

ENRIQUE COBEÑO GONZALEZ

del Arma de
Ingenieros del Ejército

LUIS CALLE RELLOSO

del Cuerpo de Ingenieros
de Armamento y Construcción

ABACOS PARA EL CALCULO DE
CERCHAS DE HIERRO
Y MADERA



EDITORIAL DOSSAT, S. A.
Plaza de Santa Ana, núm. 9
MADRID

CERCHAS DE HIERRO Y MADERA

ENRIQUE COBEÑO GONZALEZ

del Arma de
Ingenieros del Ejército

LUIS CALLE RELLOSO

del Cuerpo de Ingenieros
de Armamento y Construcción

ABACOS PARA EL CALCULO DE
CERCHAS DE HIERRO
Y MADERA



EDITORIAL DOSSAT, S. A.

Plaza de Santa Ana, núm. 9

MADRID, 1951

PROLOGO

No es nuestra intención asombrar a los amables lectores con el presente trabajo. Lo que se expone no es sino la recopilación, en un solo cuerpo de doctrina, de todo cuanto nuestra experiencia nos ha dictado recoger para el cálculo de cubiertas, aclarando y exponiendo con sencillez la sistematización de su cálculo rápido.

Pretendemos, eso sí, lograr un folleto práctico que resuelva —por sí solo— el cálculo de cerchas, llenando los vacíos que en multitud de obras de estructuras se dejan sentir.

Esta labor tiene carácter de divulgación, y aparte de la exposición calcular necesaria—a título de recordatorio—se complementa con profusión de tablas y ábacos que sirven de remate a las cuestiones que comprende, así como una escogida colección de casos resueltos (unas 800 cerchas) de inmediata aplicación.

LOS AUTORES.

GENERALIDADES

DEFINICIONES.—Reciben el nombre de cubiertas las superficies planas o curvas a una o dos vertientes o sensiblemente horizontales destinadas a recoger y dar fácil salida a las aguas de lluvia o nieves que caigan sobre las edificaciones, protegiendo, al mismo tiempo, del frío o del calor el interior de las mismas.

Una cubierta perfecta ha de ser impermeable y sólida, con pendientes y materiales proporcionados al clima y a la facilidad y prontitud de escurrimiento de aguas y nieves.

El presente folleto limita el estudio a las cubiertas inclinadas planas.

PENDIENTE DE LAS CUBIERTAS.—En líneas generales, las cubiertas cuyas dos vertientes formen un ángulo de 45° reciben el nombre de *rectas* o a *escuadra*; si su inclinación es mayor se denominan *peraltadas*, y si es menor, *rebajadas*.

La elección de la pendiente de una cubierta depende del número de juntas, del clima de la localidad, del recubrimiento y de la naturaleza del material a emplear. Con materiales porosos y absorbentes (teja, pizarra, etc.), el agua sube por capilaridad hasta las juntas, por donde penetra formando góteras; se combate aumentando la pendiente, el solape o disminuyendo el número de juntas. Por otra parte, la pendiente está limitada por el recubrimiento de las piezas que forman la cubierta y si pueden sujetarse o clavarse.

CERCHAS DE HIERRO Y MADERA

La siguiente tabla da la pendiente MINIMA de cubiertas en relación al material a emplear:

MATERIAL DE CUBRICION	Pendiente	Angulo
Paja, caña, cañizo... ..	70 %	35°
Pizarra	51 %	27°
Tejas	40 %	22°
Chapas hierro galvanizado (en ondas)...	21 %	12°
Id. fibro-cemento (en ondas)	40 %	22°
Zinc liso	12 %	7°
Vidrios... ..	12 %	7°

El clima influye en el sentido de que en países húmedos los materiales están siempre mojados, dando fácil paso a la humedad, mientras que en los cálidos el agua de lluvia no tiene tiempo de empapar los materiales para dar lugar al fenómeno anterior.

Las nieves, por su parte, aumentan la sobrecarga accidental de las cubiertas, quedándose almacenadas en las de poca pendiente y resbalando, sin embargo, en las de gran inclinación.

COMPOSICIÓN DE LAS CUBIERTAS.—Se forman de dos obras diferentes: la *armadura* o *cuchillo* (de madera, hierro o de hormigón armado), que da figura a la cubierta y el revestido de la anterior, es decir, la superficie que soporta directamente la acción del agua, nieve, aire y sol (tejas, chapas, etc.).

Este revestimiento o cubierta propiamente dicha se coloca en obra por intermedio de tablas unidas, solapadas o separadas, sobre listones de madera, cañas, perfiles laminados, etc., que se fijan al *cuchillo* de diversas formas (véase figs. 11, 12, 13, y 14).

NOMENCLATURA Y DESIGNACION DE LAS PRINCIPALES CUBIERTAS Y DE LAS LINEAS Y PIEZAS QUE LAS COMPONEN

En relación a su forma se distinguen:

De tejadillo o simple vertiente (fig. 1).

Con piñones o faldones (fig. 2).

A dos aguas, con piñones o con faldones (fig. 3).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

A dos aguas, con copete o pelo quebrantado (fig. 4).



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

Con mansarda o con faldones (fig. 5).

En pabellón (fig. 6).

CERCHAS DE HIERRO Y MADERA

En torre o de aguja (figs. 7 y 8).
 En diente de sierra (fig. 9).



Fig. 7



Fig. 8

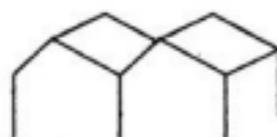


Fig. 9

Líneas.—Son las que determinan el contorno total de la cubierta. Refiriéndonos a la fig. 10, se designan:

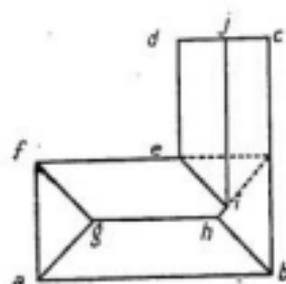


Fig. 10

ab, bc, cd, de, ef, fa.	aleros.
cjd	piñón o tímpano.
agf	faldón.
gh, ij... ..	cumbreras.
fg, ag, bh	limatesas.
ei... ..	limahoya.
hi... ..	falsa limatesa.
g, h, i	nudillos.

Nomenclatura de los elementos que forman la obra de cubierta.—
 En cuchillos (figs. 11 y 12). Están compuestas por un cordón superior poligonal o curvo, cuyas partes componentes reciben el nombre de «pares»; un cordón inferior recto o poligonal denominado «tirante» y un conjunto de piezas comprimidas (montantes, tornapuntas, manguetas o bielas, etc.) y extendidas (pendolones, péndolas, tirantes, etc.).

Piezas de cubierta.—«Viguetas» o «correas»: colocadas horizon-

talmente, se apoyan en los pares y son los elementos encargados de transmitir a las armaduras el peso de toda la cubierta.

«Cabios» o «parecillos»: colocados sobre las viguetas o correas, según la línea de máxima pendiente.

«Listones»: paralelos a las viguetas, empleados para teja plana, chapas onduladas, etc.; para otra clase de cubiertas se dispone en su lugar un enlatado o entablonado.

A veces se suprimen los listones, también pueden faltar los cabios y en ocasiones las viguetas forman el enlistonado.

COMPOSICIÓN DE LAS CUBIERTAS.—Las armaduras de madera o de hierro se colocan a distancias variables entre 3 y 5 metros de eje a eje, pudiéndose llegar hasta 7 metros en cubiertas de hierro de gran luz.

Las correas se colocan a distancia entre eje y eje de 1,25 a 3 metros; los cabios, entre 40 y 50 centímetros; los listones (para tejas alomadas o árabes), de 8 a 12 centímetros.

Los cabios y listones se sustituyen a veces por una serie de cabios más ligeros a 15 centímetros de distancia uno de otro.

En ocasiones, el material de cubrición descansa sobre un enrasillado colocado sobre los cabios.

En cabios de madera que reciben directamente el material de cubierta, la longitud de éstos varía entre 6 y 8 metros con las esquadrias siguientes:

Para 150 Kgs./m² de cubierta: separación de 40 a 50 cms.; esquadria entre 8.6 y 10.8 (centímetros).

Para 200 Kgs./m² de cubierta: separación de 40 a 50 cms.; esquadria entre 10.6 y 12.10 (centímetros).

En cubiertas de hierro se suelen emplear correas de perfiles laminados I, L.

Las correas se calculan a flexión con carga uniformemente repartida en toda su longitud (igual a la distancia entre cerchas). En las siguientes tablas se indican las características más comunes de

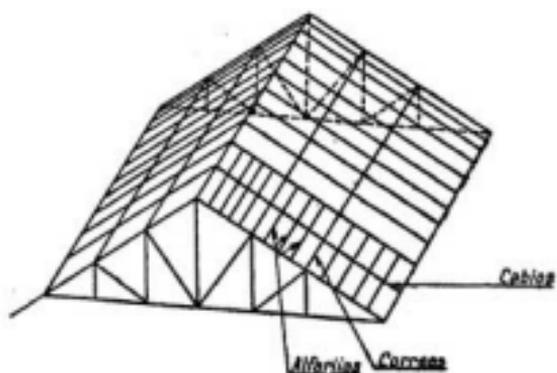


Fig. 11

Orden de superposición: Cochillos, Correas, Cebios, Alfarjias.

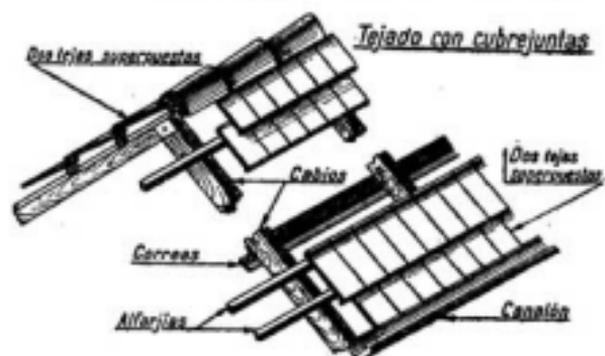


Fig. 12

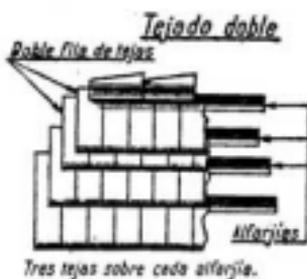


Fig. 13

Tejado de corona

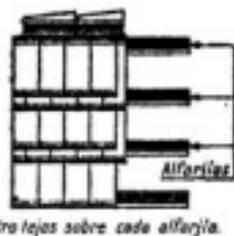


Fig. 14

GENERALIDADES

correas de madera y perfiles doble T, para los casos más corrientes. En casos de importancia se calcularán sus dimensiones por los métodos usuales de cálculo (véase pág. 56).

Escuadrías de correas de madera para cubiertas

Distancia entre correas	Para 150 kgs./mt de vertiente			Para 200 kgs./mt de vertiente		
	Con separación entre cerchas					
	3,00 mts.	3,75 mts.	4,50 mts.	3,00 mts.	3,75 mts.	4,50 mts.
1,25 mts.	15.12 cm.	18.12 cm.	18.15 cm.	17.14 cm.	19.15 cm.	20.16 cm.
2,00 mts.	17.14 cm.	20.14 cm.	22.15 cm.	20.16 cm.	22.18 cm.	24.20 cm.

Correas con doble T. Altura de los perfiles

Distancia entre cerchas	Distancia entre correas	Carga por mt de vertiente		
		120 kgs.	160 kgs.	180 kgs.
4 metros	1,50 mts.	120 m/m.	140 m/m.	140 m/m.
	2,00 »	140 »	140 »	160 »
	3,00 »	160 »	160 »	180 »
5 metros	1,50 mts.	140 m/m.	160 m/m.	—
	2,00 »	160 »	180 »	—
	3,00 »	180 »	200 »	—
6 metros	1,50 mts.	160 m/m.	—	—
	2,00 »	180 »	—	—
	3,00 »	200 »	—	—

NOTA.—Corrientemente, las correas se disponen separadas 3,00 metros en proyección horizontal.

BREVE RESEÑA DE ORGANIZACION

CUBIERTA DE TEJA PLANA

Se distinguen tres clases:

1.º *Tejado con cubrejunta*.—Las hiladas de tejas son sencillas; sólo en el alero y caballete se solapan dos tejas (fig. 12).

Solape sobre los listones o alfarjías: de 10 a 15 cms.

