$\Delta_{\max} \text{ (en el voladizo, en } x_1 = a) = \frac{Pa^2}{3 EI} (l + a)$$

$$\Delta_x \text{ (entre apoyos) } \dots\dots\dots = \frac{Pax}{6 EI l} (l^2 - x^2)$$

$$\Delta_{x_1} \text{ (en el voladizo) } \dots\dots = \frac{Px_1}{6 EI} (2al + 3ax_1 - x_1^2)$$

27. Carga uniformemente distribuida entre los apoyos



$$R = V \dots\dots\dots = \frac{ql}{2}$$

$$V_x \dots\dots\dots = q \left(\frac{l}{2} - x \right)$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en el centro) } \dots\dots = \frac{ql^2}{8}$$

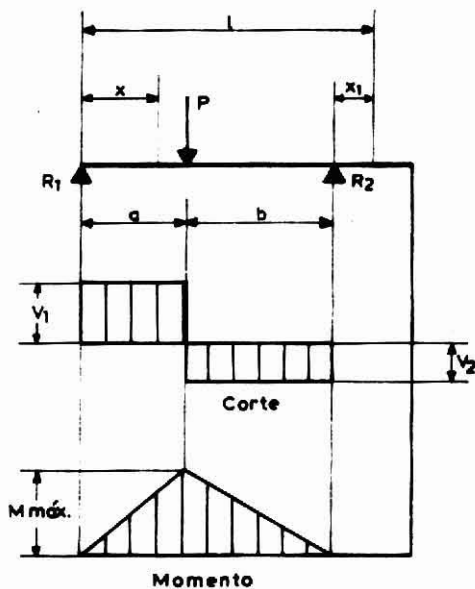
$$M_x \dots\dots\dots = \frac{qx}{2} (l - x)$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en el centro) } \dots\dots = \frac{5ql^4}{384 EI}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{qx}{24 EI} (l^3 - 2lx^2 + x^3)$$

$$\Delta_{x_1} \dots\dots\dots = \frac{ql^3 x_1}{24 EI}$$

28. Carga concentrada en cualquier punto entre los apoyos



$$R_1 = V_1 \text{ (máx si } a < b) \dots\dots = \frac{Pb}{l}$$

$$R_2 = V_2 \text{ (máx si } a > b) \dots\dots = \frac{Pa}{l}$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en el punto de carga) } = \frac{Pab}{l}$$

$$M_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = \frac{Pbx}{l}$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (en } x = \sqrt{\frac{a(a+2b)}{3}}, \text{ si } a > b)$$

$$= \frac{Pab(a+2b)\sqrt{3a(a+2b)}}{27 EI l}$$

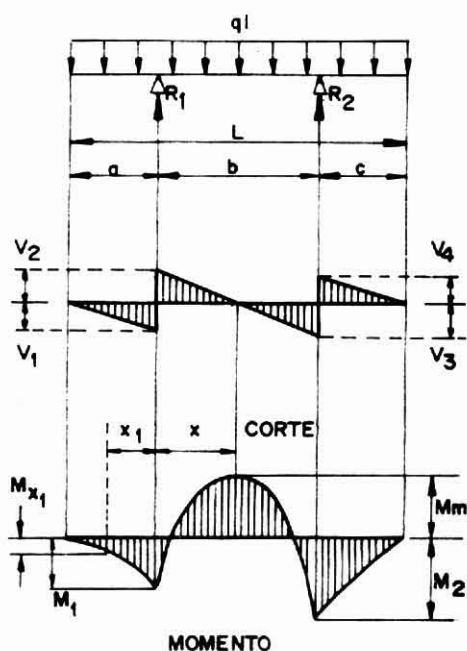
$$\Delta_a \text{ (en el punto de carga) } = \frac{Pa^2 b^2}{3 EI l}$$

$$\Delta_x \text{ (si } x < a) \dots\dots\dots = \frac{Pbx}{6 EI l} (l^2 - b^2 - x^2)$$

$$\Delta_x \text{ (si } x > a) \dots\dots\dots = \frac{Pa(l-x)}{6 EI l} (2lx - x^2 - a^2)$$

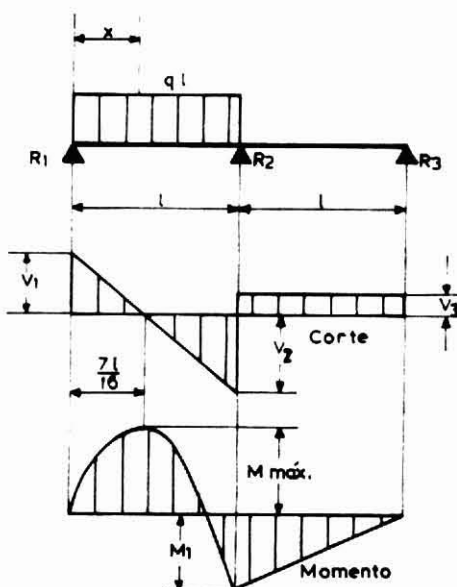
$$\Delta_{x_1} \dots\dots\dots = \frac{Pab x_1}{6 EI l} (l + a)$$

29. Carga uniformemente distribuida en el tramo



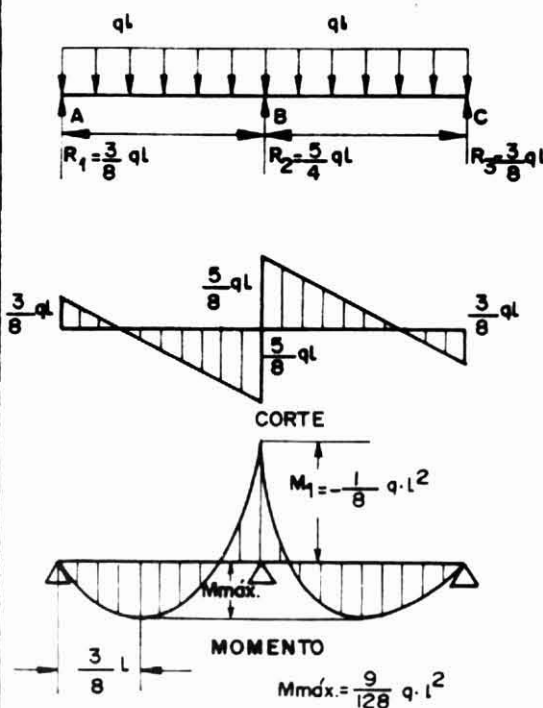
$$\begin{aligned}
 R_1 &= \frac{qL(L-2c)}{2b} \\
 R_2 &= \frac{qL(L-2a)}{2b} \\
 V_1 &= q_a \\
 V_2 &= R_1 - V_1 \\
 V_3 &= R_2 - V_4 \\
 V_4 &= q_c \\
 V_{x_1} &= V_1 - qx_1 \\
 V_x \text{ (cuando } x < l) &= R_1 - q(a + x_1) \\
 V_m \text{ (cuando } a < c) &= R_2 - qc \\
 M_1 &= -\frac{qa^2}{2} \\
 M_2 &= -\frac{qc^2}{2} \\
 M_m &= R_1 \left(\frac{R_1}{2q} - a \right) \\
 M_x \text{ (máx cuando } x = \frac{R_1}{q} - a) &= R_1 \cdot x - \frac{q(a+x)^2}{2}
 \end{aligned}$$

30. Carga uniformemente distribuida en un tramo



$$\begin{aligned}
 R_1 = V_1 &= \frac{7}{16} ql \\
 R_2 = V_2 + V_3 &= \frac{5}{8} ql \\
 R_3 = R_3 &= -\frac{1}{16} ql \\
 V_2 &= \frac{9}{16} ql \\
 M_{\text{máx}} \left[\text{en } x = \frac{7}{16} l \right] &= \frac{49}{512} ql^2 \\
 M_1 \text{ (en el apoyo } R_2) &= \frac{1}{16} ql^2 \\
 M_x \text{ (si } x < l) &= \frac{qx}{16} (7l - 8x) \\
 \Delta_{\text{máx}} (0,472 l \text{ desde } R_1) &= 0,0092 \frac{ql^4}{EI}
 \end{aligned}$$

31. Viga continua de dos tramos iguales. Carga vertical uniformemente distribuida



$$R_1 \dots\dots\dots = \frac{3}{8} ql$$

$$R_2 \dots\dots\dots = \frac{5}{4} ql$$

$$R_3 \dots\dots\dots = \frac{3}{8} ql$$

$$M_1 \text{ (en el apoyo } R_2) \dots\dots = -\frac{1}{8} ql^2 \approx -0,125 q \cdot l^2$$

$$M_x \text{ (si } 0 < x < L) \dots\dots = \frac{3}{8} qlx - \frac{qx^2}{2}$$

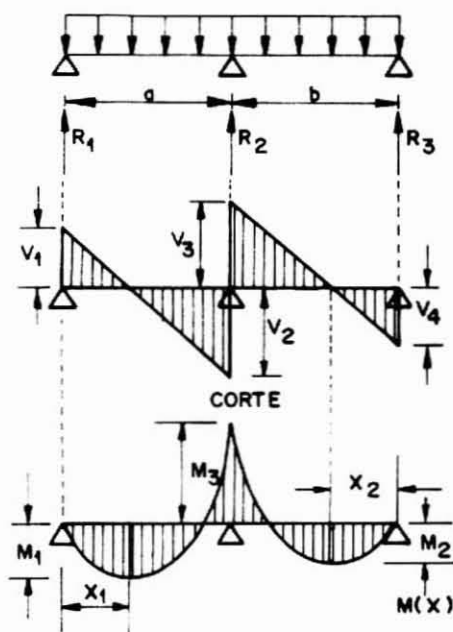
$$M_{m\acute{a}x} \text{ (en } x = \frac{3}{8} L) \dots\dots = \frac{9}{128} ql^2 \approx 0,07 q \cdot l^2$$

$$\Delta_x \text{ (en } x = L/2) \dots\dots = \frac{1}{192} \frac{ql^4}{EI}$$

$$\Delta_{m\acute{a}x} \text{ (en } x \approx 0,4215 L) \dots\dots = 0,00542 \frac{ql^4}{EI}$$

$$\Delta_x \dots\dots\dots = \frac{qx}{48EI} (L^3 - 3Lx^2 + 2x^3)$$

32. Viga continua de dos tramos desiguales. Carga vertical uniformemente distribuida



$$R_1 \dots\dots\dots = \frac{q}{8a} (3a^2 + ab - b^2)$$

$$R_2 \dots\dots\dots = \frac{q}{8ab} (a^3 + b^3 + 4(a^2b + ab^2))$$

$$R_3 \dots\dots\dots = \frac{q}{8b} (3b^2 - a^2 + ab)$$

$$V_1 \dots\dots\dots = R_1$$

$$V_2 \dots\dots\dots = q_a - R_1$$

$$V_3 \dots\dots\dots = q_b - R_3$$

$$V_4 \dots\dots\dots = R_3$$

$$M(x) \text{ (si } 0 < x < a) = \frac{q}{8a} (3a^2 - b^2 + ab) x - \frac{q}{2} x^2$$

$$\left[\text{Para } x_1 = \frac{(3a^2 - b^2 + ab)}{8a} \right] \dots\dots\dots M_1 = \frac{q}{128} \frac{(3a^2 - b^2 + ab)^2}{a^2}$$

Partiendo desde el lado derecho:

$$M(x) \text{ (si } 0 < x < b) \dots\dots\dots = \frac{q}{8b} (3b^2 - a^2 + ab) x - \frac{q}{2} x^2$$

$$\left[\text{Para } x_2 = \frac{(3b^2 - a^2 + ab)}{8b} \right] \dots\dots\dots M_2 = \frac{q}{128} \frac{(3b^2 - a^2 + ab)^2}{b^2}$$

$$\text{(en el apoyo central) } M_3 \dots\dots\dots = -\frac{q}{8} (a^2 + b^2 - ab)$$

$$\text{(si } 0 < x \leq a) \dots\dots\dots \Delta_x = \frac{q}{48EI} \left[2x^4 - \frac{(3a^2 - b^2 + ab)x^3}{a} + (a^3 - ab^2 + a^2b)x \right]$$

$\Delta_{x,m\acute{a}x}$, se obtiene de:

$$\frac{d\Delta_x}{dx} = 0 \longrightarrow x = x_1 \text{ (donde } x_1 \text{ abscisa de } \Delta_{x,m\acute{a}x})$$

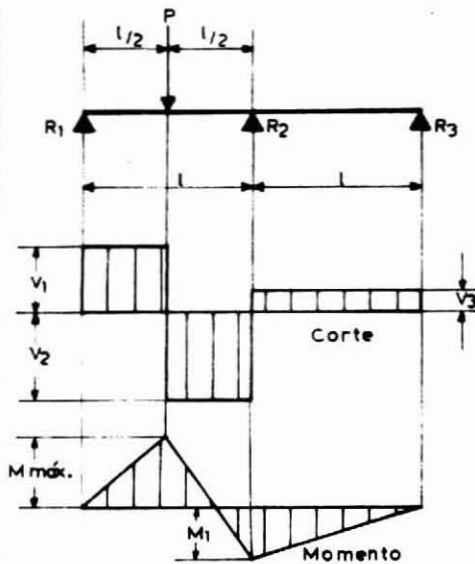
reemplazando x_1 en $\Delta_x(x)$

Partiendo desde el lado derecho:

$$\text{(si } 0 < x \leq b) \dots\dots\dots \Delta_x = \frac{q}{48EI} \left[2x^4 - \frac{(3b^2 - a^2 + ab)x^3}{b} + (b^3 - a^2b + ab^2)x \right]$$

$\Delta_{x,m\acute{a}x}$, se obtiene procediendo de la misma manera antes explicada.

33. Carga concentrada en el centro de uno de los tramos



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{13}{32} P$$

$$R_2 = V_2 + V_3 \dots\dots\dots = \frac{11}{16} P$$

$$R_3 = R_3 \dots\dots\dots = - \frac{3}{32} P$$

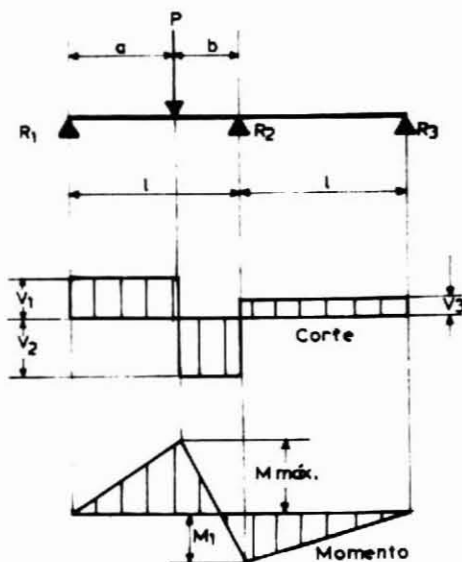
$$V_2 \dots\dots\dots = \frac{19}{32} P$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en el punto de carga)} = \frac{13}{64} P l$$

$$M_1 \text{ (en el apoyo } R_2) \dots\dots = \frac{3}{32} P l$$

$$\Delta_{\text{máx}} \text{ (0,480 } l \text{ desde } R_1) \dots\dots = 0,015 \frac{P l^3}{EI}$$

34. Carga concentrada en cualquier punto



$$R_1 = V_1 \dots\dots\dots = \frac{P b}{4 l^3} [4 l^2 - a (l + a)]$$

$$R_2 = V_2 + V_3 \dots\dots\dots = \frac{P a}{2 l^3} [2 l^2 + b (l + a)]$$

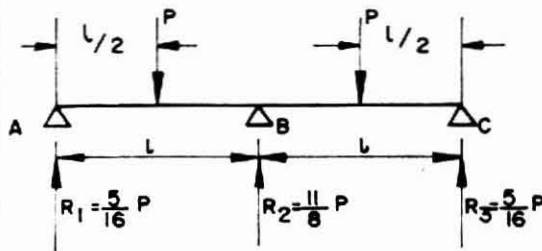
$$R_3 = R_3 \dots\dots\dots = - \frac{P a b}{4 l^3} (l + a)$$

$$V_2 \dots\dots\dots = \frac{P a}{4 l^3} [4 l^2 + b (l + a)]$$

$$M_{\text{máx}} \text{ (en el punto de carga)} = \frac{P a b}{4 l^3} [4 l^2 - a (l + a)]$$

$$M_1 \text{ (en el apoyo } R_2) \dots\dots = \frac{P a b}{4 l^2} (l + a)$$

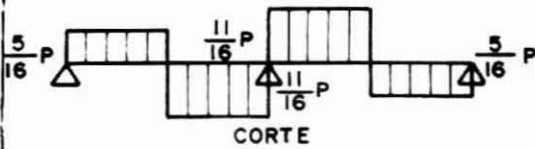
35. Carga concentrada al centro de los tramos



$$R_1 \dots\dots\dots = \frac{5}{16} P$$

$$R_2 \dots\dots\dots = \frac{11}{8} P$$

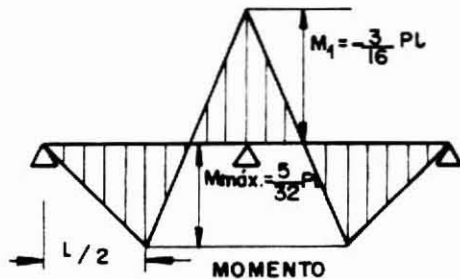
$$R_3 \dots\dots\dots = \frac{5}{16} P$$



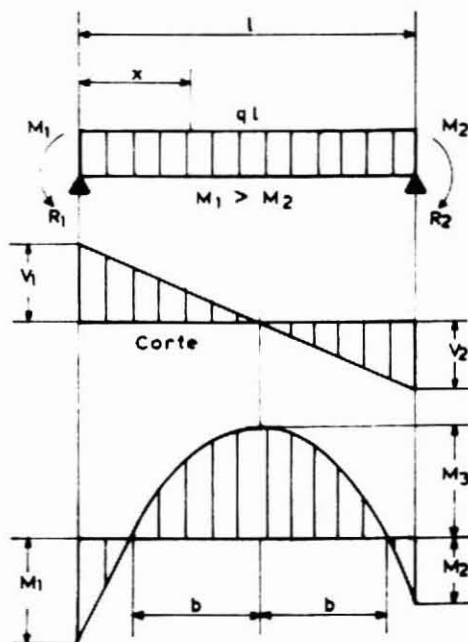
$$M_{\max} \text{ (en el punto de carga)} = \frac{5}{32} PL$$

$$M_1 \text{ (en el apoyo } R_2) \dots = \frac{3}{16} PL$$

$$\Delta_{\max} \text{ (en } x \approx 0,4472 L) \dots = 0,00932 \frac{PL^3}{EI}$$



36. Carga uniformemente distribuida y momentos aplicados en los extremos



$$R_1 = V_1 = \frac{ql}{2} + \frac{M_1 - M_2}{l}$$

$$R_2 = V_2 = \frac{ql}{2} - \frac{M_1 - M_2}{l}$$

$$V_x = q \left(\frac{l}{2} - x \right) + \frac{M_1 - M_2}{l}$$

$$M \left[\text{en } x = \frac{l}{2} + \frac{M_1 - M_2}{ql} \right]$$

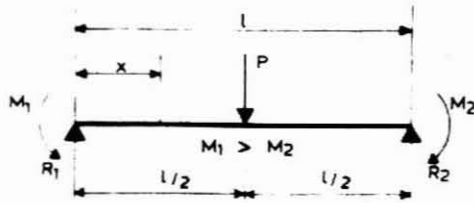
$$= \frac{ql^2}{8} - \frac{M_1 - M_2}{2} + \frac{(M_1 - M_2)^2}{2ql^2}$$

$$M_x = \frac{qx}{2} (l - x) + \left(\frac{M_1 - M_2}{l} \right) x - M_1$$

$$b \left[\text{Para ubicar los puntos de inflexión} \right] = \sqrt{\frac{l^2}{4} - \left[\frac{M_1 - M_2}{q} \right] + \left[\frac{M_1 - M_2}{ql} \right]^2}$$

$$\Delta_x = \frac{qx}{24 EI} \left[x^3 - \left(2l + \frac{4M_1}{ql} - \frac{4M_2}{ql} \right) x^2 + \frac{12M_1}{q} x + l^3 - \frac{8M_1 l}{q} - \frac{4M_2 l}{q} \right]$$

37. Carga concentrada en el centro y momentos aplicados en los extremos



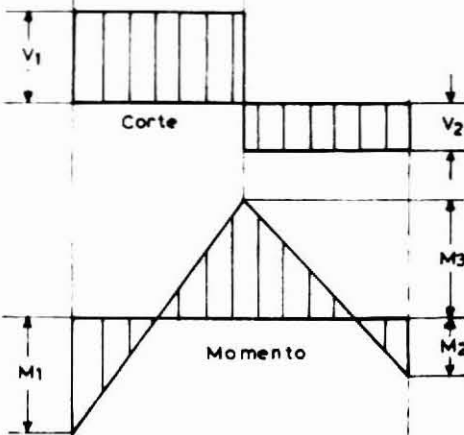
$$R_2 = V_1 = \frac{P}{2} + \frac{M_1 - M_2}{l}$$

$$R_1 = V_2 = \frac{P}{2} - \frac{M_1 - M_2}{l}$$

$$M_3 \text{ (en el centro)} = \frac{Pl}{4} - \frac{M_1 + M_2}{2}$$

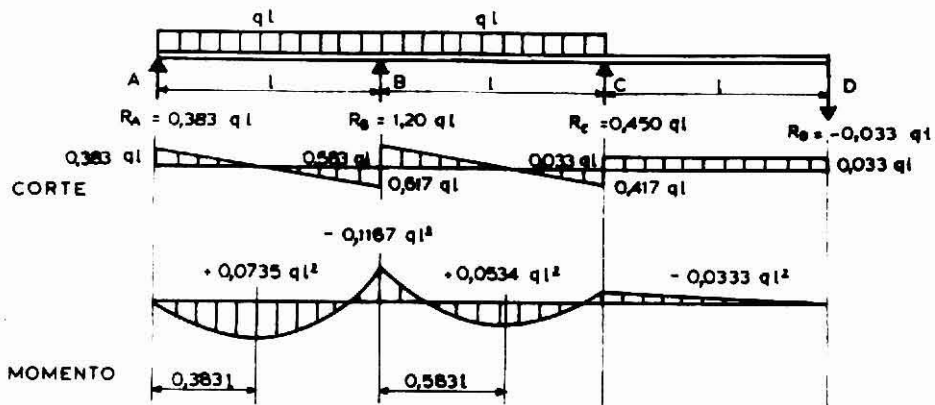
$$M_x \left(\text{si } x < \frac{l}{2} \right) = \left(\frac{P}{2} + \frac{M_1 - M_2}{l} \right) x - M_1$$

$$M_x \left(\text{si } x > \frac{l}{2} \right) = \frac{P}{2} (l - x) + \left(\frac{M_1 - M_2}{l} \right) x - M_2$$



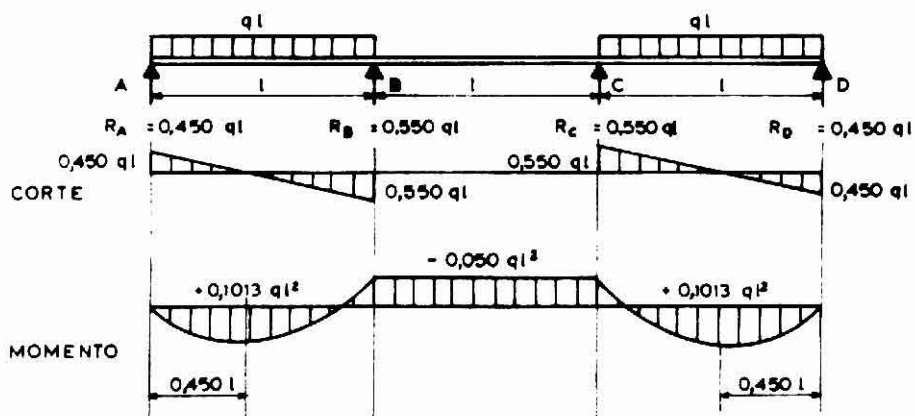
$$\Delta_x \left(\text{si } x < \frac{l}{2} \right) = \frac{Px}{48EI} \left[3l^2 - 4x^2 - \frac{8(l-x)}{Pl} (M_1(2l-x) + M_2(l+x)) \right]$$

38. Carga uniformemente distribuida en dos tramos contiguos



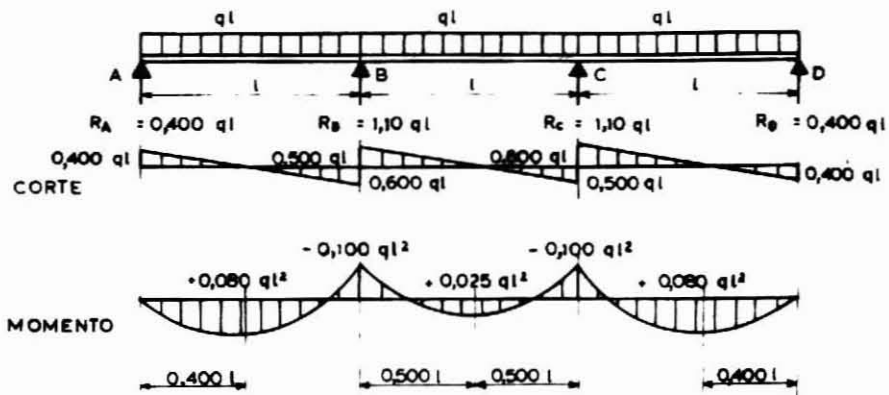
$$\Delta_{\max} (0,430 \, l \text{ desde A}) = 0,0059 \, ql^4/EI$$

39. Carga uniformemente distribuida en los tramos extremos



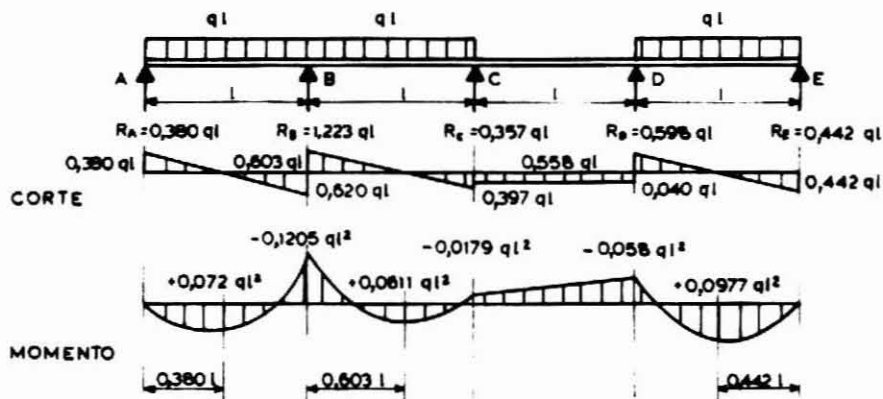
$$\Delta_{\max} (0,479 \text{ desde A o D}) = 0,0099 \, ql^4/EI$$

40. Carga uniformemente distribuida en todos los tramos



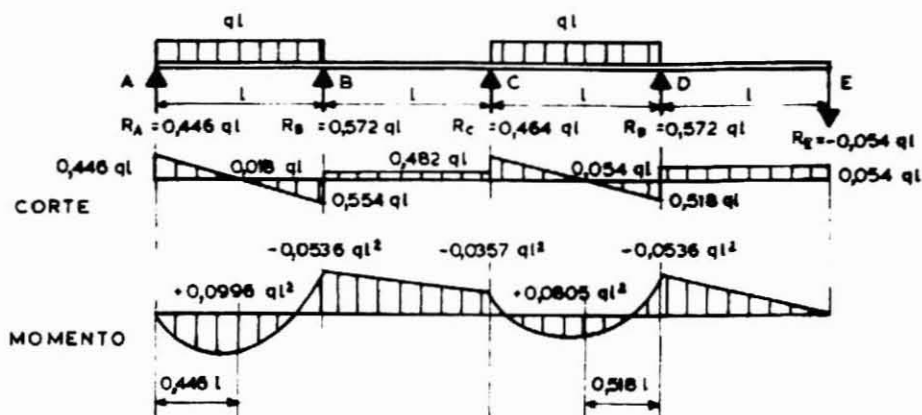
$$\Delta_{\max} (0,446 \, l \text{ desde A o D}) = 0,0069 \, ql^4/EI$$