Distancia entre listones o alfarjías: $d = 42 - (10 \text{ a } 15 \text{ cms.}) = 32 \text{ a } 27 \text{ centímetros.}$

2.º *Tejado doble*.—(Fig. 13.) En el alero y en el caballete doble fila de tejas. Las demás tejas se solapan de manera que incidan tres tejas en cada listón o alfarjía.

Solape de 5 a 8 cms.

Distancia entre listones = $\frac{1}{2} (42 - 8) = 17 \text{ centímetros.}$

Las tejas se colocan a torta y lomo o a teja vana.

Tejado más impermeable que el tipo primero, pero más pesado y caro.

3.º *Tejado de corona*.—(Fig. 14). Cada dos hileras de tejas van unidas a juntas encontradas.

Solape: unos 8 centímetros.

Distancia entre listones o alfarjías: unos 30 centímetros.

Se ejecutan a torta y lomo.

CUBIERTA DE ENCAJE

Son las de empleo más corriente. Se usa la teja *tipo marsella* con encaje longitudinal y el *tipo borgoñona* con encaje en todo el contorno.

GENERALIDADES

La distancia entre alfarjías es de 30 a 34 cms.

Se suelen atar a las alfarjías con alambres.

Para caballete y lima se moldean piezas especiales.

A veces se colocan sobre tablazón.

CUBIERTA DE TEJA ÁRABE O LOMUDA

Las tejas se solapan de 8 a 10 cms., según la pendiente, y no menos de 10 cms. en pendientes inferiores al 46 % (25°).

Para asegurarse contra la entrada de agua, sobre todo en caso de rotura de alguna teja, conviene colocar sobre el entablonado cartón asfáltico, etc.

Dimensiones corrientes de tejas: largo, 45 cms.; anchura máxima, de 20 a 27 cms.

CUBIERTA DE PIZARRA

Las pizarras se colocan sobre enlizado o entablonado.

Cuando se dispone de pizarras grandes y regulares se aplica el sistema inglés de colocación (a 45° de inclinación respecto del alero).

Las pizarras se solapan 6 cms.

También se emplea el sistema alemán, que permite poner pizarras de distintos tamaños.

CUBIERTAS DE FIBROCEMENTO

El fibrocemento recibe la forma de placas planas (estilo Normando) rectangulares de 30.60 centímetros, que colocadas perpendicularmente u horizontalmente, según la dimensión mayor, da origen a las siguiente características:

Perpendicular

= Recubrimiento: 8 centímetros.

= Una placa cubre 30.26 cms.

Horizontal

= Recubrimientos: 10 cms. en sentido perpendicular y 12 centímetros en el horizontal.

= Una placa cubre 48.20 cms.

CERCHAS DE HIERRO Y MADERA

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| = Listones cada 26 cms., de es-
cuadría 2,5-4,5 cms. | = Listones cada 20 cms., de es-
cuadría 2,5-4,5 cms. |
| = Por cada m ² se precisan 3,85
metros lineales de listón. | = Por cada m ² se precisan 5 me-
tros lineales de listón. |
| = Cabios a 60 cms. de sus ejes. | = Cabios a 60 cms. de sus ejes. |
| = La cubierta pesa 23 Kgs./m ² | = La cubierta pesa 18 Kgs./m ² |

Para los dos tipos se utilizan caballetes de media caña de 60 centímetros de longitud y 21 cms. de diámetro. Por cada metro lineal se utilizan dos caballetes.

Para formar la cubierta tipo Etrusca, las placas disponen de dos relieves, permitiendo los extremos el solape de unas placas con otras. Las características son:

Tamaño de las placas: 64 × 40 cms.

Recubrimientos: 4 cms. en los dos sentidos.

Una placa cubre 60 × 36 cms.

Listones cada 36 cms. de 4 × 6 cms. de cuadría.

Cabios a 1,00 mts. de sus ejes.

Por cada m² se precisan 2,80 mts./lineales de listón.

La cubierta pesa 13 Kgs./m².

Los caballetes se forman con piezas de sección en V invertida con vértice curvo, con una onda hacia el interior en cada cara del diedro y en el sentido de su longitud. La longitud de estas piezas es de 70 cms., su anchura de 23 cms. y 14 cms. de flecha.

Las cubiertas tipo Belga se resuelven con placas de sección en S de las características siguientes.

Tamaño de la placa: 40 . 34 cms.

Recubrimientos: perpendicular, 10 cms.; paralelo, 4 cms.

Una placa cubre: 30 . 30 cms.

Listones cada 30 cms. de 2,5 . 4,5 cms.

Cabios a 60 cms. de sus ejes.

Por cada m² se precisan 3,35 mts./lineales de listón.

La cubierta pesa 17 Kgs./m².

GENERALIDADES

Los caballetes son de media caña de 26 c/m. de diámetro y 40 cms. de longitud.

Las cubiertas acanaladas se forman con grandes piezas *canaleta* de 9 *ondulaciones* o *gran onda* de 5 y *media ondulaciones*, que pueden colocarse directamente sobre las correas si éstas distan solamente un metro.

Las características principales de estos dos tipos son:

<i>Canaleta</i>	<i>Gran onda</i>
Dimensiones: 200 × 114 cms.	Dimensiones: 200 × 95 cms. y 250 × 95 cms.
Peso de cada pieza: 28,50 Kgs.	Peso de cada pieza: 28 y 35 kilogramos, respectivamente.
Distancia entre onda y onda: 14 cms.	Distancia entre onda y onda: 17,7 cms.
Flecha de la onda: 3 cms.	Flecha de la onda: 5 cms.
Espesor aprox.: 5,5 mm.	Espesor aprox.: 6 mm.

Los caballetes se forman con dos tipos de piezas en ángulo diédrico o media caña.

NOTA.—Los datos de «cubiertas de fibrocemento» han sido tomados de la *Agenda Uralita*.

BREVE RESEÑA DE ORGANIZACION DE LAS BARRAS DE ENTRAMADO

Correas.—Pueden ser de madera, de escuadría rectangular (luz máxima de 4 metros) o de perfiles laminados $\overline{\text{I}}$ $\overline{\text{C}}$ $\overline{\text{L}}$ (luz máxima de 6 mts.). Cuando la distancia entre cerchas es grande, las correas se organizan como vigas compuestas de alma llena o de celosía.

Las correas se suelen colocar normales a los pares, o verticales; la primera disposición (figs. 15 y 16) es la más sencilla, pero mejor la segunda (fig. 17), aunque es de más difícil ejecución.

Cabios.—Pueden ser también de madera (hasta 4 metros de luz) o de perfiles laminados $\overline{\text{I}}$ $\overline{\text{L}}$ $\overline{\text{C}}$ $\overline{\text{T}}$

Los cabios de madera se fijan a las correas por medio de muescas de 2 a 3 cms. de profundidad (fig. 15), fijándolos mediante clavos, ganchos, tirafondos, etc., o por medio de hierros planos si descansan sobre correas de hierro.

Si los cabios son de hierro, la unión se efectúa por medio de angulares y roblones (figs. 18 y 19).

Cordón superior.—Las secciones más corrientes que se emplean en estos elementos son los perfiles que se señalan en la fig. 20.

Es conveniente emplear angulares de brazos desiguales separados en el grueso de la chapa que se utiliza para formar los nudos; de esta forma, cuando las longitudes de los angulares están en la relación de 2 a 3, el momento de inercia es sensiblemente igual para ambos ejes.

Quando en un nudo determinado convenga aumentar la sección, a efectos de unión, suelen colocarse platabandas (fig. 21); de esta manera se refuerza este punto sin necesidad de recurrir a un perfil mayor.

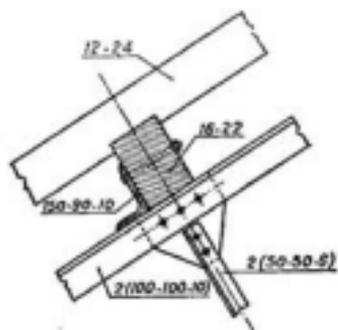


Fig. 15

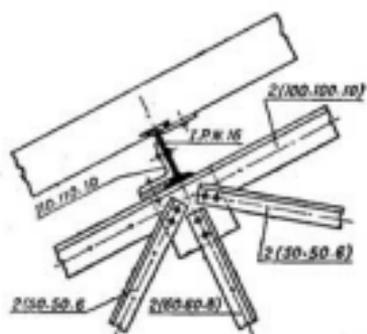


Fig. 16

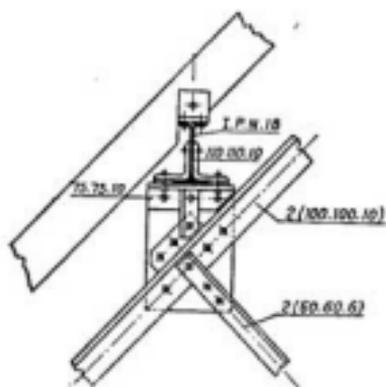


Fig. 17

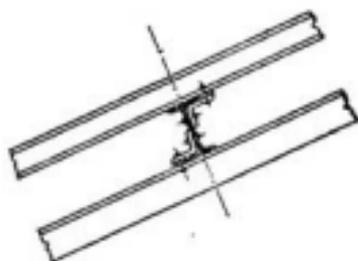


Fig. 18

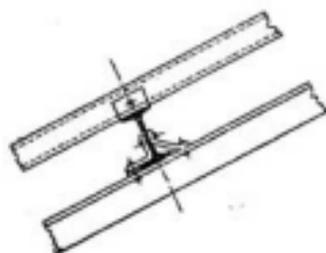


Fig. 19



Fig. 20

Como perfiles mínimos se fijan \perp 50.60.9 y el \sqsubset n.º 12, o bien el perfil que dé el cálculo, si la cercha es soldada; en el primer caso el diámetro mínimo de roblones es de 17 mm.

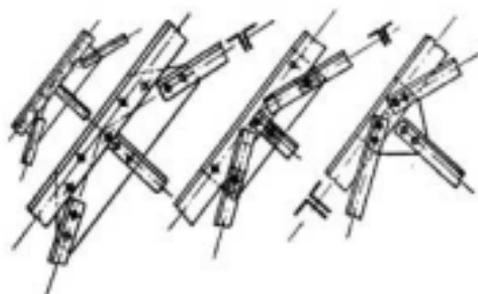


Fig. 21

Cordón inferior.—Trabaja normalmente a tracción. Se adopta generalmente el doble angular $\perp\perp$ (fig. 22) o el angular sencillo \perp .



Fig. 22



Fig. 23

La longitud de los brazos debe permitir el fácil roblonado, debiendo tenerse en cuenta el debilitamiento debido a los orificios de los roblones.

Algunas veces se emplean tirantes de hierro redondo, pero no son recomendables. Tampoco es conveniente emplear angulares de poco grueso.

Barras de relleno.—Las barras de relleno sufren tensiones inferiores a los cordones y, en su consecuencia, suelen ser más débiles.

En las barras comprimidas que sufren pequeño esfuerzo pueden emplearse angulares sencillos (comprobados a pandeo. Véase pág. 58).

A veces suelen emplearse dos angulares opuestos por el vértice para conseguir mayor seguridad al pandeo, pero es de aspecto pesado y exige el empleo de costuras (fig. 23). También se pueden emplear dos angulares o dos \sqsubset como indica la fig. 24.

Arriostado de los cuchillos (Contravientos).—Tiene por objeto

GENERALIDADES

absorber y transmitir los esfuerzos longitudinales producidos por el viento.

Completan la estructura espacial de la cubierta (fig. 25).

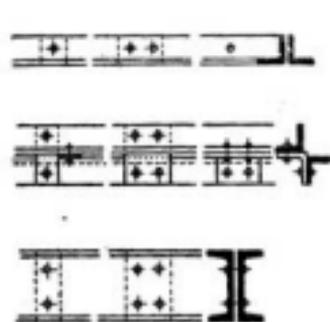


Fig. 24

Corrientemente se utilizarán hierros planos o angulares en aspa. No conviene emplear redondos.