41. Carga uniformemente distribuida en 3 tramos (3er tramo sin carga)



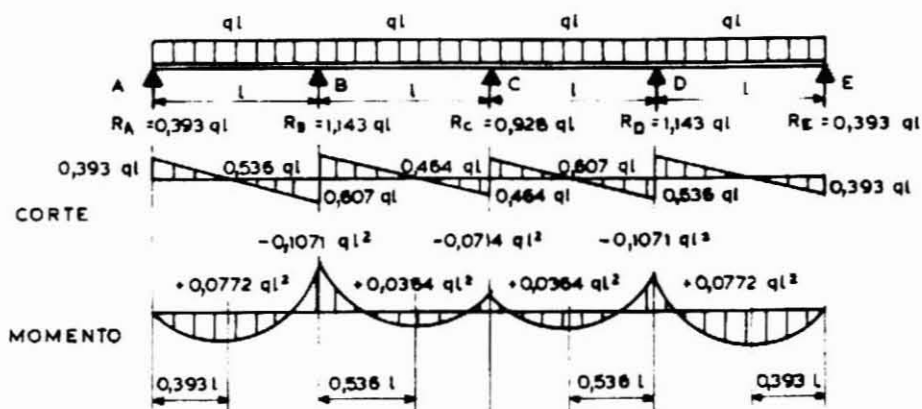
$$\Delta_{\max} (0,475 \, l \text{ desde E}) = 0,0094 \, ql^4/EI$$

42. Carga uniformemente distribuida en dos tramos no contiguos



$$\Delta_{\max} (0,477 \, l \text{ desde A}) = 0,0097 \, ql^4/EI$$

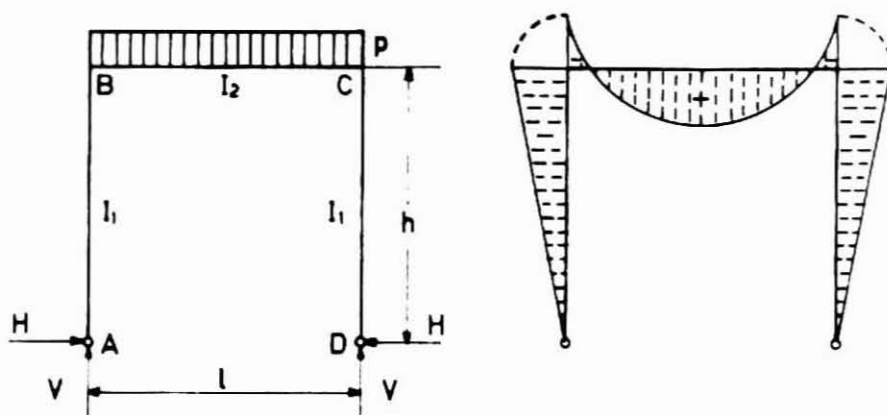
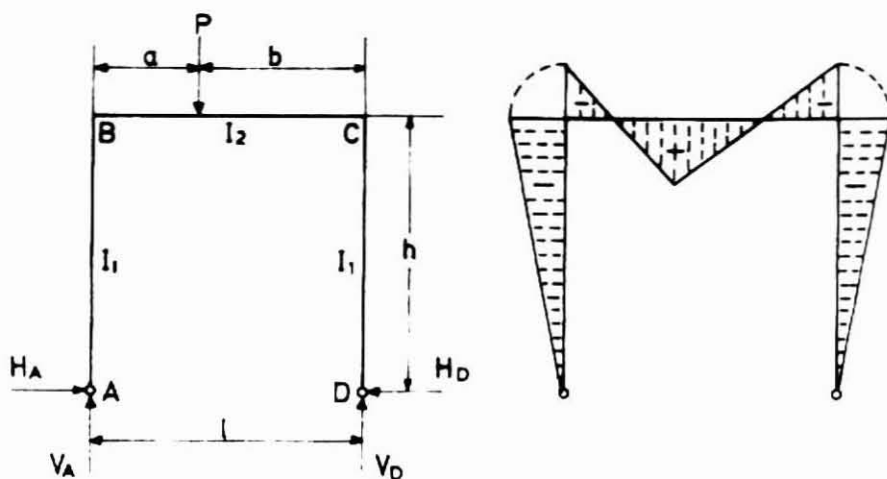
43. Carga uniformemente distribuida en todos los tramos



$$\Delta_{\max} (0,440 \, l \text{ desde A o E}) = 0,0065 \, ql^4/EI$$



B.2.2. Fórmulas y Diagramas de Marcos



$$V_A = \frac{P b}{\ell}$$

$$V_D = \frac{P a}{\ell}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{\ell}$$

$$H = \frac{3 P a b}{2 h \ell (2K + 3)}$$

$$M_B = M_C = - H h$$

$$M_x = \frac{P b}{\ell} x + M_B$$

$$M_{x'} = \frac{P a}{\ell} x' + M_C$$

$$M_{max} = \frac{4K + 3}{2K + 3} \frac{P a b}{2 \ell}$$

$$V = \frac{P \ell}{2}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{\ell}$$

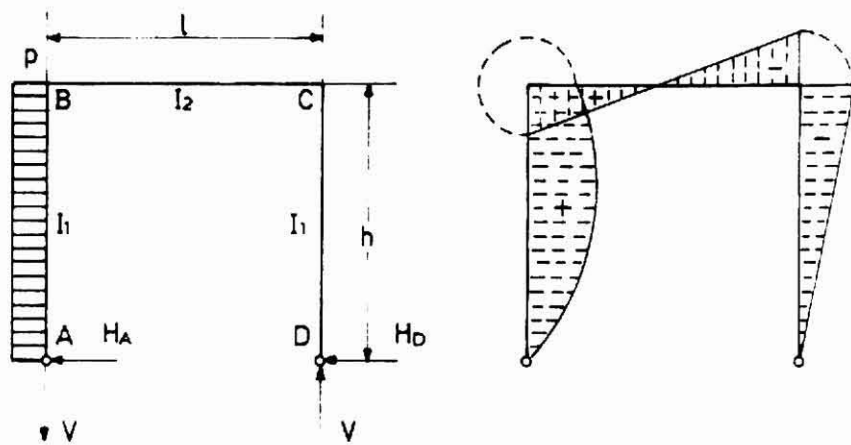
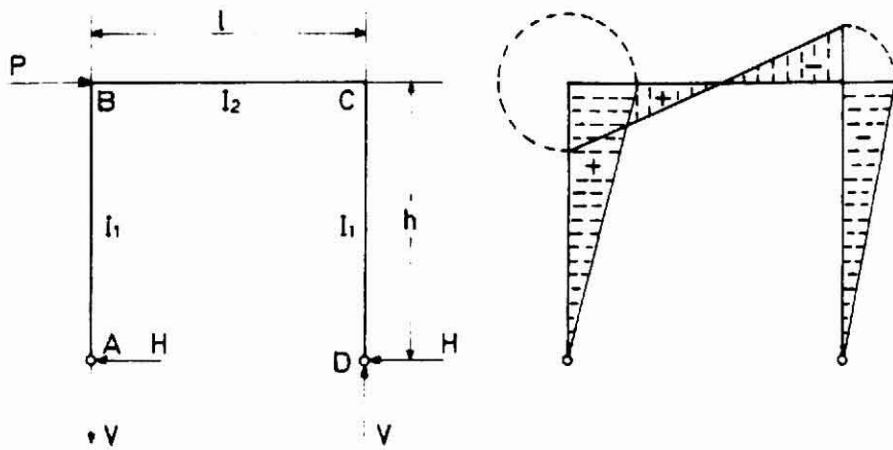
$$H = \frac{p \ell^2}{4 h (2K + 3)}$$

$$M_B = M_C = - H h$$

$$M_x = \frac{p \ell}{2} x - \frac{p x^2}{2} + M_B$$

$$M_{max} = \frac{2K + 1}{2K + 3} \frac{p \ell^2}{8}$$





$$V = \frac{P h}{\ell}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{\ell}$$

$$H = \frac{P}{2}$$

$$M_B = \frac{P h}{2}$$

$$M_C = - \frac{P h}{2}$$

$$V = \frac{P h^2}{2 \ell}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{\ell}$$

$$H_A = \frac{11K + 18}{2K + 3} \frac{p h}{8}$$

$$H_D = p h - H_A$$

$$M_B = \frac{3p h^2}{8} \frac{K + 2}{2K + 3}$$

$$M_C = - \frac{p h^2}{8} \frac{5K + 6}{2K + 3}$$

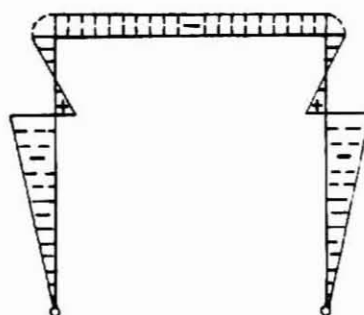
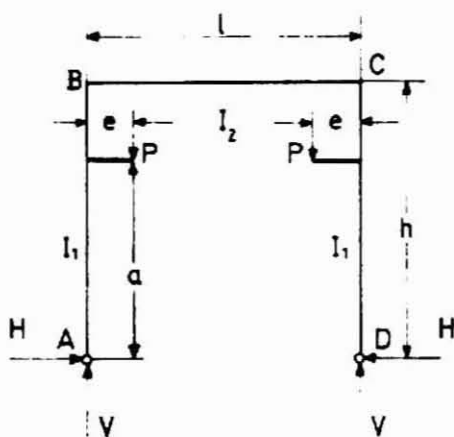
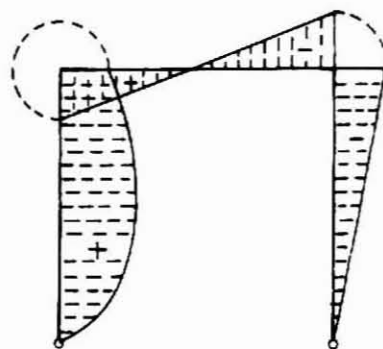
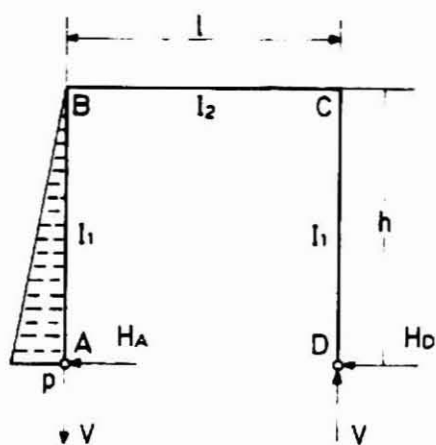
$$M_y = H_y - \frac{p y^2}{2}$$

$$M_{\max} = \frac{p}{2} \left(\frac{h}{8} - \frac{11K + 18}{2K + 3} \right)^2$$

$$\text{para } y = \frac{h}{8} - \frac{11K + 18}{2K + 3}$$

$$M_x = 0$$

$$\text{para } x = \frac{3 \ell}{4} - \frac{K + 2}{2K + 3}$$



$$V = \frac{P h^2}{6 \ell}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{\ell}$$

$$H_A = \frac{P h}{40} \frac{31K + 50}{2K + 3}$$

$$H_D = \frac{P h}{40} \frac{9K + 10}{2K + 3}$$

$$M_B = \frac{P h^2}{120} \frac{13K + 30}{2K + 3}$$

$$M_C = - \frac{P h^2}{40} \frac{9K + 10}{2K + 3}$$

$$H_y = H_y - \frac{P}{6 h} y^2 (3h - y)$$

$$M_x = 0$$

$$\text{para } x = \frac{\ell}{20} \frac{13K + 30}{2K + 3}$$

$$V = P$$

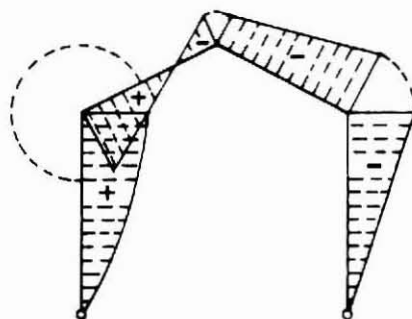
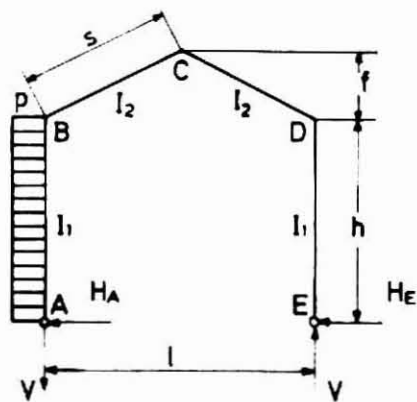
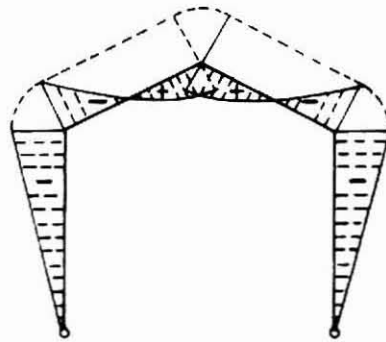
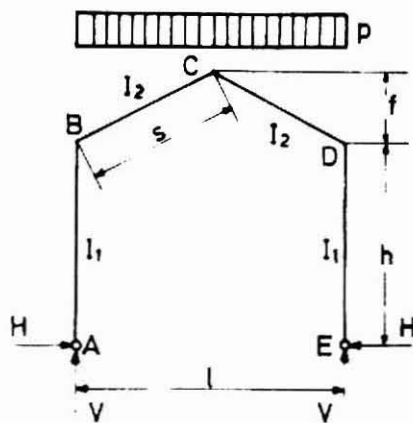
$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{\ell}$$

$$H = \frac{3 P e}{h^3} \frac{K (h^2 - a^2) + h^2}{2K + 3}$$

$$M_B = M_C = - H h + P e = - \frac{P e (h^2 - 3 a^2) K}{h^2 (2K + 3)}$$

$$M = - H a \quad (\text{bajo el volado})$$

$$M = - H a + P e \quad (\text{sobre el volado})$$



$$V = \frac{p \ell}{2}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{p \ell^2}{32} \frac{8h + 5f}{h^2 (3 + K) + f (3h + f)}$$

$$M_B = M_D = - H h$$

$$M_C = \frac{p \ell^2}{8} - H (h + f)$$

$$V = \frac{p h^2}{2 \ell}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{s}$$

$$H_E = \frac{p h^2}{16} \frac{5 h K + 6 (2h + f)}{h^2 (3 + K) + f (3h + f)}$$

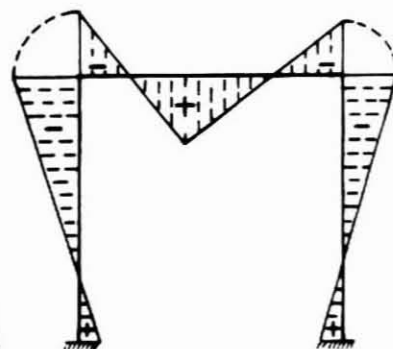
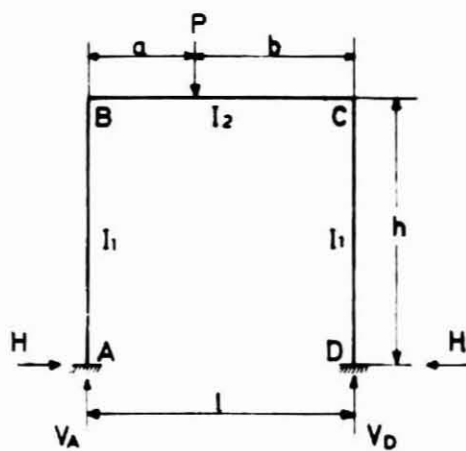
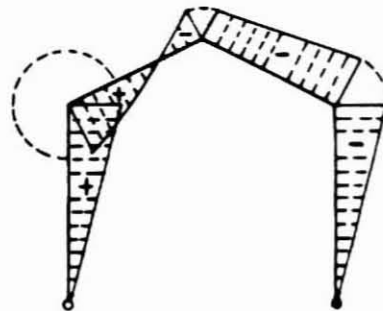
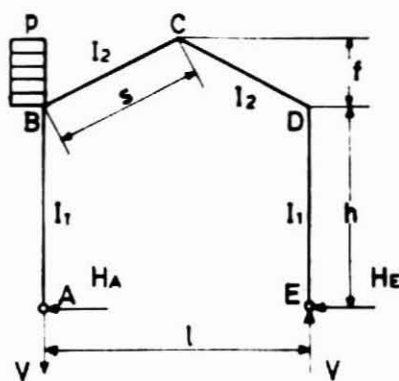
$$H_A = p h - H_E$$

$$M_B = - H_A h + \frac{p h^2}{2}$$

$$M_D = - H_E h$$

$$M_C = \frac{p h^2}{4} - H_E (h + f)$$





$$V = \frac{p f (2h + f)}{2 l}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{s}$$

$$H_E = \frac{p f}{16} \frac{8h^2 (3 + K) + 5 f (4 h + f)}{h^2 (3 + K) + f (3 h + f)}$$

$$H_A = p f - H_E$$

$$M_B = H_A h$$

$$M_D = - H_D h$$

$$M_C = V \frac{l}{2} - H_E (h + f)$$

$$V_A = \frac{P b}{l} \frac{1 + s - 2 s^2 + 6 K}{1 + 6 K} \quad K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{l}$$

$$V_D = \frac{P a}{l} \frac{3 s - 2 s^2 + 6 K}{1 + 6 K} \quad s = \frac{a}{l}$$

$$H_A = H_D = \frac{3 P a b}{2 h l (2 + K)}$$

$$M_A = \frac{P a b}{2 l} \frac{5 K - 1 + 2 s (2 + K)}{(2 + K) (1 + 6K)}$$

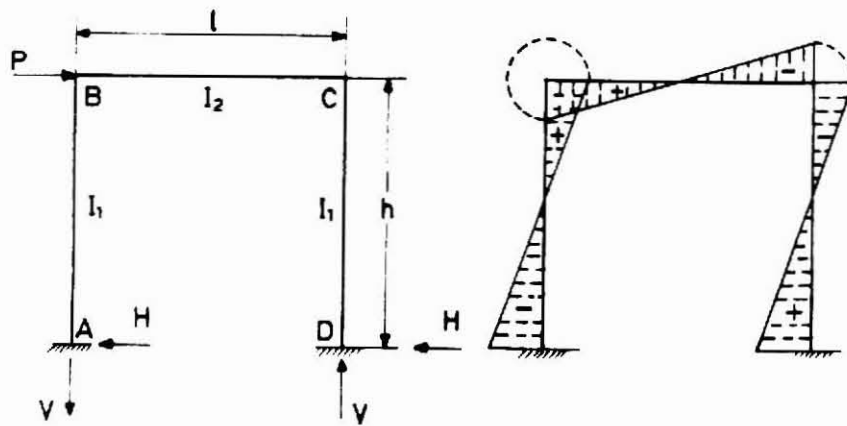
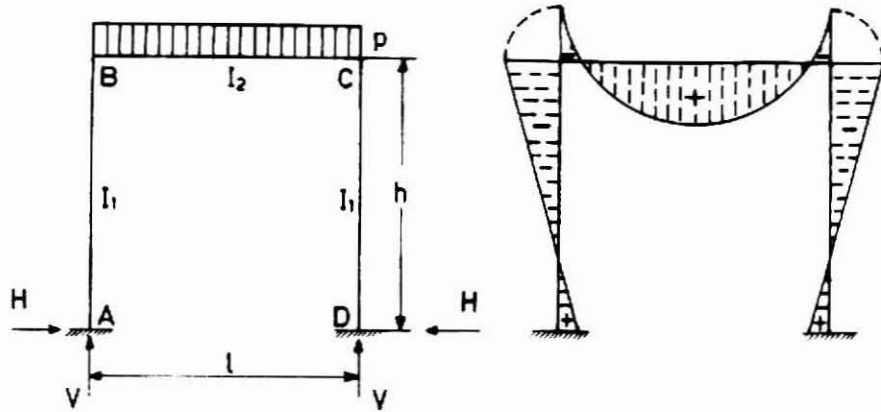
$$M_D = \frac{P a b}{2 l} \frac{3 + 7K - 2s (2 + K)}{(2 + K) (1 + 6K)}$$

$$M_B = M_A - H_A h$$

$$M_C = M_D - H_D h$$

$$M_P = M_A - H_A h + V_A a$$





$$V = \frac{p \ell}{2}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{\ell}$$

$$H_A = H_D = \frac{p \ell^2}{4 h (2 + K)}$$

$$M_A = M_D = \frac{p \ell^2}{12 (2 + K)}$$

$$M_B = M_C = \frac{- p \ell^2}{6 (2 + K)}$$

$$M_x = \frac{p \ell}{2} x - \frac{p x^2}{2} - \frac{p \ell^2}{6 (2 + K)}$$

$$M_{\max} = \frac{p \ell^2}{24} \frac{2 + 3 K}{2 + K}$$

$$V = \frac{3 P h K}{\ell (1 + 6 K)}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{\ell}$$

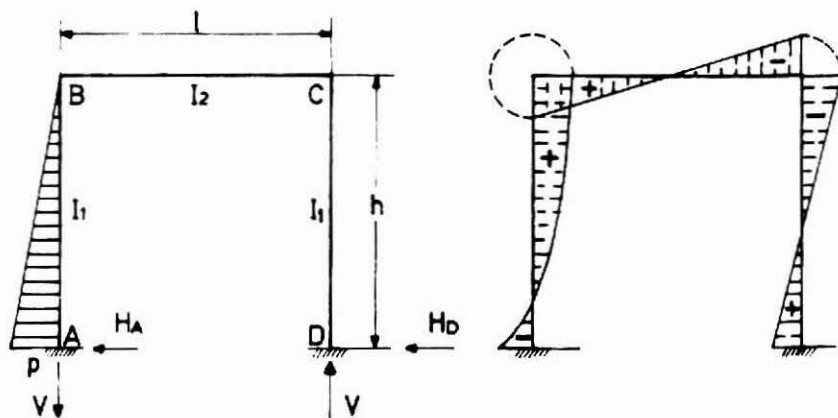
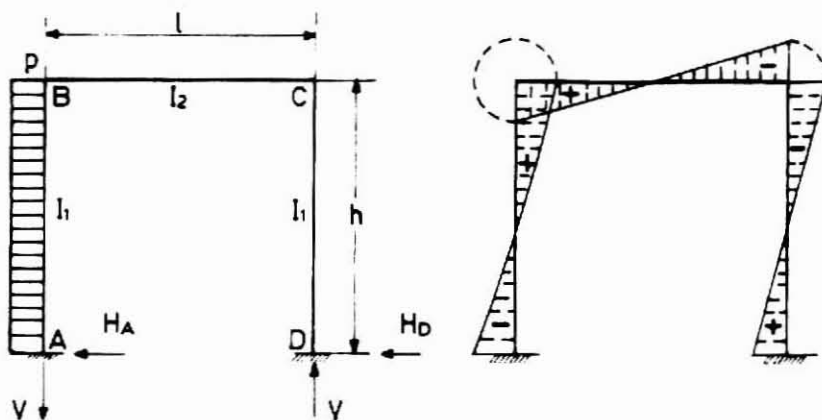
$$H_A = H_D = \frac{P}{2}$$

$$M_A = M_D = - \frac{P h}{2} \frac{1 + 3 K}{1 + 6 K}$$

$$M_B = \frac{P h}{2} \frac{3 K}{1 + 6 K}$$

$$M_B = - M_C = \frac{P h}{2} \frac{3 K}{1 + 6 K}$$





$$V = \frac{p h^2 K}{2 (1 + 6 K)}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{2}$$

$$H_D = \frac{p h}{8} \frac{3 + 2 K}{2 + K}$$

$$H_A = p h - H_D$$

$$M_A = - \frac{p h^2}{24} \left(12 - \frac{9 + 5 K}{2 + K} - \frac{12K}{1 + 6 K} \right)$$

$$M_D = - \frac{p h^2}{24} \left(\frac{9 + 5 K}{2 + K} - \frac{12K}{1 + 6 K} \right)$$

$$M_y = M_A + H_A y - \frac{p y^2}{2}$$

$$M_B = M_A + H_A h - \frac{p h^2}{2}$$

$$M_C = - M_D - H_D h$$

$$V = \frac{p K h^2}{4 2 (1 + 6K)}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{2}$$

$$H_D = \frac{p h}{40} \frac{4 + 3K}{2 + K}$$

$$H_A = \frac{p h}{2} - H_D$$

$$M_A = - \frac{p h^2}{120} \left(20 - \frac{12 + 7K}{2 + K} - \frac{15K}{1 + 6K} \right)$$

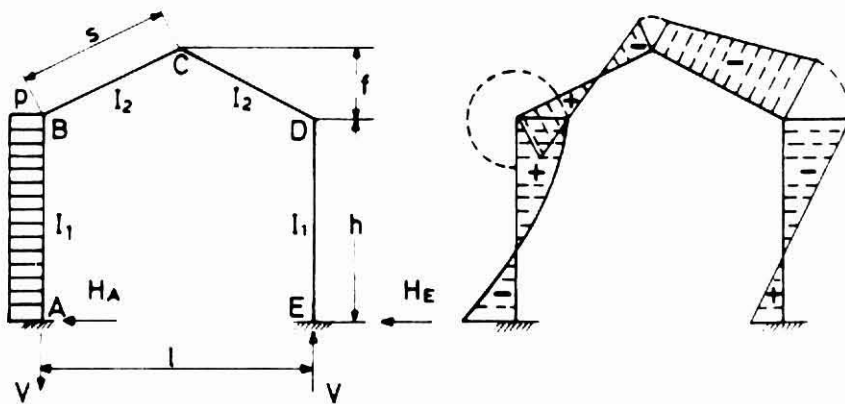
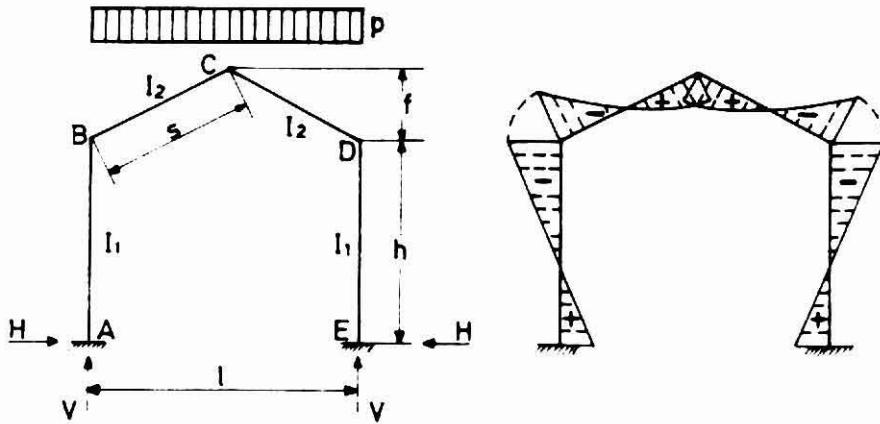
$$M_D = - \frac{p h^2}{120} \left(\frac{12 + 7K}{2 + K} - \frac{15K}{1 + 6K} \right)$$

$$M_y = M_A + H_A y - \frac{p y^2}{6 h} (3 h - y)$$

$$M_B = M_A + H_A h - \frac{p h^2}{6}$$

$$M_C = - M_D - H_D h$$





$$V = \frac{p \ell}{2}$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{s}$$

$$H = \frac{p \ell^2}{8 h} \frac{4 K + 5 K m + m}{K (K + 4) + 2 K m (3 + 2 m) + m^2}$$

$$m = \frac{f}{h}$$

$$M_A = M_E = \frac{p \ell^2}{48} \frac{K (8 + 15 m) + m (6 - m)}{K (K + 4) + 2 K m (3 + 2 m) + m^2}$$

$$M_B = M_D - H h + M_A$$

$$M_C = \frac{p \ell^2}{8} + M_A - H h (1 + m)$$

$$V = \frac{p h}{2 \ell} - \frac{M_E - M_A}{\ell} \quad m = \frac{f}{h} \quad K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{s}$$