Apoyos.—Las placas de apoyo hay que calcularlas para que la presión por cm^2 que transmiten los apoyos de las cerchas no exceda de la admisible en los

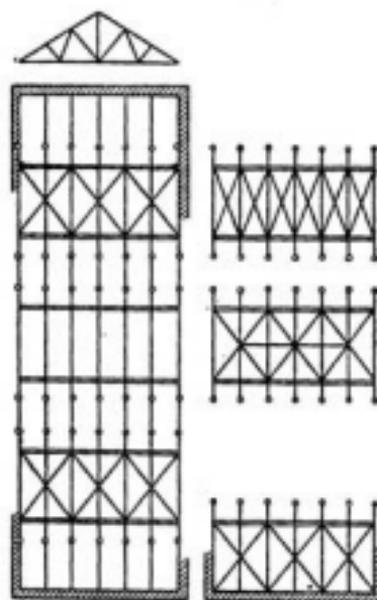


Fig. 25

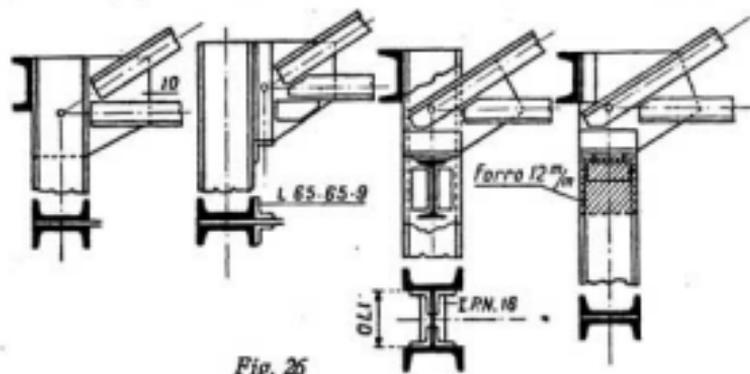


Fig. 26

muros. Este cálculo nos da las dimensiones necesarias. En la fig. 26 pueden verse diversos tipos de apoyos.

Debe procurarse que el nudo teórico caiga sobre la vertical del

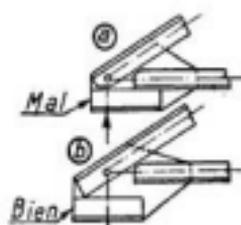


Fig. 27

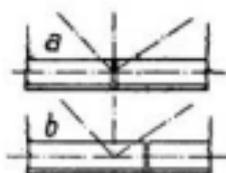


Fig. 28

centro de la placa, rechazándose, por tanto, la disposición de la figura 27-a y es buena la de la 27-b.

Empalmes.—Dentro de lo posible, es conveniente siempre evi-

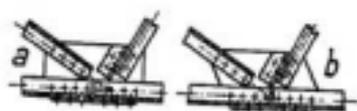


Fig. 29

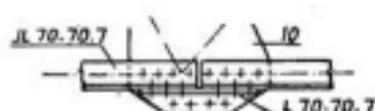


Fig. 30

tar las juntas o uniones entre perfiles de un mismo cordón, a cuyos efectos se suele calcular la barra sujeta a mayor trabajo y adoptarla para todo el cordón; pero si fuera preciso hacer empalme, no es necesario que la junta coincida con el nudo matemático (figs. 28, 29 y 30), pero si conseguir en la unión la máxima reducción de remaches, enlazando las alas libres

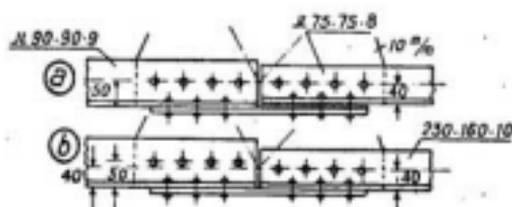


Fig. 31

cesario que la junta coincida con el nudo matemático (figs. 28, 29 y 30), pero si conseguir en la unión la máxima reducción de remaches, enlazando las alas libres

de manera que, prolongadas, se toquen por cabeza, disponiendo cubrejuntas en contacto con las alas en toda la longitud del remachado (fig. 31).

En la fig. 32 se dibuja una disposición de empalme sencillo.

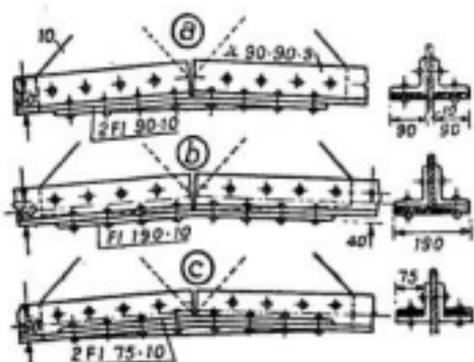


Fig. 32

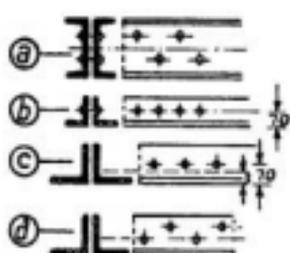


Fig. 33

Ensambladuras.—Al resolver los enlaces se tendrán en cuenta las normas siguientes:

a) Que los ejes de todas las barras de un mismo nudo concurren en un solo punto.

b) Las barras se dibujarán de manera que sus ejes coincidan con los ejes de roblonaduras, como se aprecia en la fig. 33. Si los perfiles son diferentes se procederá como indica la fig. 31.

c) El mínimo número de roblones a disponer en cada barra a unir será de dos, aun cuando el cálculo de número menor (y de un diámetro mínimo de 17 mm., como ya se dijo).



Fig. 34

Al coser los bordes de los cartabones o placas de nudos, si por ejemplo se precisan tres remaches, se adoptará la disposición de la fig. 34-a y no la de la figura 34-b.

Nudos defectuosos

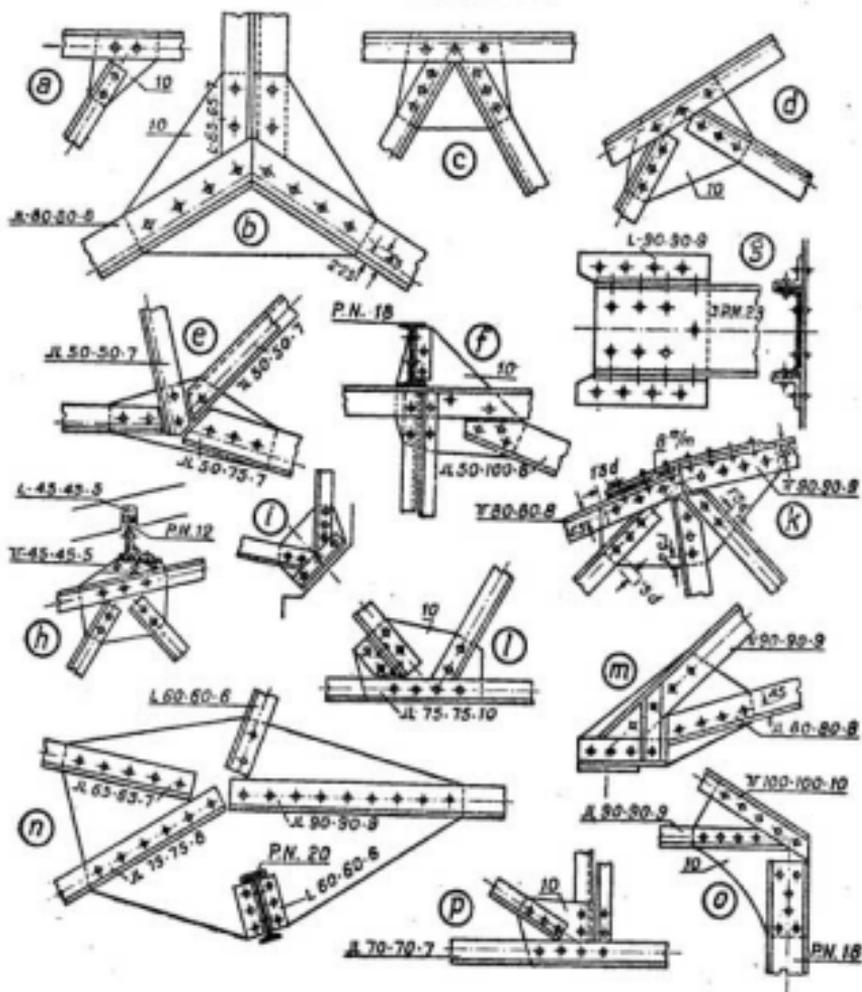


Fig. 35

Corrección de los nudos anteriores

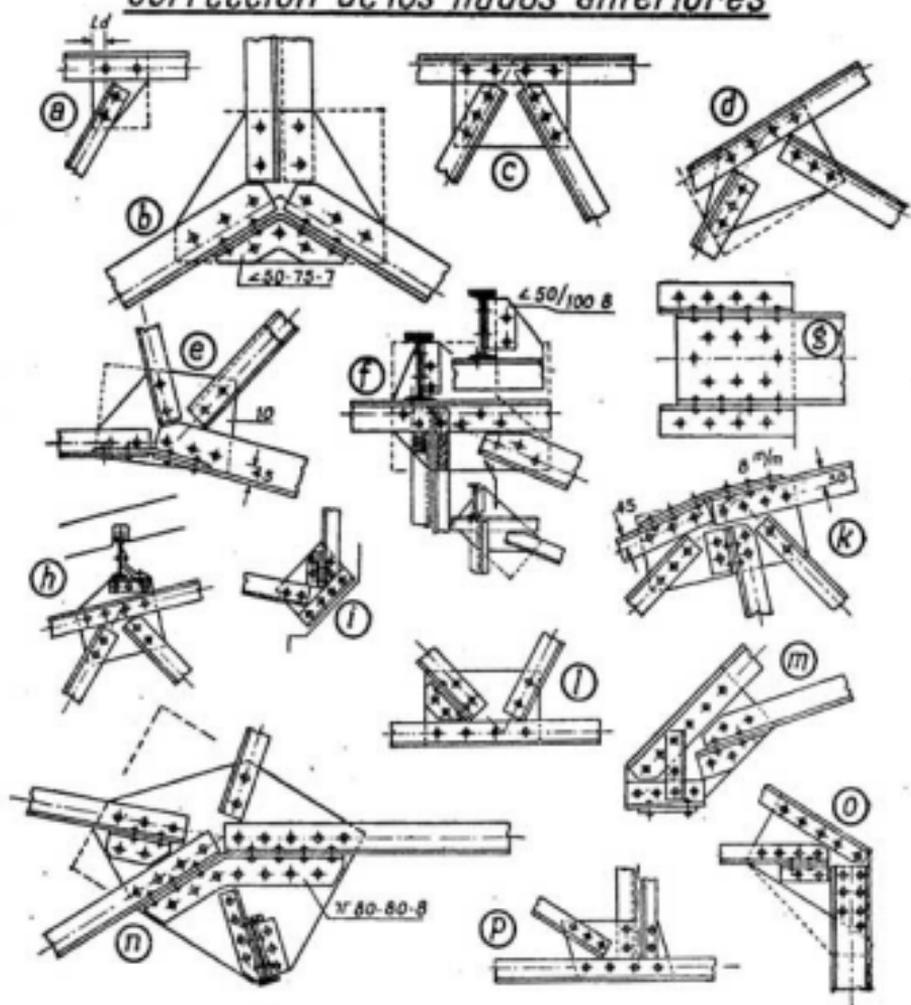


Fig. 36

CERCHAS DE HIERRO Y MADERA

d) Las chapas de nudos se dispondrán de espesor uniforme para todo el cuchillo (de $\frac{2}{3}$ a $\frac{3}{4}$ del máximo diámetro de remaches), en general de 10 a 12 mm. para cubiertas ligeras y de 12 a 14 mm. para las medianas.

Las dimensiones serán tales que en todos los puntos del contorno se mantenga una distancia entre roblones de aproximadamente el doble del diámetro de éstos.

En las figs. 35 y 36 se indican diversos ejemplos de disposiciones impropias y de las correcciones necesarias. Así:

Son defectuosas:

El excesivo tamaño de los cartabones b, n.

Los innecesarios cortes a, c, d, f, h, k.

Los ángulos libres l.

Los cortes de sierra en los perfiles de barras b, c, d, i.

Los empalmes mal resueltos b, c, k, n.

ARMADURAS SOLDADAS

En los párrafos anteriores se ha esbozado una breve reseña de organización de barras de entramado, no habiéndonos extendido más por considerarlo suficientemente conocido de nuestros lectores y existir infinidad de obras a donde se puede acudir en casos de duda; pero no ocurre así en lo referente a armaduras soldadas, por lo que consideramos obligado dar a continuación un resumen de datos y normas que nos orienten en la manera de calcular y concebir este tipo de armaduras, que de día en día son de más corriente empleo.

ARMADURAS DE NUDOS ARTICULADOS

Armaduras de perfiles simples y simples cartelas.—(Fig. 37.) Este tipo de armadura es apta para soportar pequeñas cargas y salvar pequeñas luces. Su estructura, que no es simétrica con relación al eje de cartelas, da origen a esfuerzos transversales disimétricos.