$$H_E = \frac{p h K}{4} \frac{K + 3 + 2 m}{K (K + 4) + 2 K m (3 + 2 m) + m^2}$$

$$H_A = p f - H_E$$

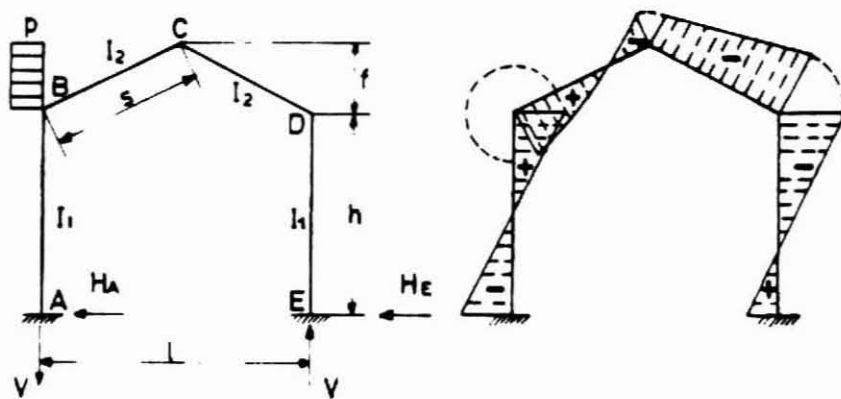
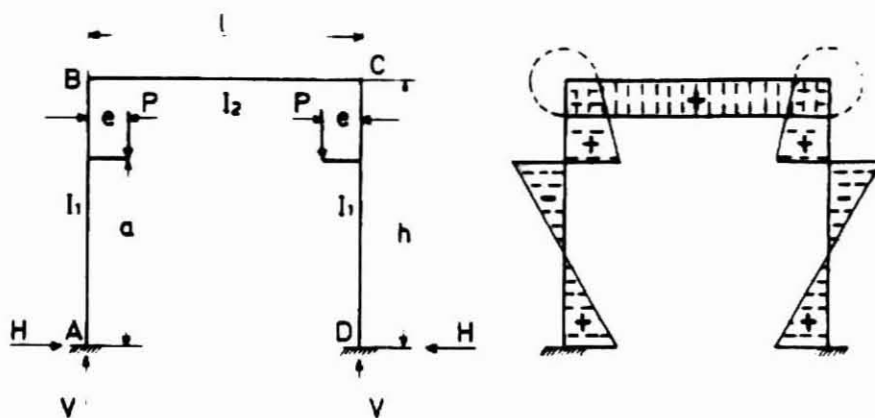
$$\begin{matrix} M_A \\ M_E \end{matrix} > = \frac{p h^2}{24} \left[- \frac{K (K + 6) + K m (15 + 16 m) + 6 m}{K (K + 4) + 2 K m (3 + 2 m) + m^2} \pm \frac{6 (2K + 1)}{3 K + 1} \right]$$

$$M_B = \frac{p h^2}{2} + M_A - H h$$

$$M_D = - H h + M_E$$

$$M_C = \frac{p h^2}{4} + \frac{M_A - M_E}{2} - H h (1 + m)$$





$$V = P$$

$$K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{l}$$

$$H = \frac{3 P e a}{h^3 (2 + K)} \left[2 h - a + 2 K (h - a) \right]$$

$$M_B = M_C = \frac{P e K (2 a h - 3 a^2)}{h^3 (2 + K)}$$

$$M_{E_1} = M_A - H a \quad (\text{bajo el volado})$$

$$M_{E_2} = P e + M_{E_1} \quad (\text{sobre el volado})$$

$$M_A = M_B + H h - P e$$

$$M_D = M_C + H h$$

$$V = \frac{p h f (2 + m)}{2 l} - \frac{M_E - M_A}{l} \quad m = \frac{f}{h} \quad K = \frac{I_2}{I_1} \frac{h}{s}$$

$$H_E = \frac{p f}{4} \frac{2 K (K + 4) + 5 K m (2 + m) + m^2}{K (K + 4) + 2 K m (3 + 2 m) + m^2} \quad H_A = p f - H_E$$

$$\begin{matrix} M_A \\ M_E \end{matrix} > = \frac{p f h}{16} \left[- \frac{2m}{3} \frac{K (4 + 9m) + m (6 + m)}{K (K + 4) + 2 K m (3 + 2m) + m^2} \pm \frac{4 (3K + 2) + m}{3K + 1} \right]$$

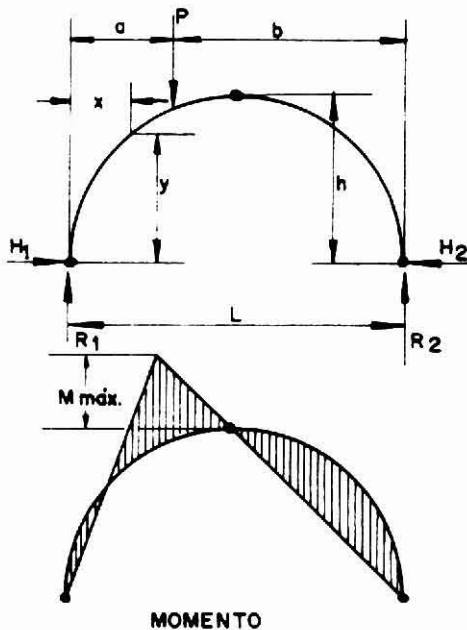
$$M_B = h (p f - H) + M_A$$

$$M_D = M_E - H h$$

$$M_C = \frac{p f h (2 + m)}{4} + \frac{M_A - M_E}{2} - H h (1 + m)$$

B.2.3. Fórmulas y Diagramas de Arcos Triarticulados

1. Carga vertical concentrada en cualquier punto



$$R_1 \dots\dots\dots = \frac{Pb}{L}$$

$$R_2 \dots\dots\dots = \frac{Pa}{L}$$

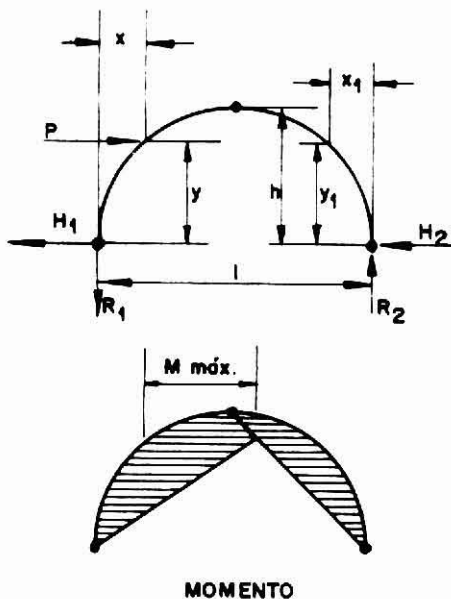
$$H_1 = H_2 \dots\dots\dots = \frac{P}{h} \left(\frac{b}{2} - \frac{L}{2} + a \right)$$

$$M_{\text{máx}} \dots\dots\dots = \frac{Pab}{L} - \frac{y}{h} \left(\frac{b}{2} - \frac{L}{2} + a \right)$$

$$M_x \dots\dots\dots = \frac{Pbx}{L} - \frac{Py}{h} \left(\frac{b}{2} - \frac{L}{2} + a \right)$$

$$M_{x_1} \dots\dots\dots = \frac{Pax_1}{L} - \frac{Py_1}{h} \left(\frac{b}{2} - \frac{L}{2} + a \right)$$

2. Carga horizontal concentrada en cualquier punto



$$R_1 \dots\dots\dots = -\frac{Py}{L}$$

$$R_2 \dots\dots\dots = \frac{Py}{L}$$

$$H_1 \dots\dots\dots = \frac{P}{h} \left(h - \frac{y}{2} \right)$$

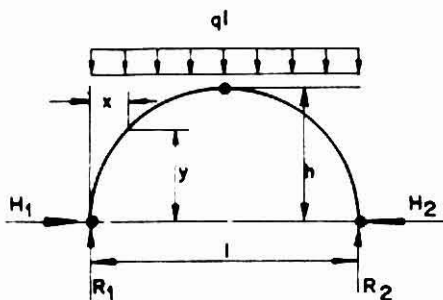
$$H_2 \dots\dots\dots = \frac{Py}{2h}$$

$$M_{\text{máx}} \dots\dots\dots = P_y \left(1 - \frac{y}{2h} - \frac{x}{L} \right)$$

$$M_{x_1} \dots\dots\dots = P_y \left(1 - \frac{y}{2h} - \frac{x}{L} \right)$$

$$M_x \dots\dots\dots = P_y \left(\frac{y_1}{2h} - \frac{x_1}{L} \right)$$

3. Carga vertical uniformemente distribuida

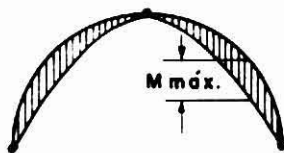


$$R_1 = R_2 \dots\dots\dots = \frac{q l}{2}$$

$$H_1 = H_2 \dots\dots\dots = \frac{q l^2}{8 h}$$

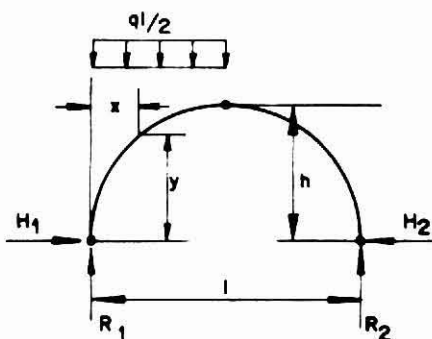
$$M_x \text{ (máx cuando } x = \frac{l}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l^2}{2} - h^2}) =$$

$$= \frac{q}{2} (l x - x^2 - \frac{l^2 y}{4 h})$$



MOMENTO

4. Carga vertical uniformemente distribuida en un medio de la luz



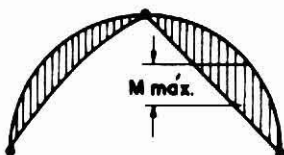
$$R_1 \dots\dots\dots = \frac{3 q l}{8}$$

$$R_2 \dots\dots\dots = \frac{q l}{8}$$

$$H_1 = H_2 \dots\dots\dots = \frac{q l^2}{16 h}$$

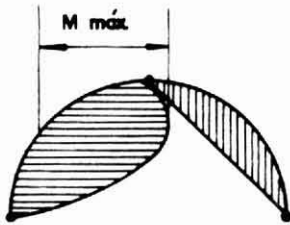
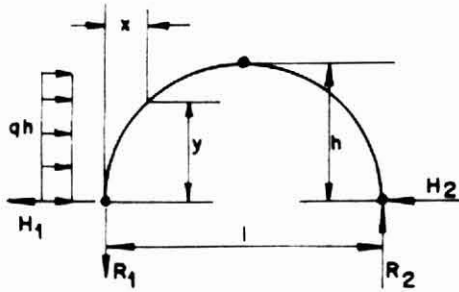
$$M_{máx} \dots\dots\dots = \frac{q l^2}{16} (\frac{1}{2} - \frac{y}{h})$$

$$M_x \dots\dots\dots = \frac{q}{2} (\frac{3}{4} l x - x^2 - \frac{l^2 y}{8 h})$$



MOMENTO

5. Carga horizontal uniformemente distribuida



MOMENTO

$$R_1 \dots\dots\dots = -\frac{qh^2}{2l}$$

$$R_2 \dots\dots\dots = \frac{qh^2}{2l}$$

$$H_1 \dots\dots\dots = \frac{3}{4} qL$$

$$H_2 \dots\dots\dots = \frac{1}{4} qL$$

$$M_{\text{máx}} \dots\dots\dots = \frac{qh^2}{8}$$

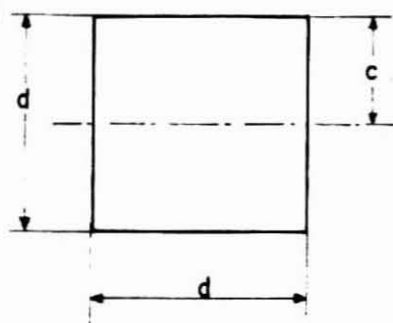
$$M_x \dots\dots\dots = \frac{q}{2} \left(y^2 + \frac{h^2 x}{l} - \frac{3hy}{2} \right)$$

B.3. Propiedades Geométricas de Secciones



CUADRADO

Propiedades referidas al eje de gravedad



$$A = d^2$$

$$c = \frac{d}{2}$$

$$I = \frac{d^4}{12}$$

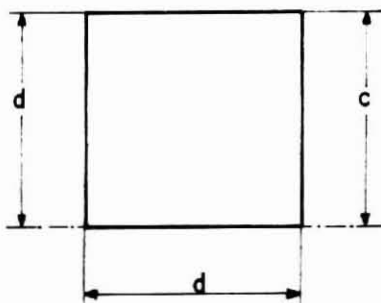
$$W = \frac{d^3}{6}$$

$$i = \frac{d}{\sqrt{12}}$$

$$z = \frac{d^3}{4}$$

CUADRADO

Propiedades referidas a la base



$$A = d^2$$

$$c = d$$

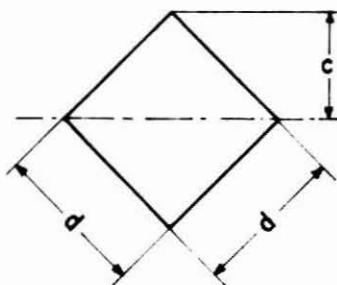
$$I = \frac{d^4}{3}$$

$$W = \frac{d^3}{3}$$

$$i = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

CUADRADO

Propiedades referidas a la diagonal



$$A = d^2$$

$$c = \frac{d}{\sqrt{2}}$$

$$I = \frac{d^4}{12}$$

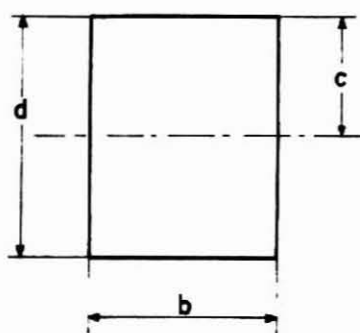
$$W = \frac{d^3}{6\sqrt{2}}$$

$$i = \frac{d}{\sqrt{12}}$$

$$z = \frac{2c^3}{3} = \frac{d^3}{3\sqrt{2}}$$

RECTANGULO

Propiedades referidas al eje de gravedad



$$A = bd$$

$$c = \frac{d}{2}$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

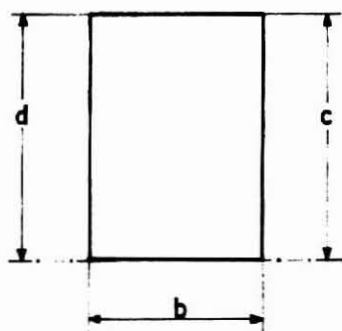
$$W = \frac{bd^2}{6}$$

$$i = \frac{d}{\sqrt{12}}$$

$$z = \frac{bd^2}{4}$$

RECTANGULO

Propiedades referidas a la base



$$A = bd$$

$$c = d$$

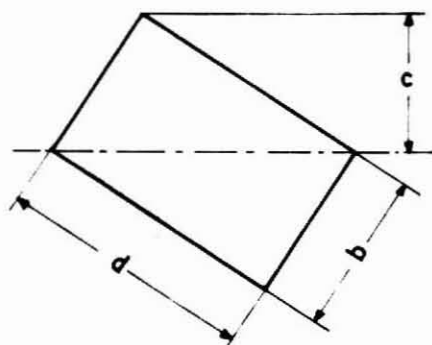
$$I = \frac{bd^3}{3}$$

$$W = \frac{bd^2}{3}$$

$$i = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

RECTANGULO

Propiedades referidas a la diagonal



$$A = bd$$

$$c = \frac{bd}{\sqrt{b^2 + d^2}}$$

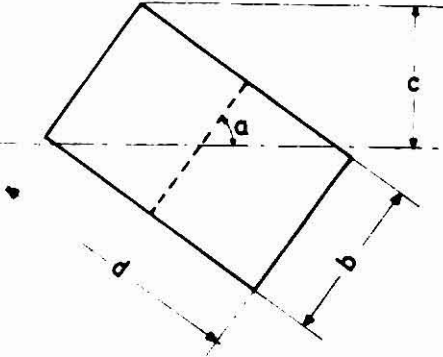
$$I = \frac{b^3 d^3}{6 (b^2 + d^2)}$$

$$W = \frac{b^2 d^2}{6 \sqrt{b^2 + d^2}}$$

$$i = \frac{bd}{\sqrt{6 (b^2 + d^2)}}$$

RECTANGULO

Eje de momentos: cualquier línea recta a través del centro de gravedad



$$A = bd$$

$$c = \frac{b \sin a + d \cos a}{2}$$

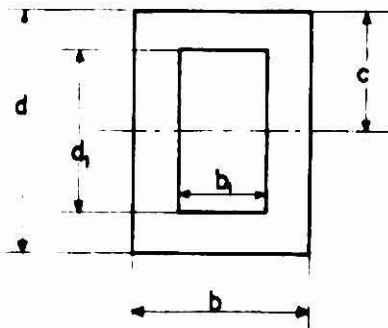
$$I = \frac{bd (b^2 \sin^2 a + d^2 \cos^2 a)}{12}$$

$$W = \frac{bd (b^2 \sin^2 a + d^2 \cos^2 a)}{6 (b \sin a + d \cos a)}$$

$$i = \sqrt{\frac{b^2 \sin^2 a + d^2 \cos^2 a}{12}}$$

RECTANGULO HUECO

Eje de momentos a través del centro de gravedad



$$A = bd - b_1 d_1$$

$$c = \frac{d}{2}$$

$$I = \frac{bd^3 - b_1 d_1^3}{12}$$

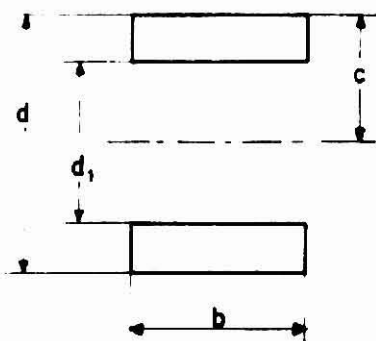
$$W = \frac{bd^3 - b_1 d_1^3}{6d}$$

$$i = \sqrt{\frac{bd^3 - b_1 d_1^3}{12 A}}$$

$$z = \frac{bd^2}{4} - \frac{b_1 d_1^2}{4}$$

RECTANGULOS IGUALES

Propiedades referidas al centro de gravedad



$$A = b (d - d_1)$$

$$c = \frac{d}{2}$$

$$I = \frac{b (d^3 - d_1^3)}{12}$$

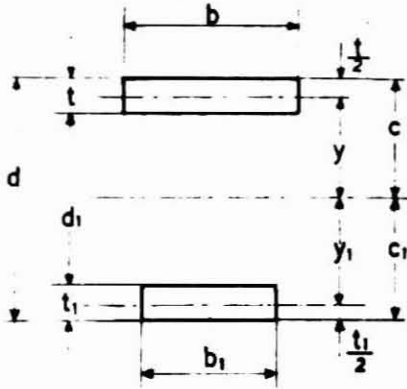
$$W = \frac{b (d^3 - d_1^3)}{6d}$$

$$i = \sqrt{\frac{d^3 - d_1^3}{12 (d - d_1)}}$$

$$z = \frac{b}{4} (d^2 - d_1^2)$$

RECTANGULOS DESIGUALES

Propiedades referidas al centro de gravedad



$$A = bt + b_1 t_1$$

$$c = \frac{\frac{1}{2} bt^2 + b_1 t_1 (d - \frac{1}{2} t_1)}{A}$$

$$I = \frac{bt^3}{12} + bty^2 + \frac{b_1 t_1^3}{12} + b_1 t_1 y_1^2$$

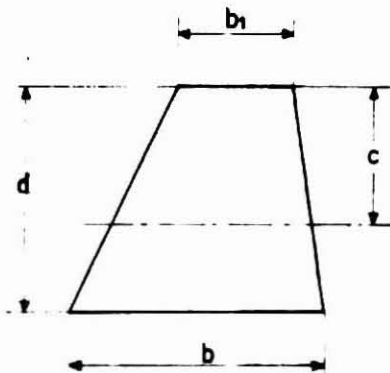
$$W = \frac{I}{c} \quad W_1 = \frac{I}{c_1}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$z = \frac{A}{2} \left[d - \left(\frac{t + t_1}{2} \right) \right]$$

TRAPEZOIDE

Propiedades referidas al eje de gravedad



$$A = \frac{d (b + b_1)}{2}$$

$$c = \frac{d (2b + b_1)}{3 (b + b_1)}$$

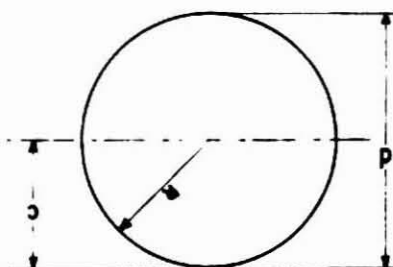
$$I = \frac{d^3 (b^2 + 4bb_1 + b_1^2)}{36 (b + b_1)}$$

$$W = \frac{d^2 (b^2 + 4bb_1 + b_1^2)}{12 (2b + b_1)}$$

$$i = \frac{d}{6 (b + b_1)} \sqrt{2 (b^2 + 4bb_1 + b_1^2)}$$

CIRCULO

Propiedades referidas al centro de gravedad



$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \pi R^2$$

$$c = \frac{d}{2} = R$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi R^4}{4}$$

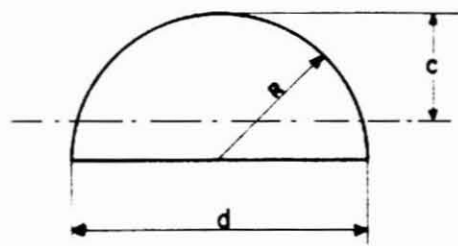
$$W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi R^3}{4}$$

$$i = \frac{d}{4} = \frac{R}{2}$$

$$z = \frac{d^3}{6}$$

SEMI CIRCULO

Propiedades referidas al centro
de gravedad



$$A = \frac{\pi R^2}{2}$$

$$c = R \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right)$$

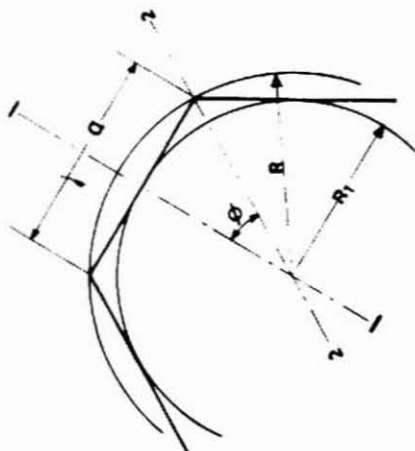
$$I = R^4 \left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi}\right)$$

$$W = \frac{R^3}{24} \left(\frac{9\pi^2 - 64}{(3\pi - 4)}\right)$$

$$i = R \frac{\sqrt{9\pi^2 - 64}}{6\pi}$$

POLIGONO REGULAR

Propiedades referidas al eje
de gravedad



n = Número de lados

$$\phi = \frac{180^\circ}{n}$$

$$a = 2 \sqrt{R^2 - R_1^2}$$

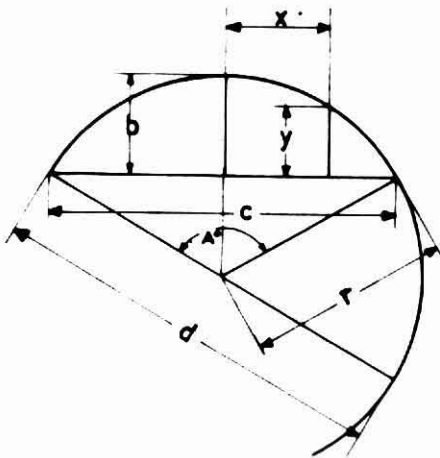
$$R = \frac{a}{2 \sin \phi}$$

$$R_1 = \frac{a}{2 \tan \phi}$$

$$A = \frac{1}{4} n a^2 \cot \phi = \frac{1}{2} n R^2 \sin 2\phi = n R_1^2 \tan \phi$$

$$I_1 = I_2 = \frac{A (6R^2 - a^2)}{24} = \frac{A (12 R_1^2 + a^2)}{48}$$

$$i_1 = i_2 = \sqrt{\frac{6R^2 - a^2}{24}} = \sqrt{\frac{12 R_1^2 + a^2}{48}}$$



$$\text{Circunsferencia} = 2\pi r = \pi d$$

$$\text{Area} = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$\text{Arco } a = \frac{\pi A^\circ}{180^\circ}$$

$$\text{Angulo } A^\circ = \frac{180^\circ a}{\pi r}$$

$$\text{Radio } r = \frac{4b^2 + c^2}{8b}$$

$$\text{Cuerda } c = 2\sqrt{2br - b^2} = 2r \sin(A/2)$$

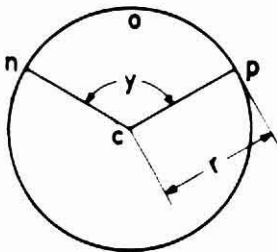
$$\text{Altura } b = \frac{c}{2} \tan\left(\frac{A}{4}\right) = 2r \sin^2\left(\frac{A}{4}\right)$$

$$= r - \frac{1}{2} \sqrt{4r^2 - c^2} = r + y - \sqrt{r^2 - x^2}$$

$$\text{en que: } x = \sqrt{r^2 - (r + y - b)^2}$$

$$y = b - r + \sqrt{r^2 - x^2}$$

SECTOR CIRCULAR



r = radio del círculo

y = Angulo ncp, grados

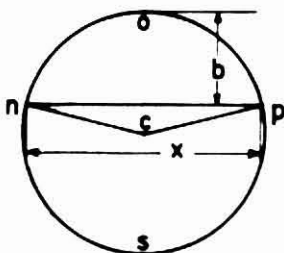
a = longitud del arco nop

Area del sector ncpo = $ar/2$

= Area del círculo . $y/360$

= $0,0087266 r^2 y$

SEGMENTO CIRCULAR



$r = cp$ = radio del círculo

x = longitud de la cuerda np

b = altura

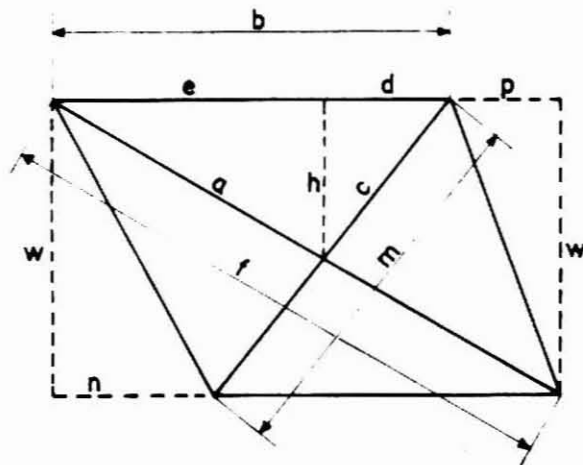
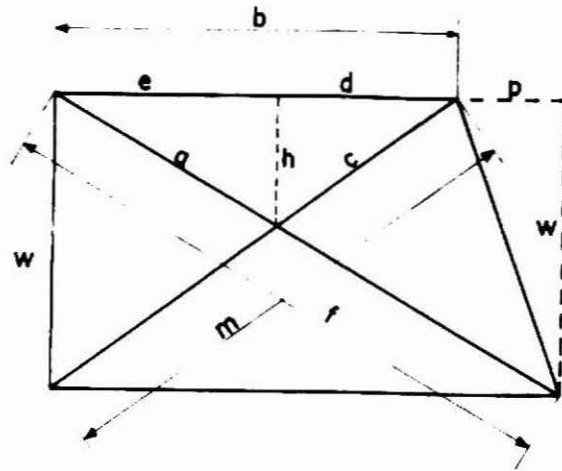
a = longitud del arco nop

Area del segmento nop = Area del sector

ncpo - Area del Δ ncp.

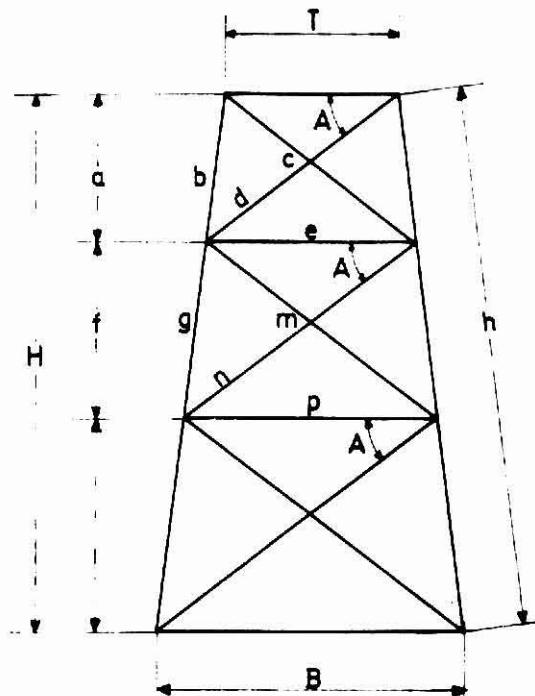
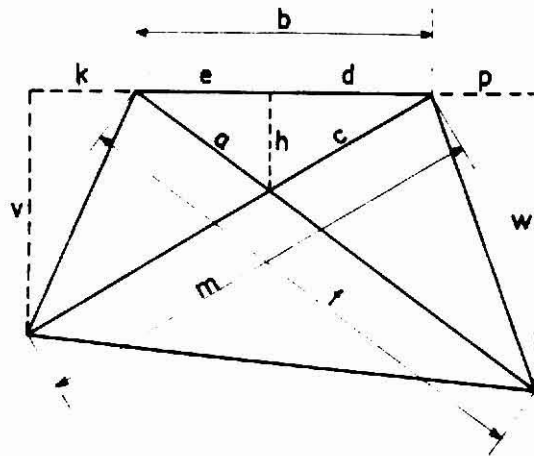
$$= \frac{ar - x(r - b)}{2}$$

B.4. Datos Auxiliares para Arriostramientos



Dados	Encontrar	Fórmula
bpw	f	$\sqrt{(b + p)^2 + w^2}$
bw	m	$\sqrt{b^2 + w^2}$
bp	d	$b^2 + (2b + p)$
bp	e	$b(b + p) + (2b + p)$
bfp	a	$bf + (2b + p)$
bmp	c	$bm + (2b + p)$
bpw	h	$bw + (2b + p)$
afw	h	$aw + f$
cmw	h	$cw + m$

Dados	Encontrar	Fórmula
bpw	f	$\sqrt{(b + p)^2 + w^2}$
bnw	m	$\sqrt{(b - n)^2 + w^2}$
bnp	d	$b(b - n) + (2b + p - n)$
bnp	e	$b(b + p) + (2b + p - n)$
bfnp	a	$bf + (2b + p - n)$
bmnp	c	$bm + (2b + p - n)$
bnpw	h	$bw + (2b + p - n)$
afw	h	$aw + f$
cmw	h	$cw + m$



Dados	Encontrar	Fórmula
bpw	f	$\sqrt{(b + p)^2 + w^2}$
bkv	m	$\sqrt{(b + k)^2 + v^2}$
bpkvw	d	$bw (b + k) + [v (b + p) + w (b + k)]$
bkpvw	e	$bv (b + p) + [v (b + p) + w (b + k)]$
bfkpvw	a	$fbv + [v (b + p) + w (b + k)]$
bkmvpw	c	$bmw + [v (b + p) + w (b + k)]$
bkpvw	h	$bvw + [v (b + p) + w (b + k)]$
afw	h	$aw + f$
cmv	h	$cv + m$

$k = (\log B - \log T) / N^2$ de paneles.