Bajo el punto de vista constructivo son susceptibles, casi siempre, de soldarse completamente en la fábrica o taller y transportarse en una sola pieza hasta la obra.

Ya se sabe que cuando esta clase de armaduras se construyen roblonadas llevan generalmente cartelas para facilitar el cosido, pero cuando son soldadas, debido a la simplicidad del tipo, pueden suprimirse, soldándose los perfiles entre sí (fig. 37).

Si se emplean cartelas, a las barras habrá que darles la longitud de cálculo, y por lo tanto las cartelas son análogas a las de una armadura remachada (fig. 38).

Es práctica corriente cortar las cartelas y soldarlas de canto a



Fig. 37



Fig. 38



Fig. 39

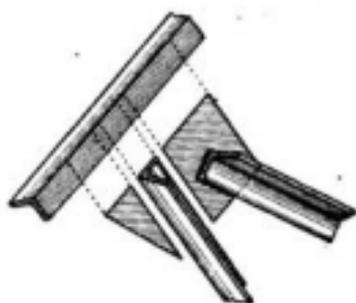


Fig. 40



Fig. 41

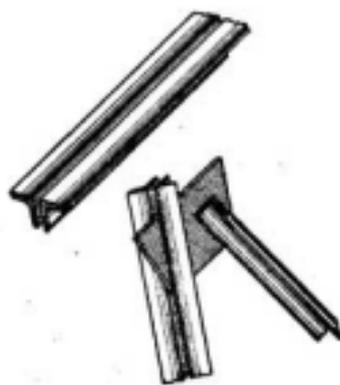


Fig. 42

ciertas barras, los *montantes*, por ejemplo, lográndose de esta manera reducir la superficie y peso de aquéllas (fig. 39). Otras veces se suelen soldar a los pares, como se aprecia en la fig. 40. Y, por último, también se adoptan ambas disposiciones a la vez, como se ve en la fig. 41, con lo que se reduce al máximo la superficie y peso de las cartelas.

Al proyectar estas armaduras se observará y pondrá especial cuidado en dar a las barras cortes muy exactos al objeto de facilitar la soldadura.

Armaduras de perfiles dobles y cartelas sencillas.—(Fig. 42). Es una armadura simétrica, por lo que no soporta esfuerzos secundarios de consideración superiores a las efectivas.

Cuando se construyen roblonadas, los pares se disponen por dos perfiles iguales unidos entre sí por intermedio de cartelas (fig. 43), pero si son soldadas pueden formarse de la misma manera o también con perfiles únicos simétricos al que se sueldan las cartelas, de la forma que se indica en la fig. 44, es decir, el canto de la cartela al del alma del perfil.



Fig. 43

Fig. 44

Si son dos los perfiles de una barra se mantienen paralelos mediante presillas soldadas a aquéllos y cuya separación entre dos consecutivas debe ser tal que la carga de pandeo de uno solo de los perfiles entre dos presillas consecutivas sea superior a la carga de pandeo de la barra completa entre nudos.

Cuando se trate de barras comprimidas será conveniente recordar que, en armaduras sometidas a cargas estáticas, la sección en las proximidades de la unión se calcula para una compresión unitaria igual a la de tracción máxima admisible de la soldadura; además, para mantener la seguridad al pandeo es suficiente reforzar en las uniones aquella sección. Pero esta norma no basta en arma-

duras sometidas a esfuerzos dinámicos porque en este caso el trabajo de deformación se concentra en las uniones a partir de la sección en que termina el refuerzo de pandeo.

Como quiera que las luces de este tipo de armaduras son mayores que las que puede admitir el transporte, para verificar éste será necesario seccionar la armadura por juntas llamadas de unión, las cuales se unen *in situ* por medio de tornillos, remaches y soldadura.

Si se efectúa por medio de tornillos tenemos las ventajas de rapidez y sencillez de montaje y el inconveniente de que si no se ejecuta cuidadosamente, las barras se deforman, lo cual se puede evitar reforzando las cabezas de las barras por placas soldadas que den solidez a los orificios. De cualquier manera, es la solución más económica. Si por el contrario se arman por remaches o soldadura, se precisa disponer en obra de un taller que aumenta el costo del montaje.

Las operaciones de unión se pueden efectuar en el suelo, con la ventaja de poderse presentar las piezas a los soldadores en la posición más cómoda.

Si el montaje se ha de efectuar al aire, deben disponerse las partes a unir en su posición definitiva y como es posible que las juntas de montaje puedan no ser cómodamente presentadas a los soldadores, deben elegirse al proyectarlas de manera que su realización sea sencilla.

Cuando han de soldarse en obra las alas de dos viguetas por medio de cubrejuntas, si éstas han de ir superiormente, deberán ser más estrechas que la anchura de las alas a fin de soldar de arriba a abajo y evitar la incómoda posición de los operarios (conocida con el nombre de «soldadura de techo» (fig. 45). Por el contrario, si las cubrejuntas van en la parte inferior, serán más anchas que la anchura de las alas por el mismo razonamiento. No obstante si las uniones se han de efectuar en el suelo, como a las viguetas se les

GENERALIDADES

puede dar la vuelta con comodidad; las cubrejuntas pueden ser de igual anchura que las alas (fig. 46).

Armaduras de doble cartela.—Son, sencillamente, dos armaduras simples adosadas y unidas por medio de barras comunes entre



Fig. 45



Fig. 46

los dos planos de las cartelas. La figura 47 presenta un nudo de una cercha de este tipo cuyos montantes, abrazados entre las cartelas, son comunes a las dos cerchas de perfiles que unen.

Tanto en armaduras roblonadas como soldadas, este tipo es muy

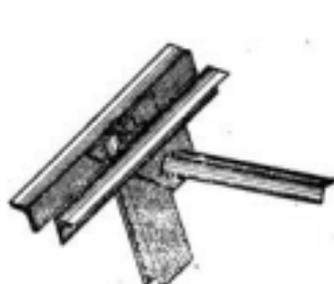


Fig. 47

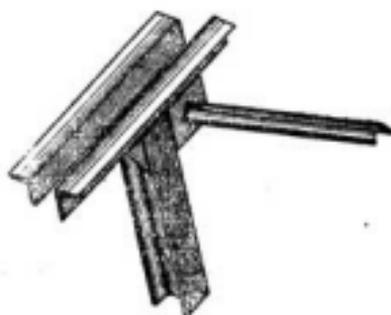


Fig. 48

corriente, pero este último caso se suele perfeccionar cortando las cartelas de la manera y modo que se explicó en armaduras de simple cartela (fig. 48).

Por regla general, este tipo de armadura es indicada para aquellas en que tanto si es completa como en trozos, el transporte presenta dificultades debido a las grandes luces. Para ello se envían

desarmadas, en barras sueltas, para ejecutar en obra todas las uniones, las cuales son numerosas y de muy variados tipos, por cuya razón no suele ser posible armarlas al aire. Se forman en tierra presentándolas de la forma más cómoda para ejecutar las soldaduras, siendo los cordones más difíciles de soldar los que unen barras entre cartelas.

En el caso de la fig. 48, se unirán, naturalmente, las cuatro cartelas que le corresponden. Esta operación se hará con facilidad en el taller, llevándose después a la obra para terminar de soldar las restantes barras.

Como se dijo en otra ocasión, el paralelismo de los perfiles de una misma barra se mantiene ordinariamente por presillas que los unen de trecho en trecho. Como presillas se suelen usar preferentemente los recortes de los mismos perfiles.

Armaduras dobles o gemelas.—Están constituidas por dos armaduras idénticas, relativamente poco separadas y unidas transversalmente por piezas llamadas de contraviento (nombre que proviene de que puedan estar concebidas de manera que las dos armaduras resistan conjuntamente la acción transversal del viento). Cada armadura de las que forman las gemelas pueden pertenecer a uno de los tres tipos reseñados anteriormente.

Este tipo tiene, evidentemente, una resistencia doble que una sencilla, es, pues, apta para soportar cargas muy pesadas y cubrir grandes luces, y aún también cuando hayan de estar sometidas a grandes esfuerzos transversales.

Armaduras de nudos rígidos.—Son las compuestas por barras unidas angularmente a los nudos. Se distinguen, las armaduras de alma sencilla—semejantes a las de cartela sencilla—y las de alma doble—semejantes a las de cartela doble.

El cálculo de estas armaduras se funda en el hecho de que las barras están sometidas a un cierto momento de empotramiento, cargas axiales, esfuerzos cortantes y rasantes.

Están sometidas a sollicitaciones *secundarias externas y secun-*

darias internas; las primeras son los esfuerzos normales y cortantes, los momentos de flexión y de torsión que dependen del sistema constructivo. Las secundarias internas son debidas a varias causas; por una parte, a la desigual deformación de los cordones de soldadura y de los elementos que se unen, así como de las dilataciones del temple del material que se emplea. Estas últimas sollicitaciones nacen en el interior de la unión y allí se equilibran.

Para terminar, diremos que, debido a las sollicitaciones secundarias, son numerosos e importantes los factores que influyen en la resistencia de una unión soldada, por cuya razón su cálculo exacto es laborioso y complicado si se han de satisfacer las exigencias de la práctica. En su virtud, el cálculo se simplificará mediante reglas deducidas de la experiencia.

Reglas fundamentales para el cálculo de uniones soldadas.—

Para el cálculo de uniones soldadas en armaduras sometidas a cargas estáticas damos las tres reglas siguientes:

1.ª «Los cordones de soldadura deben resistir a cizallamiento los esfuerzos sollicitantes externos.» De aquí que se fije un tanto por ciento máximo admisible a la tensión por cizallamiento efectiva de los cordones.

2.ª «Las barras a unir, así como las cartelas, no deben ser desgarradas por los cordones de soldadura.» Por cuya razón se limita a un tanto por ciento máximo admisible el cizallamiento efectivo que los cordones de soldadura ejercen sobre los cortes de las barras y sobre las cartelas.

3.ª «Las barras y cartelas deben resistir los esfuerzos exteriores sollicitantes.» Con este motivo se limita a un tanto por ciento máximo admisible la tensión máxima efectiva sobre la sección de las barras y las cartelas.

Por último, remitimos al lector al «Prontuario de Altos Hornos de Vizcaya». (Edición 1.ª de 1944, págs. 79 a 84), para el cálculo de cordones de soldadura.

DATOS PARA EL CÁLCULO

DATOS PARA EL CÁLCULO DE ARMADURAS DE HIERRO

En el cálculo se tendrán en cuenta las siguientes cargas:

1.º *Peso propio de la armadura.*—Este dato no es conocido hasta que se haya calculado la armadura, pero puede recurrirse a la siguiente fórmula empírica para determinar su peso aproximado:

$$P = K \cdot l \frac{s - 1}{H}$$

- siendo: P: Peso en kgs./m² de vertiente.
 l: la luz de la cercha en metros.
 S: la equidistancia de cerchas en metros.
 H: altura de la cercha en metros.
 K: coeficientes que se reflejan en la siguiente tabla.

Tabla de valores de K.

LUCES DE LA ARMADURA	Sin sobrecarga de nieve				Con sobrecarga de nieve			
	Hasta 10 mt.	Hasta 15 mt.	Hasta 20 mt.	Hasta 25 mt.	Hasta 10 mt.	Hasta 15 mt.	Hasta 20 mt.	Hasta 25 mt.
Armaduras ligeras.	1	0,8	0,75	0,70	1,25	1	0,94	0,88
Id. pesadas	1,1	0,9	0,87	0,83	1,38	1,13	1,10	1,04

CERCHAS DE HIERRO Y MADERA

2.º *Peso de la nieve.*—Para cubiertas de pendiente comprendida entre 18 y 33° de 30 a 95 kgs./m² de vertiente, según que la altura máxima de nieve varíe entre 0,40 y 0,80 metros. En cubiertas de unos 40° de inclinación se pueden tomar la mitad de aquellos valores, para inclinaciones de 50° se puede despreciar, pues con esta pendiente la nieve resbala. Como carga corriente se suele tomar 40 kgs./m².

3.º *Peso* de los elementos de cubierta.*—Variable con el tipo de cubierta. Para diferentes tipos se calcula con ayuda de la tabla siguiente:

PESO PROPIO EN KGS./M² DE VERTIENTE, SIN CONTAR EL PESO DE CERCHAS

Peso propio del entramado

Carreras y correas de madera	12 a 15
Cabios, enlatado, chillado, para cubiertas ligeras ...	15 a 25
idem, id., id. de madera para cubiertas pesadas...	25 a 40
Entramado metálico	35 a 50

Peso propio de material de cubierta

Teja común alomada, en capa doble	70 a 80
Id., id., id, en capa triple	100 a 120
Teja plana (14 a 20 tejas/m ²)	30 a 37
id. id. asentadas sobre rasilla	90 a 110
Pizarras de 3 ó 4 m/m (45 a 55 piezas/m ²)	30 a 35
idem de 6 a 9 m/m (22 a 24 piezas/m ²)	35 a 50

DATOS PARA EL CÁLCULO

Chapa lisa de zinc de 1 m/m de espesor	6 a 8
ídem ondulada de zinc de 1 m/m de espesor	8 a 10
ídem, íd. galvanizada de 1 m/m de espesor sobre an- gulares	15 a 20
Vidrio de 4 m/m. (anchura 45 cms.)	8 a 12
ídem de 5 m/m. (anchura 55 cms.)	13 a 16
ídem de 10 a 12 m/m.	30 a 32
Chapa de plomo de 3,5 m/m. de espesor	35 a 40
Una capa de cartón embetunado	5
Dos capas de cartón embetunado	14
Para cubiertas de fibrocemento, véase pág. 19 y siguientes.	

4.° *Peso del cielo raso.*—Se estima en 25 kgs./m² el cielo raso de cañizo y en 70 kgs./m² si es con cestones y adornos. Estos pesos reducidos a cargas concentradas, se suponen aplicadas a los nudos inferiores.

5.° *Presión del viento.*—(Fig. 49). El viento, al actuar sobre una superficie normal a su dirección, origina una presión de 125

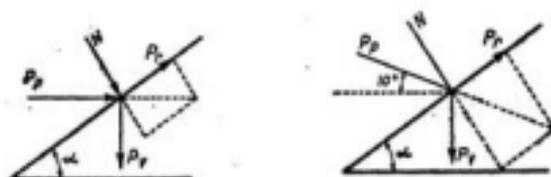


Fig. 49

a 250 kgs./m², aproximadamente, en función de su velocidad, pero si la superficie sobre que choca es oblicua, sólo debe tomarse en consideración su componente normal (N), ya que la que se dirige a lo largo de la superficie no ejerce presión alguna (Pr, presión de resbalamiento).

CERCHAS DE HIERRO Y MADERA

Siendo α el ángulo de pendiente de la superficie (inclinación de la cubierta), la presión del viento será:

$$N = P_p \cdot \text{sen } \alpha$$

y en la hipótesis *frecuente* de que la dirección del viento forme un ángulo de 10° con la horizontal, será:

$$N = P_p \cdot \text{sen}(\alpha + 10^\circ)$$

tomando los valores P_p de la tabla siguiente:

Tabla de presión del viento

Clase de viento	Velocidad en mts./seg.	P_p kgs./m ² (aprox.)
Regular.....	9	10
Fuerte.....	13	20
Muy fuerte.....	15	30
Temporal.....	18	40
Id. fuerte.....	21	55
Id. muy fuerte.....	27	90
Tempestad.....	32	125
Id. violenta.....	35	150
Huracán.....	38	200
Id. violento.....	43	250

NOTA.—Las fórmulas «teóricas» de Newton, a veces empleadas, son: $N = P_p \cdot \text{sen}^2 \alpha$ y $N = P_p \cdot \text{sen}^2 (\alpha + 10^\circ)$, nosotros utilizaremos las indicadas arriba (como más desfavorables) para prevenirnos contra la violencia de las ráfagas y los torbellinos del viento.

DATOS PARA EL CÁLCULO

Para diferentes pendientes de cubierta y diversas presiones de viento, la siguiente tabla da los valores de las presiones normales (N) en kgs./m².

Tabla de presiones normales (N) en kgs./m² debidas al viento, con indicaciones de las pendientes más corrientes y ángulos de inclinación

Pendiente =	1/1	1/1,5	1/2	1/2,5	1/3	1/3,5	1/4
Angulo α =	45°	33° 40'	26° 40'	21° 50'	18° 25'	16°	14°
$N = 125 \text{ (Kgs./m}^2\text{)}. \text{sen } \alpha$	89	69	56	46	40	34	30
$N = 150 \text{ (Kgs./m}^2\text{)}. \text{sen } \alpha$	106	83	67	56	47	41	36
$N = 200 \text{ (Kgs./m}^2\text{)}. \text{sen } \alpha$	141	111	90	74	64	55	48
$N = 125 \text{ (Kgs./m}^2\text{)}. \text{sen } (\alpha + 10)$	102	86	75	66	59	55	51
$N = 150 \text{ (Kgs./m}^2\text{)}. \text{sen } (\alpha + 10)$	123	103	90	79	71	66	61
$N = 200 \text{ (Kgs./m}^2\text{)}. \text{sen } (\alpha + 10)$	164	138	120	106	95	88	81

Para análisis exactos se suele efectuar un cálculo para las cargas verticales (peso propio + material de cubierta + cicloraso + nieve) y otro para la presión del viento, normal a la cubierta en su vertiente de apoyo fijo y sumar algebraicamente las tensiones que se obtengan en cada barra.

En armaduras corrientes es frecuente transformar la presión del viento normal a la cubierta (N) en la presión vertical (Pv) para así sumársela a las cargas verticales y efectuar un solo cálculo con

CERCHAS DE HIERRO Y MADERA

todas ellas (un solo Cremona, por ejemplo, si se utilizara este método de cálculo)

$$P_v = P_p \cdot \operatorname{sen} (\alpha + 10^\circ) \cos \alpha$$

y en proyección horizontal:

$$P_v = P_p \cdot \operatorname{sen} (\alpha + 10^\circ)$$

BREVES IDEAS FUNDAMENTALES PARA EL CALCULO
DE CUCHILLOS TRIANGULADOS

Todo cuanto se expone se supone sobradamente conocido por los lectores, por lo que no indicaremos más que ideas fundamentales a título de recordatorio.

Los cuchillos de cubierta son estructuras trianguladas que resultan de unir con articulaciones un cierto número de barras rectas formando una red de triángulos.

En algunos casos estas barras pueden ser curvas, no obstante para el cálculo, se consideran como rectas.

Para que tres nudos queden unidos rigidamente se precisan tres barras de longitud invariable; para fijar un cuarto nudo —en su mismo plano— al triángulo anterior, son suficientes dos barras más; un quinto nudo precisará otras dos barras más, y así sucesivamente por cada nuevo nudo se precisan dos barras, por lo tanto para fijar los n nudos que tenga una armadura se precisarán:

$$3 + (n - 3) \cdot 2 = 2n - 3 \text{ barras}$$

es decir, un número impar.

Un entramado con un número par de barras tiene más barras

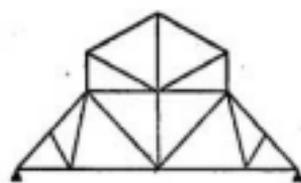


Fig. 50

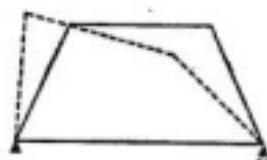


Fig. 51

de las necesarias (entramado hiperestático) (fig. 50), o es deformable (fig. 51).

CERCHAS DE HIERRO Y MADERA

Cuando tenemos diagonales cruzadas, no se consideran como nudos los puntos de intersección de las mismas; entonces se desdobra la figura en dos estructuras simétricas, como por ejemplo, la viga en celosía de la figura 52, con carga mitad para cada una.

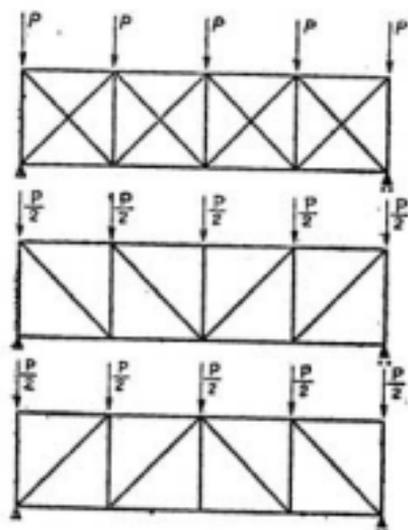
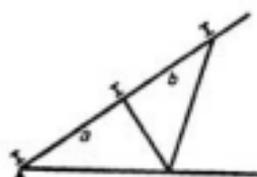


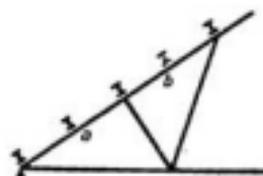
Fig. 52

Las correas apoyan sólo en los nudos o bien, además de hacerlo en estos puntos, lo hacen en intermedios de cada barra. En el primer caso, las barras trabajan solamente a tracción o compresión. En el segundo trabajan a tracción y compresión y además a flexión (considerada como isostática la que recibe directamente la acción

de las cargas—cargas de las correas— (figura 53).



Las barras a y b trabajan solo axialmente.



Las barras a y b trabajan a flexión y axialmente.

Fig. 53

Para el cálculo de las fatigas en el primer caso basta aplicar la fórmula:

$$\sigma_a = \frac{P}{S} \quad (\text{teniendo en cuenta el pandeo})$$

DATOS PARA EL CÁLCULO

siendo P la fuerza de compresión o tracción (en kgs.), S , el área de la sección de la barra (en cm^2) y σ la fatiga en kgs./cm^2 .

Cuando tenemos además flexión, se aplicará:

$$\sigma = \frac{P}{S} + \frac{M}{W}$$

siendo M el momento de flexión (en cm.-kgs.) y W el módulo resistente de la sección (en cm^3).

La conveniencia de cargar la armadura en los nudos o de cargarla en nudos y barras sólo podemos averiguarlo por tanteos, viendo la solución más económica.

Cuando tengamos barras curvas ya hemos dicho que las sustituimos por rectas, considerando las cuerdas como tales barras. Entonces, al estudiar las compresiones o tracciones (P) según la barra AC (fig. 54), vemos que, debido a la flecha f tenemos un momento que vale la citada fuerza P por f . Debemos calcular este cordón curvo por la fórmula:

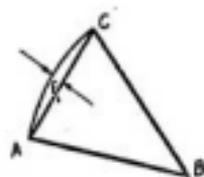


Fig. 54

$$\sigma = \frac{P}{S} + \frac{M}{W} \quad \text{siendo } M = P \cdot f$$

LIGERO ESBOZO DE LOS METODOS DE CALCULO

Para el cálculo de los cuchillos, los métodos de cálculo más empleados son «Cremona» y «Ritter». Para el desarrollo de estos métodos se supone un apoyo fijo y el otro deslizante, con objeto de tener reacciones perfectamente determinables; la del apoyo deslizante siempre es vertical (generalmente normal al apoyo). Como cargas se consideran el peso de la cubierta, peso propio de la armadura, nieve y viento.

Método de Cremona o de las figuras recíprocas.—No describiremos el fundamento, dando únicamente un guión de las operaciones a realizar como recordatorio.

1.º Dibujar a escala (bastante grande) el entramado o sólo la mitad si es simétrico.

2.º Asignar a cada barra un número, empezando por el cordón superior, seguir luego por el cordón inferior y a continuación a las barras de relleno.

3.º Determinar las cargas que actúan en cada nudo (las que transmiten las correas directamente + las reacciones de las cargas que actúan en el vano de las barras, si existieran).

4.º Calcular las reacciones A y B (apoyos de la armadura). Para ello basta encontrar la resultante de las cargas que actúan contra la cercha. Como sabemos que la reacción del apoyo deslizante es vertical, la otra reacción tiene que pasar por el punto de encuentro de la resultante y de la reacción del apoyo deslizante. Este punto de encuentro puede estar en el infinito (rectas paralelas). El problema queda reducido a descomponer una fuerza en dos direcciones, lo que se puede lograr gráfica o analíticamente (fig. 55).

DATOS PARA EL CÁLCULO

La resultante R de P_1 , P_2 y P_3 se descompone en dos direcciones OB (vertical) y OA , dándonos las dos reacciones R_1 y R_2 . Analíticamente se calcula expresando las ecuaciones de la estática: suma de componentes horizontales y verticales igual a cero (dos ecuaciones) y suma de momentos con respecto a A ó B igual a cero (una ecuación).

5.º Construir un polígono de fuerzas paralelas a las dadas, recorriendo el entramado en sentido de las agujas de un reloj.

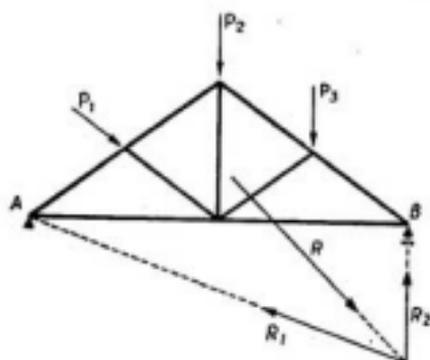


Fig. 55

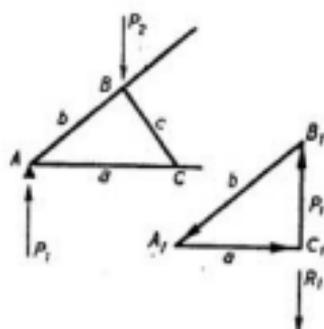


Fig. 56

6.º Determinar y señalar en el entramado las barras que no trabajan. Esto ocurre:

- a) Cuando se reúnen dos barras en un nudo descargado.
- b) Cuando de tres barras que concurren en un nudo descargado, dos de ellas llevan la misma dirección, la tercera no trabaja.

7.º Formar una tabla para indicar los esfuerzos determinados, asignándoles un signo (+ compresión, — tracción) y efectuar sobre ella el resumen de cálculo. (Las que utilizamos en el ejercicio del final de esta obra son los más cómodos).

8.º Aplicar el Método de Cremona o de las figuras recíprocas como sigue:

Si tenemos un triángulo ABC (fig. 56) (de una cierta estruc-

tura, por ejemplo, el primer triángulo de apoyo de la izquierda), la fuerza P_1 debe estar en equilibrio por los esfuerzos que vengan al punto A por las barras a y b. Formamos el triángulo recíproco $A_1 B_1 C_1$, en el que el lado $B_1 C_1$ vale P_1 . Tenemos así la magnitud y el sentido de las fuerzas que actúan en a y b, sobre b la fuerza es de compresión (flecha en dirección al nudo A, que es el que estamos estudiando), sobre a es de tracción (flecha en dirección al nudo opuesto al A). Al pasar a estudiar el nudo B la fuerza de b (como ya sabemos que es de compresión), debemos considerarla en dirección a ese nuevo nudo.

Vemos aquí las leyes fundamentales de la «figura recíproca». A un sistema de tres fuerzas concurrentes (fuerzas P_1 , a y b concurrentes en A) corresponde un triángulo en la figura de fuerzas y viceversa: todo triángulo de fuerzas en el esquema de la cercha tiene su recíproco de tres fuerzas concurrentes en el esquema de fuerzas.

9.º El orden a seguir en los nudos debe ser tal que solo tengamos en cada uno dos barras desconocidas.

10.º El diagrama de Cremona (diagrama de fuerzas) debe cerrarse con exactitud.

11.º Cuando se llegue a un nudo en que se desconozcan las tensiones de dos barras se intentará seguir por otro nudo, pero si no es posible se aplicará el método de Ritter.

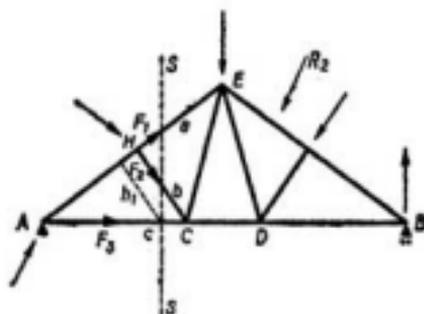


Fig. 57

Método de Ritter.—Si un cuchillo está equilibrado, la suma de los momentos de todas las fuerzas actuantes respecto a cualquier punto de su plano debe ser nula (figura 57).

Si damos un corte s-s al cuchillo A-B, éste queda dividido en dos partes, cada

DATOS PARA EL CÁLCULO

una de las cuales debe estar en equilibrio. Eso exige que las fuerzas (cargas) situadas a la derecha o izquierda de s-s estén compensadas por las tensiones que les llegan por las barras a, b, c. Luego si llamamos R_2 a la resultante de las cargas a la derecha de s-s (incluyendo la reacción en B) y tomamos momentos respecto de un punto cualquiera (c, por ejemplo), el momento de esta resultante tiene que ser igual a la suma de los momentos de las tres tensiones F_1, F_2, F_3 respecto de c.

Pero los momentos de F_2 y F_3 son nulos por pasar las fuerzas por c. Nos queda sólo el momento de F_1 respecto de c, que debe ser igual al momento de R_2 . Llamando M_2 a este momento, se tendrá:

$$F_1 \cdot h_1 = M_2 \quad F_1 = \frac{M_2}{h_1}$$

siendo h_1 la longitud de la perpendicular trazada desde c a la fuerza F_1 o su prolongación.

Si tomamos momentos respecto al punto H se anulan los producidos por las fuerzas F_2 y F_1 y nos queda sólo la F_3 , que determinamos como hemos hecho anteriormente para calcular F_1 .

Para determinar la fuerza F_2 basta tomar momentos respecto al punto de intersección de F_1 y F_3 , que en este caso particular coincide con el apoyo A, pero que, en general, será un punto cualquiera.

Sentidos.—Las fuerzas incógnitas deben dar momentos de signo contrario respecto a los diversos puntos (c, H o A) que los producidos por la fuerza R_2 . Deben de tender a producir giros en sentidos contrarios expresándolos de esta manera.

Como es natural, en lugar de R_2 se puede emplear la fuerza R_1 , pues las tensiones en las mismas barras deben ser idénticas. En lugar de los momentos de R_1 y R_2 se pueden emplear la suma algebraica de los momentos de las fuerzas situadas a la izquierda o derecha de s-s.

Cálculo del enlistonado.—(Fig. 58.) Mecánicamente, el listón (AB, por ejemplo) es una pieza apoyada en varios puntos (los cabios) y sometida a la acción de una carga repartida uniforme (peso

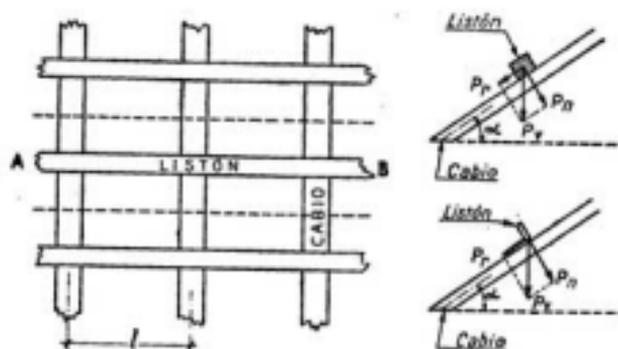


Fig. 58

de las tejas, nieve, etc.), limitada por las líneas de puntos que se dibujan.

Representando por l la luz o distancia entre apoyos, el momento flector máximo se determina por la fórmula:

$$M_{\max} = \frac{1}{8} P_v \cdot l^2$$

siendo P_v la carga por metro lineal uniforme vertical.

Ahora bien, se admite que la carga P_v está aplicada al centro de gravedad del listón, por lo que producirá las componentes:

$$P_n = P_v \cdot \cos \alpha \quad (\text{normal al cabio}).$$

$$P_t = P_v \cdot \sen \alpha \quad (\text{paralelo a la vertiente})$$

DATOS PARA EL CÁLCULO

que producen los momentos máximos:

$$M_x = \frac{1}{8} P_n \cdot l^2 = \frac{1}{8} P_v \cdot l^2 \cdot \cos \alpha$$

$$M_y = \frac{1}{8} P_t \cdot l^2 = \frac{1}{8} P_v \cdot l^2 \cdot \operatorname{sen} \alpha$$

con cuyos momentos, aplicando la fórmula general de resistencia, escribimos:

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$$

siendo W_x y W_y los momentos resistentes correspondientes a los ejes XX e YY.

La suma de ambas fatigas deberá ser, como máximo, igual a la ordinaria de trabajo del material que se utiliza (generalmente: de 50 a 60 Kgs./cm² para la madera y 1.200 Kgs./cm² para el acero), siempre que los ejes principales de inercia de la pieza sean paralelos y perpendiculares a la inclinación de la vertiente.

El enlistonado es generalmente de madera (secciones cuadradas y rectangulares) y muy rara vez de perfiles laminados (L, T, U).

NOTA.—Por la pequeña categoría de las barras no suele, por regla general, calcularse un enlistonado.

Cálculo de cabios.—Reciben la carga de los listones y se apoyan sobre las correas con inclinación o pendiente igual a la de la vertiente de la armadura. Se emplean metálicos cuando reciben enla-

tado metálico (aunque muy poco frecuente) con perfiles L y doble T. Corrientemente son de madera.

Para el cálculo se consideran como simplemente apoyados y cargados uniformemente a razón de P Kgs. por metro lineal, con luz igual a la proyección horizontal y que designamos por l.

El momento flector máximo se calcula por:

$$M_{\max} = \frac{1}{8} P \cdot l^2$$

tanto si está formado por una viga simple con apoyos en dos correas contiguas (momento máximo en el centro = $\frac{1}{8} P \cdot l^2$) como si es viga continua de dos tramos (momento máximo en el apoyo central = $\frac{1}{8} P \cdot l^2$).

El esfuerzo cortante se calcula por:

$$C_{\max} = \frac{1}{2} P \cdot l^2 \cdot \cos \alpha$$

siendo α el ángulo de inclinación, igual al de la vertiente, como ya dijimos.

Cálculo de correas.—Cabe distinguir dos casos: correas situadas en posición vertical y situadas normales al tendido de la cubierta (normales a la vertiente). En ambos casos se encuentran sometidas a flexión asimétrica.

Admitiendo, como siempre, que las cargas actúan en sentido del eje YY de la pieza, siendo a la separación entre correas, y llamando N a la presión del viento normal a la cubierta, tendremos (fig. 59):

«Carga total según el eje YY».

$$P_y = (N + P_v \cdot \cos \alpha) \cdot a$$

DATOS PARA EL CÁLCULO

«Carga total según el eje XX».

$$P_x = P_v \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot a$$

Momentos producidos por estas cargas (considerando las correas apoyadas en las cerchas) para la luz l (separación entre cerchas).

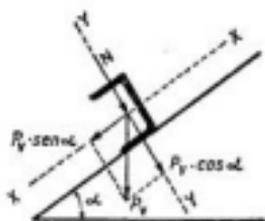


Fig. 59

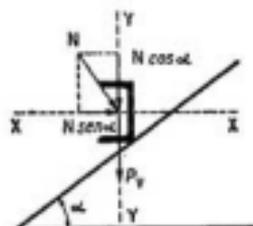


Fig. 60

$$M_x = \frac{x}{8} P_y \cdot l^2 = \frac{x}{8} (N + P_v \cos \alpha) \cdot a \cdot l^2,$$

$$M_y = \frac{x}{8} P_x \cdot l^2 = \frac{x}{8} P_v \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot a \cdot l^2$$

En la figura 60.

«Carga total según el eje YY».

$$P_y = (P_v + N \cdot \cos \alpha) \cdot a$$

«Carga total según el eje XX».

$$P_x = N \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot a$$

Momentos producidos por estas cargas en las mismas hipótesis del caso anterior.

$$M_x = \frac{x}{8} P_y \cdot l^2 = \frac{x}{8} (P_v + N \cdot \cos \alpha) \cdot a \cdot l^2,$$

$$M_y = \frac{1}{8} P_x \cdot l^2 = \frac{1}{8} N \cdot \operatorname{sen} \alpha \cdot a \cdot l^2,$$

Fatigas máximas para ambos casos:

Resulta de la suma de las fatigas de la flexión con relación a los dos ejes principales:

$$\sigma = \sigma_x + \sigma_y = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

En general, el momento de flexión con respecto al eje YY es mucho menor que el correspondiente al XX, para inclinaciones usuales, y en proporción aun menor el momento resistente.

Del cálculo se puede despreciar el peso propio del material.

Con los ábacos que se insertan a continuación, el cálculo se facilita extraordinariamente, pues queda reducido a determinar las cargas P_x y P_y . Con estos valores y con la luz calculamos los momentos M_x y M_y (iguales a $\frac{1}{8} P_y l^2$ y a $\frac{1}{8} P_x l^2$, respectivamente), con los que se entra en el ábaco de la pág. 59 para perfiles \square o en el de la pág. 60 para perfiles Γ dando el tipo de perfil, así como el peso por metro lineal para tenerlo en cuenta en el presupuesto.

Manejo del ábaco de la pág. 61.—Cálculo de cables y correas a flexión.

Unase p (Kgs./m. l.) con L (mts.) por una línea recta, dando en M (mKgs.) el momento de flexión; únase ahora este valor con cm (Kgs./m²) con otra alineación recta, y en su prolongación dará en R_x (cm³) madera el valor del momento resistente o la escuadría de la madera si se lee a la derecha de esta escala.

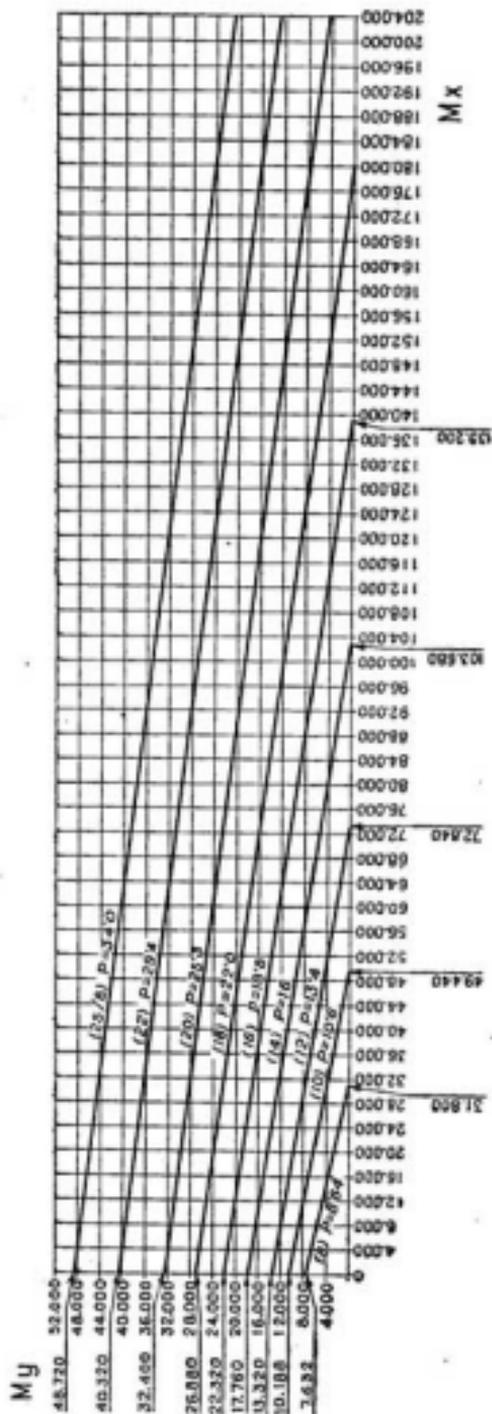
Coincidiendo con la escala M (mKgs.) y a su derecha, figura el valor del momento resistente del acero R_x (cm³) acero para 1.200 Kgs./cm² de fatiga.

PAÑDEO.—Deben comprobarse a «pandeo» todas las barras que trabajan a compresión.

CÁLCULO DE CORREAS

Momentos en cms. Kgs.

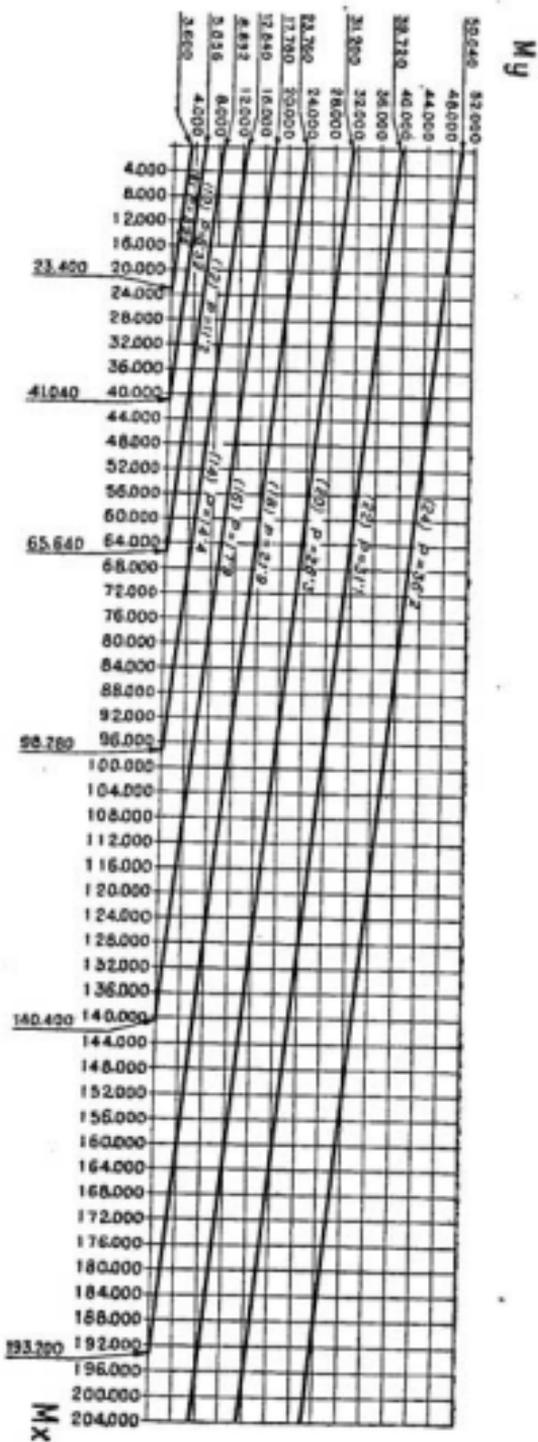
Perfiles C a emplear



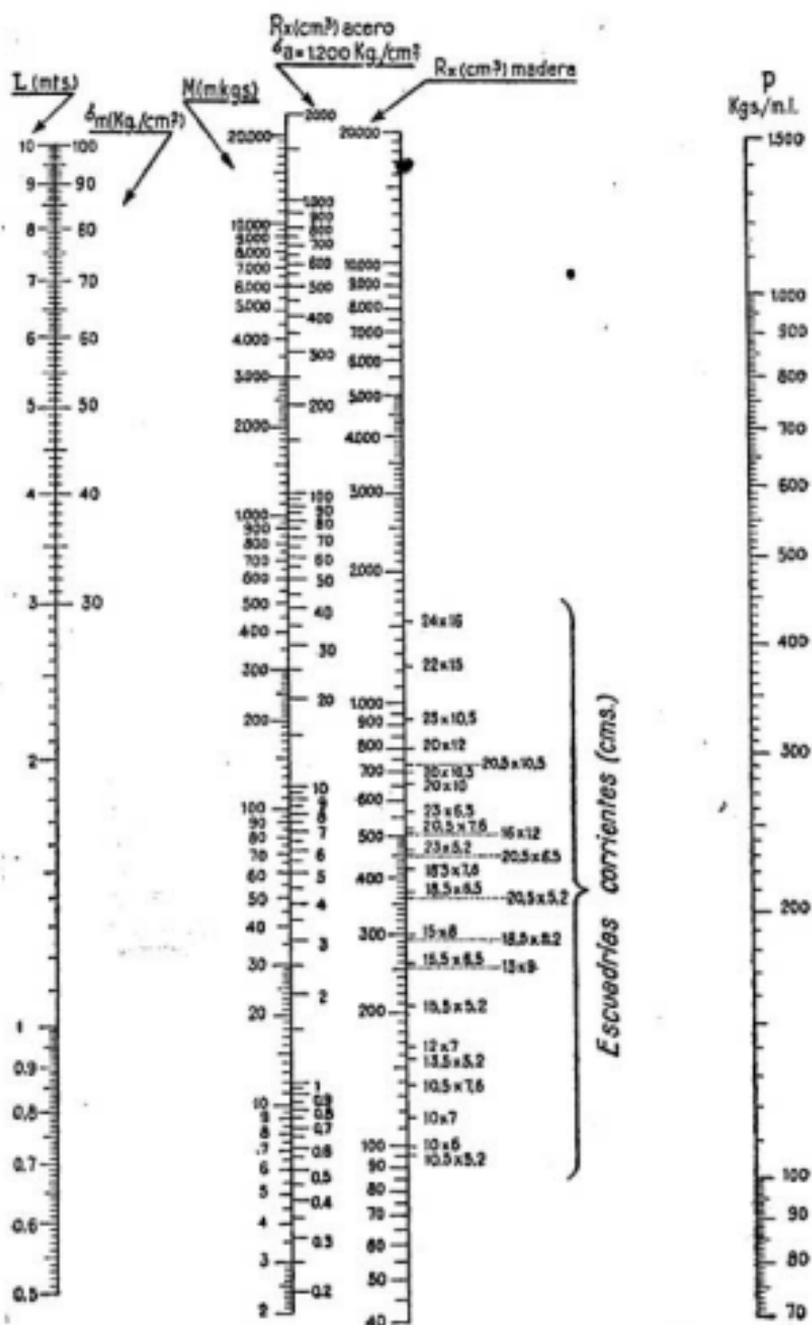
CÁLCULO DE CORREAS

Momentos en cm.Kgs.

Perfiles I a emplear

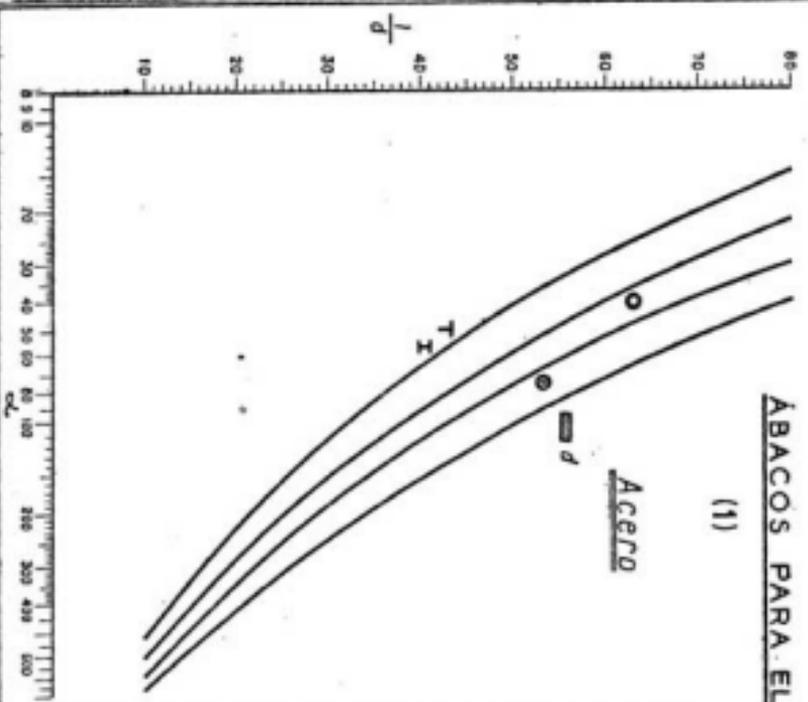


CÁLCULO DE CABIOS Y CORREAS A FLEXIÓN.

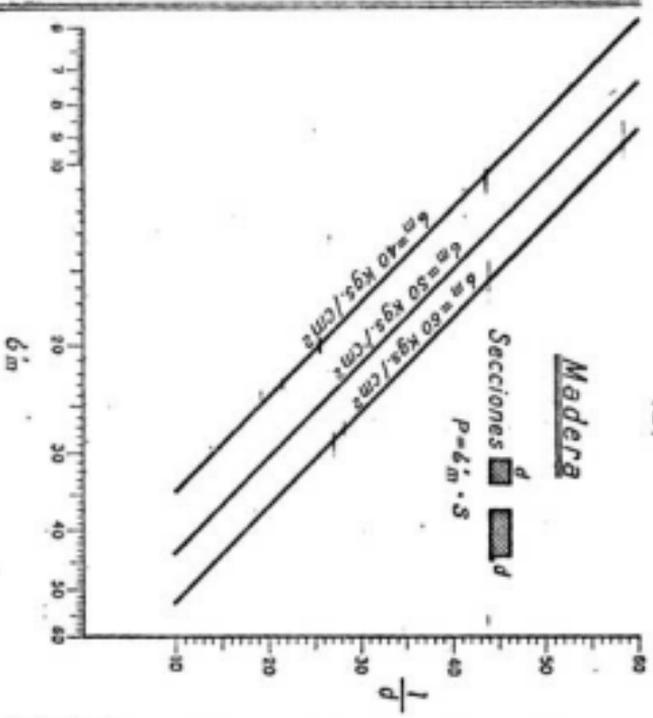


ÁBACOS PARA EL CÁLCULO DE PIEZAS A PANDEO

(1)



(2)



DATOS PARA EL CÁLCULO

El «pandeo», flexión lateral o flexión axial aparece cuando la relación entre la longitud de la pieza y su menor dimensión transversal excede de cierto límite. En este caso la pieza se encorva a causa de su excesiva longitud y con tanta más facilidad cuanto mayor es ésta en relación a aquélla.

ACERO

Lo más sencillo y rápido es efectuar el cálculo por la fórmula:

$$P = \frac{\alpha \cdot \sigma_a \cdot S \cdot K}{1.000}$$

siendo:

P, la carga o esfuerzo a resistir en Kgs.

α , coeficiente de pandeo (función de la esbeltez) que se obtiene del ábaco (1) de la pág. 62.

σ_a , fatiga del material en Kgs./mm².

S, área de la sección transversal de la pieza en cm².

K, coeficiente función del caso de sustentación (figs. 61, a-b-c y d).

Para piezas de madera resulta más cómodo utilizar la siguiente fórmula:

$$P = S \cdot \sigma'_m$$

en la que:

P, la carga o esfuerzo a resistir en Kgs.

S, área de la sección transversal de la pieza en cm².

σ'_m , fatiga a pandeo obtenida con auxilio del ábaco (2) de la página 62 en función de la esbeltez y de la fatiga asignada a la madera.

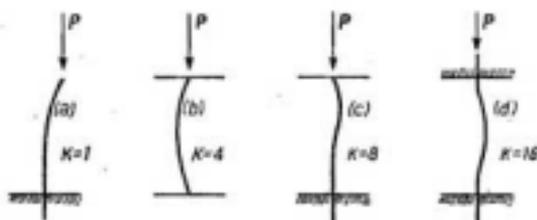


Fig. 61

**MANEJO DE LOS GRAFICOS,
ABACOS Y TABLAS QUE SE
INSERTAN A CONTINUACION**

Aparece en primer lugar una lámina con los 20 principales tipos de cerchas más comúnmente empleadas, numeradas convenientemente para elegir la que más convenga.

En la página siguiente presentamos dos ábacos de líneas trigonométricas de uso más frecuente.

A continuación damos para cada modelo el Cremona correspondiente, las fórmulas analíticas que resuelven las cerchas, ábacos para el cómodo cálculo de estas fórmulas y unas 40 cerchas resueltas por término medio.

Con los ábacos no es necesario calcular las fórmulas, pues basta entrar en ellos con la pendiente de la cercha y continuando por la horizontal correspondiente hasta que corte a la curva de la barra, para a continuación leer en el eje de abscisas un coeficiente, el cual, multiplicado por la carga calculada para el nudo (P), nos da el esfuerzo en la barra; con eso nos evitamos calcular fórmulas trigonométricas y dibujar Cremonas, y operando con la regla de cálculo basta señalar en ella la carga por nudo y luego correr el cursor señalando los valores del ábaco para obtener los esfuerzos.

Figuran también unas fórmulas analíticas que nos dan el esfuerzo suplementario en las barras por efecto de una carga aislada en cumbreira (P_c)—producida, por ejemplo, por media cercha que apoya sobre aquella—. Se aplica el método de superposición de efectos, calculando primero los esfuerzos para las cargas P , y luego se calculan los producidos por P_c sumando ambos. En estas fórmulas figuran coeficientes que se leen en los ábacos.

Nomenclatura

$P_1, P_2, \dots P_n$ = Cargas iguales por nudo a las que llamamos P.

El efecto del viento se considera como una carga vertical más.

$C_1, C_2, \dots C_n$ = Compresiones en las barras 1, 2, ... n.

$T_1, T_2, \dots T_n$ = Tracciones en las barras 1, 2, ... n.

K_{c1} = Coeficiente que se lee en el ábaco para C_1 , en función de la pendiente.

K_{t1} = Coeficiente que se lee en el ábaco para T_1 , en función de la pendiente.

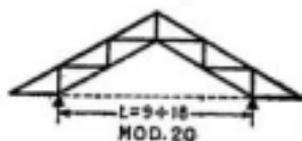
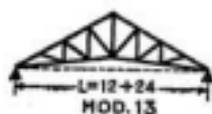
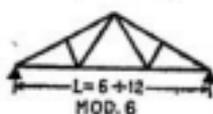
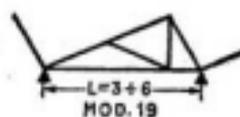
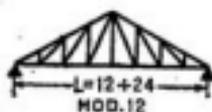
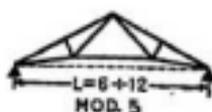
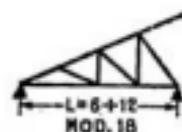
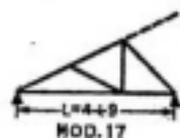
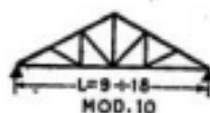
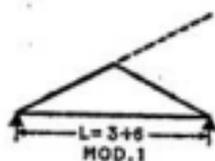
CERCHAS TIPO DE MADERA

Se describen tres tipos de las más corrientemente empleadas. Para cada modelo figuran los esfuerzos a que están sometidas las barras, en función de las cargas por m. l. del par. Estas cargas son de 700 Kgs./m. l., lo cual corresponde a un peso de 200 Kgs.m² y separación entre cerchas de 3,50 mts. Como es lógico, permite otras combinaciones de carga y separación. Además están calculados los esfuerzos en función de la pendiente de la cubierta (del 25 %, del 50 % y del 75 %). Se procura utilizar las escuadrías corrientes de tablonets para conseguir la máxima economía.

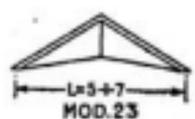
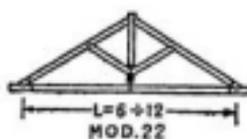
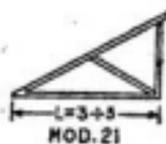
También se incluye una pequeña tabla para cubiertas de Uralita.

La nomenclatura es la misma que la utilizada para cerchas de hierro, y el manejo de las tablas se comprende a la simple inspección de las mismas.

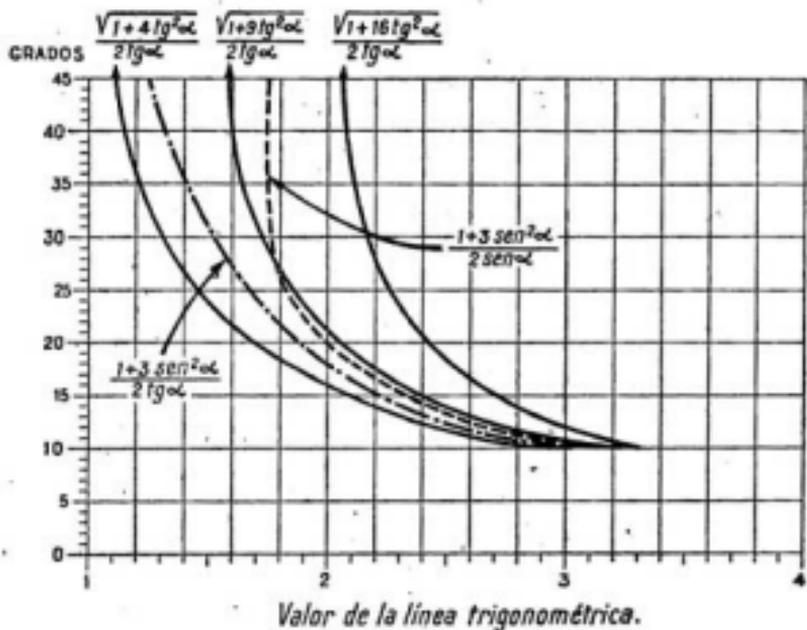
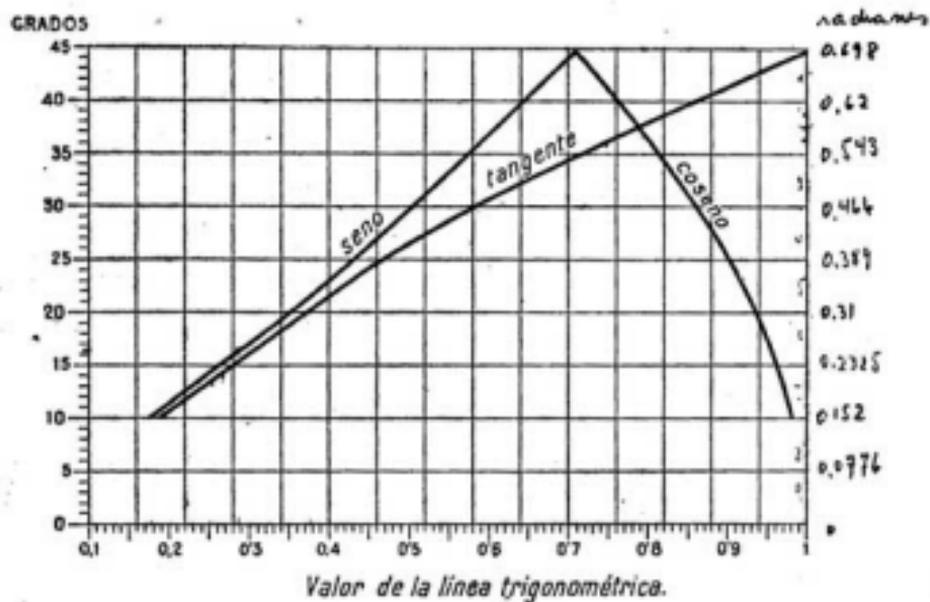
CERCHAS TÍPICAS DE HIERRO



DE MADERA



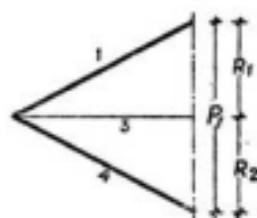
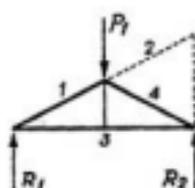
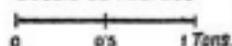
ÁBACOS DE VALORES TRIGONOMÉTRICOS



Modelo 1. - Para luces entre 3 y 6 mts.

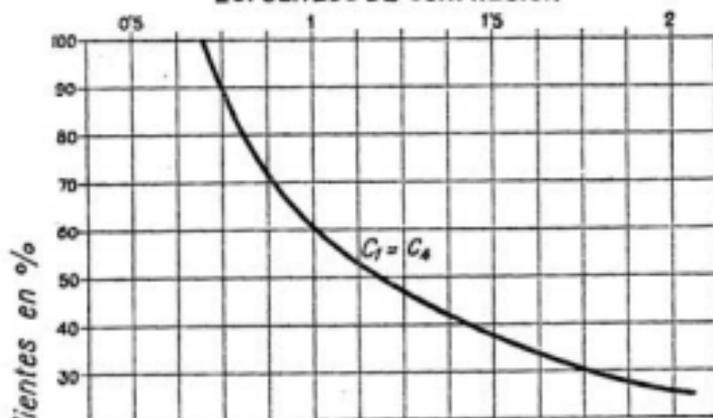
$P_1 = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 0.5 \text{ Tons.}$
 $p = 50\%$ $\alpha = 26^\circ 30'$

Escala de fuerzas

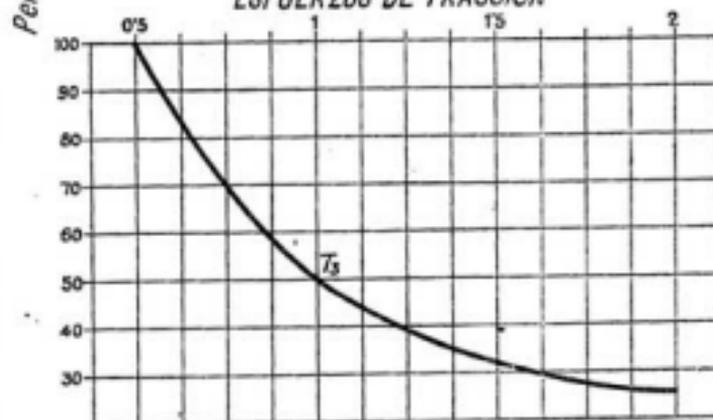


La barra 2 es de anclaje en media cercha y no existe en cercha simétrica.

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN

Nº	ESFUERZO	LUZ 3 MTS.	LUZ 4 MTS.	LUZ 5 MTS.	LUZ 6 MTS.	P
1	693	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	600Kgs.
2	—	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	
1	1.155	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	1000 Kgs.
2	—	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	
1	1.730	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	1500 