El logaritmo de la longitud de un miembro es igual a la constante "k" más el logaritmo de la longitud del miembro semejante dispuesto en el re cuadro superior.

$$a = TH + (T + e + p)$$

$$b = Th + (T + e + p)$$

$$c = \sqrt{(\frac{1}{2} T + \frac{1}{2} e)^2 + a^2}$$

$$d = ce + (T + e)$$

$$\log e = k + \log T$$

$$\log f = k + \log a$$

$$\log g = k + \log b$$

$$\log m = k + \log c$$

$$\log n = k + \log d$$

$$\log p = k + \log e$$

Este método puede usarse para cualquier número de paneles.

En las fórmulas para "a" y "b", la suma (T + e + p) corresponde al ca so ilustrado. Para otros casos la cantidad entre paréntesis es la suma de todas las distancias horizontales a excepción de la base.

B.5. Tabla de Conversión de Unidades



MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Acres	40.468.000	centímetros ²
Acres	0,405	hectáreas
Acres	$4,05 \times 10^{-3}$	kilómetros ²
Acres	4.047	metros ²
Acres	0,001562	millas ²
Acres	43.560	pies ²
Acres	6.272.640	pulgadas ²
Acres	4.840	yardas ²
Acre - pies	1.233,52	metros ³
Acre - pies	43.560	pies ³
Areas	1.076,39	pies ²
Atmósferas	76	centímetros de mercurio
Atmósferas	760	milímetros de mercurio
Atmósferas	29,92	pulgadas de mercurio
Atmósferas	1,03328	kilógramos/centímetro ²
Atmósferas	14,70	libras/pulgada ²
Atmósferas	33,93	pies de agua
Atmósferas	10,34	metros de agua
Atmósferas	407,1	pulgadas de agua
Atmósferas	1,058	toneladas cortas/pie ²
Atmósferas	$101,325 \times 10^{-3}$	megapascal
Bar	0,1	megapascal
Bolsas de cemento	42,64	kilógramos
Caballos de fuerza (HP)	0,1781	kilocalorías/segundo
Caballos de fuerza (HP)	745,7	vattios
Caballos de fuerza (HP)	0,7457	kilovattios
Caballos de fuerza (HP)	2.545	B.T.U./hora
Caballos de fuerza (HP)	1,014	caballos de fuerza métricos
Caballos de fuerza (HP)	76,04	kilográmetros/segundo
Caballos de fuerza métricos	0,98632	caballos de fuerza americanos
Caballos de fuerza métricos	75	kilográmetros/segundo
CV (cheval - vapeur)	75	kilográmetros/segundo
PS (pferde starke)	75	kilográmetros/segundo
Caballos - horas	641,2	kilocalorías
Caballos - horas	$2,737 \times 10^3$	kilográmetros
Caballos - horas	0,7457	kilovattios - horas

Continuación

MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Caballos - horas	$1,98 \times 10^6$	pie - libra
Caballos - horas	1,0139	HP métricos - hora
Centiáreas	1,0	metros ²
Centígramos	0,01	gramos
Centílitros	0,01	litros
Centímetros	0,01	metros
Centímetros	10,00	milímetros
Centímetros	0,3937	pulgadas
Centímetros	0,03281	pies
Centímetros	0,01094	yardas
Centímetros ²	0,0001	metros ²
Centímetros ²	100	milímetros ²
Centímetros ²	$1,076 \times 10^{-3}$	pies ²
Centímetros ²	0,155	pulgadas ²
Centímetros ³	0,001	litros
Centímetros ³	1×10^{-6}	metros ³
Centímetros ³	$3,531 \times 10^{-5}$	pies ³
Centímetros ³	0,06103	pulgadas ³
Centímetro de mercurio	0,01316	atmósferas
Centímetro de mercurio	$1,33322 \times 10^{-3}$	megapascal
Centímetro de mercurio	27,85	libras/pie ²
Centímetro de mercurio	0,1934	libras/pulgada ²
Centímetro de mercurio	0,013595	kilógramo/cm ²
Centímetro de mercurio	0,4464	pies de agua
Centímetro de mercurio	5,357	pulgadas de agua
Centímetro/segundo	0,01	metros/segundo
Centímetro/segundo	0,036	kilómetros/hora
Centímetro/segundo	0,6	metros/minuto
Centímetro/segundo	0,02237	millas/hora
Centímetro/segundo	0,01943	nudos
Centímetro/segundo	1,9685	pies/minuto
Centímetro/segundo	0,03281	pies/segundo
Cord (trozos de madera)	128	pies ³
Dinas	$1,0197 \times 10^{-3}$	gramos - fuerza

Continúa

Continuación

MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Dinas	$10,0 \times 10^{-6}$	Newton
Dinas/centímetros ²	$100,0 \times 10^{-9}$	Newton
Erg	$100,0 \times 10^{-9}$	Joules
Galones U.S.	3,785	centímetros ³
Galones U.S.	3,785	litros
Galones U.S.	$3,785 \times 10^{-3}$	metros ³
Galones U.S.	0,1337	pies ³
Galones U.S.	0,8327	galones imperiales
Galones imperiales	1,2009	galones U.S.
Galones imperiales	4,546	centímetros ³
Galones imperiales	4,546	litros
Galones imperiales	277,4	pulgadas ³
Grados centígrado	1,8	grados Fahrenheit (-32°F)
Grados centígrado (+273,16°K)	1,0	grados Kelvin
Grados Fahrenheit (-32°F)	0,5556	grados centígrados
Grados Fahrenheit (-32°F)	0,5556	grados Kelvin (+273,16°K)
Grados Kelvin (-273,16°K)	1,0	grados centígrados
Grados Kelvin	1,8	grados Fahrenheit (-459,7°F)
Grados sexagesimales	0,01745	radianes
Grados sexag./segundo	0,01667	revoluciones/minuto
Grados sexag./segundo	0,002778	revoluciones/segundo
Gramos - fuerza	980,7	dinas
Gramos	$2,205 \times 10^{-3}$	libras
Gramos	0,001	kilógramos
Gramos	1.000	miligramos
Gramos	0,03527	onzas
Gramos/centímetro	0,1	kilógramos/metro
Gramos/centímetro ³	62,43	libras/pie ³
Gramos/centímetro ³	0,03613	libras/pulgada ³
Gramos/centímetro ³	1.000	kilógramos/m ³
Gramos - fuerza/centímetros	$98,0665 \times 10^{-6}$	megapascal
Hectáreas	2,471	acres
Hectáreas	10.000	metros ²
Hectáreas	100	áreas

Continúa

Continuación

MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Hectáreas	0,01	kilómetros ²
Hectáreas	$1,076 \times 10^3$	pies ²
Kilógramos	2,205	libras
Kilógramos	35,27	onzas
Kilógramos	$1,102 \times 10^{-3}$	toneladas (cortas)
Kilógramos	$9,842 \times 10^{-4}$	toneladas (largas)
Kilógramos	0,001	toneladas métricas
Kilógramos - fuerza	980.665	dinas
Kilógramos - fuerza	9,80665	Newtons
Kilógramos - metro	7,233	libras - pie
Kilógramos fuerza/centímetro ²	9,80665	Newtons/centímetro ²
Kilógramos fuerza/centímetro ²	0,0980665	Newtons/milímetros ²
Kilógramos fuerza/centímetro ²	14,22	libras/pulgadas ²
Kilógramos fuerza/centímetro ²	1	atmósfera métrica
Kilógramos fuerza/centímetro ²	0,9678	atmósferas
Kilógramos fuerza/centímetro ²	0,7356	metros columna mercurio
Kilógramos fuerza/centímetro ²	28,96	pulgadas columna mercurio
Kilógramos fuerza/centímetro ²	10,0	metros columna agua
Kilógramos fuerza/centímetro ²	$98,0665 \times 10^{-3}$	megapascal
Kilógramos fuerza/centímetro	980,665	Joules
Kilógramos fuerza/milímetro ²	1422,34	libras/pulgada ²
Kilógramos fuerza/milímetro ²	9,80665	megapascal
Kilógramos fuerza/metro	9,80665	Joules
Kilógramos fuerza/metro ²	$9,80665 \times 10^{-6}$	megapascal
Kilógramos fuerza/metro ³	0,062428	libras/pie ³
Kilómetros	0,62137	milla terrestre
Kilómetros	0,53959	milla náutica
Kilómetros	0,1794	leguas comunes
Kilómetros	0,20	leguas métricas
Kilómetros	1.093,6	yardas
Kilómetros	3.281	pies
Kilómetros/hora	0,30378	yardas/segundo
Kilómetros/hora	27,78	centímetros/segundo
Kilómetros/hora	16,67	metros/minuto

Continúa



BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

Continuación

MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Kilómetros/hora	0,2778	metros/segundo
Kilómetros/hora	0,5396	nudos
Kilómetros/hora	0,6214	millas/hora
Kilómetros/hora	54,68	pies/minuto
Kilómetros ²	247,1	acres
Kilómetros ²	100	hectáreas
Kilómetros ³	1×10^6	metros ³
Kilómetros ³	0,3861	millas ³
Kilómetros ³	$10,76 \times 10^6$	pies ³
Kilómetros ³	$1,196 \times 10^6$	yardas ³
Kilopascal	101,972	kilógramo-fuerza/metro ²
Legua común	5,5727	kilómetro
Legua métrica	5,0	kilómetro
Libras, avoirdupois	453,5924	gramos
Libras, avoirdupois	0,453592	kilógramos fuerza
Libras, avoirdupois	4,448218	Newtons
Libras, avoirdupois	16	onzas
Libras, avoirdupois	$4,464 \times 10^{-4}$	toneladas largas
Libras, avoirdupois	$4,536 \times 10^{-4}$	toneladas métricas
Libras, avoirdupois	0,0005	toneladas cortas
Libras - pie	0,13826	kilógramos - metro
Libras/pie	1,48816	kilógramos fuerza/metro
Libras/pie	14,5939	Newtons/metro
Libras/pie ²	$47,8803 \times 10^{-6}$	megapascal
Libras/pie ²	4,88241	kilógramo fuerza/metro ²
Libras/pie ²	47,8801	Newtons/metro ²
Libras/pie ³	0,01602	gramos/centímetro ³
Libras/pie ³	16,02	kilógramo/metro ³
Libras/pie ³	$5,787 \times 10^{-4}$	libras/pulgada ³
Libras/pulgada ²	$6,89476 \times 10^{-3}$	megapascal
Libras/pulgada ²	0,07031	kilógramo fuerza/centímetro ²
Libras/pulgada ²	0,689472	Newtons/centímetro ²
Libras/pulgada ³	$2,768 \times 10^{-4}$	kilógramo/metro ³
Libras/pulgada ³	1,728	libras/pie ³

Continúa

Continuación

MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Libras/pulgada	178,6	gramos/centímetro
Litros	1.000	centímetros ³
Litros	1	decímetro ³
Litros	0,21998	galones imperiales
Litros	0,2642	galones U.S.
Litros	0,001	metros ³
Litros	0,03532	pies ³
Litros	61,03	pulgadas ³
Litros	$1,308 \times 10^{-3}$	yardas ³
Megapascal	101.972	Kilógramo - fuerza/metro ²
Metros	3,281	pies
Metros	39,37	pulgadas
Metros	1,196	varas
Metros	1,094	yardas
Metros	$6,2137 \times 10^{-4}$	millas
Metros	$5,3961 \times 10^{-4}$	millas náuticas
Metros/minuto	1,667	centímetros/segundo
Metros/minuto	0,06	kilómetros/hora
Metros/minuto	0,03728	millas/hora
Metros/minuto	3,281	pies/minuto
Metros/minuto	0,05468	pies/segundo
Metros/minuto	0,03238	nudos
Metros/segundo	3,6	kilómetros/hora
Metros/segundo	0,06	kilómetros/minuto
Metros/segundo	2,237	millas/hora
Metros/segundo	0,03728	millas/minuto
Metros/segundo	196,85	pies/minuto
Metros/segundo	3,281	pies/segundo
Metros/segundo	60	metros/minuto
Metros ²	$2,471 \times 10^{-4}$	acres
Metros ²	$3,861 \times 10^{-7}$	millas ²
Metros ²	10,76	pies ²
Metros ²	1,196	yardas ²
Metros ²	1.550	pulgadas ²

Continúa



Continuación

MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Metros ³	264,2	galones U.S.
Metros ³	219,97	galones imperiales
Metros ³	1.000	litros
Metros ³	35,315	pies ³
Metros ³	61.024	pulgadas ³
Metros ³	1,308	yardas ³
Metros ruma	2,44	metros ³ en trozos
Metros ruma	1,66	metros ³ sólidos
Micrones	0,001	milímetros
Milímetros ²	0,00155	pulgadas ²
Millas	160.935	centímetros
Millas	1,609	kilómetros
Millas	5.280	pies
Millas	1.760	yardas
Millas U.S.	1.625,4	metros
Millas marinas	1.853	metros
Millas/hora	0,4470	metros/segundo
Millas/hora	44,70	centímetros/segundo
Millas/hora	1,609	kilómetros/hora
Millas/hora	88,0	pies/minuto
Millas/hora	26,82	metros/minuto
Millas/hora	1,467	pies/segundo
Millas/minuto	2.682	centímetros/segundo
Millas/minuto	96,54	kilómetros/hora
Millas/minuto	88,02	pies/segundo
Millas ²	640,0	acres
Millas ²	2,580	kilómetros ²
Millas ²	27,88 × 10 ⁶	pies ²
Millas ²	3,098 × 10 ⁶	yardas ²
Millas ²	259	hectáreas
Milibar	100,0 × 10 ⁻⁶	megapascal
Milímetro de mercurio	133,322 × 10 ⁻⁶	megapascal
Minuto sexag. (ángulo)	2,909 × 10 ⁻⁴	radianes
Newton	0,101972	kilógramo - fuerza

Continúa



Continuación

MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Newton - metro	1,0	Joules
Newton/metro ²	$1,0 \times 10^{-6}$	megapascal
Newton - centímetro	100,0	Joules
Newton/centímetro ²	$10,0 \times 10^{-3}$	megapascal
Newton/milímetro ²	1,0	megapascal
Onzas	28,359	gramos
Onzas	0,0625	libras
Onzas	$2,835 \times 10^{-5}$	toneladas métricas
Pascal	0,101972	Kilógramos - fuerza/metro ²
Pascal	1,0	Newton/metro ²
Pies	30,48	centímetros
Pies	12	pulgadas
Pies	0,333 (1/3)	yardas
Pies	$3,048 \times 10^{-4}$	kilómetros
Pies/minuto	0,5080	centímetros/segundo
Pies/minuto	0,01829	kilómetros/hora
Pies/minuto	0,00508	metros/segundo
Pies/minuto	0,3048	metros/minuto
Pies/minuto	0,01136	millas/hora
Pies/minuto	0,01667	pies/segundo
Pies/minuto	0,00987	nudos
Pies/segundo	30,48	centímetros/segundo
Pies/segundo	1,097	kilómetros/hora
Pies/segundo	18,29	metros/minuto
Pies/segundo	0,3048	metros/segundo
Pies/segundo	0,6818	millas/hora
Pies/segundo	0,01136	millas/minuto
Pies ³	$2,296 \times 10^{-3}$	acres
Pies ³	929,03	centímetros ³
Pies ³	0,0929	metros ³
Pies ³	$3,587 \times 10^{-6}$	millas ³
Pies ³	144	pulgadas ³
Pies ³	0,1111	yardas ³
Pies ³	$2,832 \times 10^{-4}$	centímetros ³

Continúa

Continuación

MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Pies ³	7,48052	galones U.S.
Pies ³	6,2289	galones imperiales
Pies ³	28,32	litros
Pies ³	0,02832	metros ³
Pies ³	1.728	pulgadas ³
Pies ³	12	pies madereros
Pie maderero	0,1	pulgada maderera
Pie maderero	0,114	pulgada corta o pinera
Pie maderero	0,0833	pie ³
Pie maderero	0,00236	metros ³
Pulgadas	2,54	centímetro
Pulgadas	0,0254	metros
Pulgadas	0,08333	pies
Pulgadas	0,02778	yardas
Pulgadas ²	6,4516	centímetros ²
Pulgadas ²	0,0066944	pies ²
Pulgadas ²	$7,716 \times 10^{-4}$	yardas ²
Pulgadas ³	16,387	centímetros ³
Pulgadas ³	$4,329 \times 10^{-3}$	galones U.S.
Pulgadas ³	0,0036046	galones imperiales
Pulgadas ³	0,01639	litros
Pulgadas ³	$1,639 \times 10^{-3}$	metros ³
Pulgadas ³	$5,787 \times 10^{-4}$	pies ³
Pulgadas ³	$2,143 \times 10^{-3}$	yardas ³
Pulgada maderera (Chile)	10	pies madereros
Pulgada maderera (Chile)	1,14	pulgada corta (pinera)
Pulgada maderera (Chile)	0,833	pies ³
Pulgada maderera (Chile)	0,0236	metros ³
Pulgada corta o pinera (Chile)	8,75	pies madereros
Pulgada corta o pinera (Chile)	0,875	pulgadas madereras
Pulgada corta o pinera (Chile)	0,73	pies ³
Pulgada corta o pinera (Chile)	0,0206	metros ³
Quintal métrico	220,46	libras
Quintal métrico	100	kilógramos

Continúa



Continuación

MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Quintal avoirdupois	112	libras
Quintal avoirdupois	50,8024	kilógramos
Quintal (Chile)	101,47	libras
Quintal (Chile)	46	kilógramos
Radianes	$57^{\circ}17' 44,8''$	grados sexag. (ángulo)
Revoluciones/minuto	6	grados sexag./segundo
Revoluciones/minuto	0,1047	radianes/segundo
Revoluciones/minuto	0,01667	revoluciones/segundo
Revoluciones/segundo	6,283	radianes/segundo
Revoluciones/segundo	360	grados sexag./segundo
Toneladas métricas	1.000	kilógramos
Toneladas métricas	2.204,6	libras
Toneladas métricas	1,102	toneladas cortas
Toneladas métricas	0,9842	toneladas largas
Toneladas largas	1.016	kilógramos
Toneladas largas	2.240	libras
Toneladas largas	1,12	toneladas cortas
Toneladas largas	1,01604	toneladas métricas
Toneladas cortas	907,18	kilógramos
Toneladas cortas	2.000	libras
Toneladas cortas	32.000	onzas
Toneladas cortas	0,90718	toneladas métricas
Toneladas cortas	0,89287	toneladas largas
Varas	0,8359	metros
Varas	32,91	pulgadas
Yardas	91,44	centímetros
Yardas	3,0	pies
Yardas	36,0	pulgadas
Yardas ²	$2,066 \times 10^{-4}$	acres
Yardas ²	0,8361	metros ²
Yardas ²	$3,228 \times 10^{-7}$	millas ²
Yardas ²	9,0	pies ²
Yardas ³	$7,646 \times 10^3$	centímetros ³
Yardas ³	202,2	galones U.S.

Continúa

Continuación

MULTIPLICAR	POR	PARA OBTENER
Yardas ³	764,5	litros
Yardas ³	168,52	galones imperiales
Yardas ³	0,7646	metros ³
Yardas ³	27	pies ³



B.6. Nombre Botánico de Algunas Especies Madereras



NOMBRE COMUN	GENERO	ESPECIE
Acacia	Robinia	<i>pseudoacacia</i> L.
Acacia del Cabo	Acacia	<i>capensis</i> (L.) WILLD
Alamo blanco	Populus	<i>alba</i> L.
Alamo europeo	Populus	<i>tremuloides</i> L.
Alamo negro	Populus	<i>nigra</i> L.
Alerce	Fitzroya	<i>cupressoides</i> (MOL.) JOHNSTON
Aromo australiano	Acacia	<i>melanoxylon</i> R. BR.
Aromo del país	Acacia	<i>dealbata</i> LINK
Canelo	Drimys	<i>winteri</i> FORST
Canelo	Drimys	<i>winteri</i> var. <i>chilensis</i> (DC) A GRAY
Canelo	Drimys	<i>winteri</i> var. <i>punctata</i> (LAM.) DC
Ciprés	Cupressus	<i>torulosa</i> D. DON
Ciprés de la cordillera	Austrocedrus	<i>chilensis</i> (D. DON) FLORIN ET BOUTELJE
Ciprés de las Guaitecas	Pilgerodendron	<i>uvifera</i> (D. DON) FLORIN
Ciprés macrocarpa	Cupressus	<i>macrocarpa</i> GORD
Ciprés siemprevivo	Cupressus	<i>sempervirens</i> L.
Coigüe	Nothofagus	<i>dombeyi</i> (MIRB) OERST.
Coigüe de Chiloé	Nothofagus	<i>nitida</i> (PHIL) KRASSER
Coigüe de Magallanes	Nothofagus	<i>betuloides</i> (MIRB) OERST
Eucalipto	Eucalyptus	<i>camaldulensis</i> DEHNKARDT
Eucalipto	Eucalyptus	<i>globulus</i> LABILL
Eucalipto	Eucalyptus	<i>vinimalis</i> L.
Hualo	Nothofagus	<i>leoni</i> ESPINOZA
Laurel	Laurelia	<i>sempervirens</i> (R. ET PAV.) TUL
Lenga	Nothofagus	<i>pumilio</i> (POEPP. ET ENDL.) KRASSER
Lingue	Persea	<i>lingue</i> NEES.
Luma	Amomyrtus	<i>luma</i> (MOL.) LEGR. ET KAUS.
Mañío de hojas largas	Podocarpus	<i>saligna</i> D. DON
Mañío hembra	Saxegothaea	<i>conspicua</i> LINDL
Mañío macho	Podocarpus	<i>nubigena</i> LINDL
Notro	Embothrium	<i>coccineum</i> FORST.
Ñirre	Nothofagus	<i>antarctica</i> FORST
Olivillo	Aextoxicon	<i>punctatum</i> R. ET PAVON
Olivillo	Kageneckia	<i>angustifolia</i> D. DON

Continuación

NOMBRE COMUN	GENERO	ESPECIE
Pellín	Nothofagus	<i>obliqua</i> (MIRB.) OERST
Pino	Pinus	<i>ponderosa</i> LAWS
Pino araucaria	Araucaria	<i>araucana</i> (MOL.) C. KOCH
Pino insigne	Pinus	<i>radiata</i> D. DON
Pino marítimo	Pinus	<i>maritima</i> DUR. ET. MILL.
Pino oregón	Pseudotsuga	<i>menziesii</i> (MIRB.) FRANCO
Raulí	Nothofagus	<i>alpina</i> (POEPP. ET ENDL.) OERST.
Roble	Nothofagus	<i>obliqua</i> (MIRB.) OERST
Roble blanco	Nothofagus	<i>pumilio</i> (POEPP. ET ENDL.) KRASSER
Roble de Chiloé	Nothofagus	<i>nitida</i> (PHIL.) KRASSER
Roble de Santiago	Nothofagus	<i>obliqua</i> var. <i>macrocarpa</i> D.C.
Roble del Maule	Nothofagus	<i>glauca</i> (PHIL.) KRASSER
Tepa	Laurelia	<i>philippiana</i> LOOSER q.
Ulmo	Eucryphia	<i>cordifolia</i> CAV.



B I B L I O G R A F I A



- AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION. Timber construction manual. New York, John Wiley and Sons, Third Edition, 1985.
- BREYER D. E. Design of wood structures. New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1980. 317 p.
- DIETZ A. G. H., SHAFFER E. L. and GROMALA D. S. Wood as a structural material. Vol. II. Forest Products Laboratory, Forest Service, USDA en cooperación con University of Wisconsin-Extensión, Pennsylvania, 282 p.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY. WOOD HANDBOOK: Wood as an Engineering Material, Agriculture Handbook no. 72, Washington D.C: U.S. Department of Agriculture; rev. 1987. 466 p.
- FREAS A. D., MOODY R. C. and SOLTIS L. A. Wood: Engineering Design Concepts. Vol. IV. Forest Products Laboratory, Forest Service, USDA en cooperación con University of Wisconsin-Extensión. Pennsylvania, USA, 1982. 606 p.
- GÖGGE M. Bemessung im Holzbau. Konstruktionsregeln Formeln, Tafeln Rechenwege in Beispielen. Wiesbaden; Berlín. Bauverlag, 1981. 239 p.
- INSTITUTO FORESTAL. Tablas de Conversión Mecánica y Elaboración. Manual Nº 15. Santiago, Chile, 1987. 131 p.
- INSTITUTO FORESTAL DE INVESTIGACIONES Y EXPERIENCIAS. Terminología Forestal. Madrid, 1968. 395 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION. NCh 1198. Madera. Construcción en Madera. Cálculo. Santiago, Chile, 1990.
- _____. NCh 174. Maderas - Unidades empleadas, Dimensiones nominales, Tolerancias y Especificaciones, Santiago, Chile. 12 p.
- _____. NCh 176/1. Madera - Parte 1: Determinación de la humedad, Santiago, Chile, 1984. 10 p.
- _____. NCh 176/2. Madera - Parte 2: Determinación de la densidad, Santiago, Chile, 1986. 11 p.



- _____. NCh 176/3. Madera Parte 3: Determinación de la contracción radial y tangencial, Santiago, Chile, 1984. 9 p.
- _____. NCh 431. Construcción. Sobrecargas de nieve, Santiago, Chile, 1977. 8 p.
- _____. NCh 432. Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones. Santiago, Chile. 1971. 36 p.
- _____. NCh 433. Cálculo antisísmico de edificios. Santiago, Chile, 1972. 16 p.
- _____. NCh 992. Madera. Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición. Santiago, Chile, 1972. 22 p.
- _____. NCh 1079. Arquitectura y Construcción. Zonificación habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. Santiago, Chile, 1977. 11 p.
- _____. NCh 1537. Diseño Estructural de Edificios - Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso. Santiago, Chile, 1986. 21 p.
- _____. NCh 1730. Madera. Terminología general. Santiago, Chile, 1973. 21 p.
- _____. NCh 1970/1. Maderas - Parte 1: Especies Latifoliadas - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad, Santiago, Chile, 1988. 26 p.
- _____. NCh 1970/2. Maderas - Parte 2: Especies Coníferas - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad, Santiago, Chile, 1988. 28 p.
- _____. NCh 1989. Maderas. Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento. Santiago, Chile, 1986. 12 p.
- _____. NCh 1990. Madera - Tensiones admisibles para madera estructural, Santiago, Chile, 1986. 10 p.

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

PATTERSON D. Pole Building Design. American Wood Preservers Institute.
USA., 1981. 48 p.

PEREZ G., Vicente A. Manual de Construcciones en Madera. Chile. Institut
to Forestal. Manual N° 10. Santiago, Chile, 1983. s.p.

_____. Manual de Cálculo de Construcciones en Maderas. Instituto Forest
tal. Manual N° 13, (Primera Edición). Santiago, Chile, 1983. 478 p.

WAGNER M. y MONGE J. Criterios Modernos para el Diseño Estructural en Mad
dera. Publicación SES D 1/83 (187), Santiago, Chile, Dpto. Ingenierfa
Civil, Fac. de Ciencias Físicas y Matemáticas. U. de Chile, 1983.

WEST COAST LUMBERMAN'S ASSOCIATION. Douglas fir Use Book. Structural Data
and Design Tables. Oregon USA, Daily Journal of Commerce, 1958. 312 p.



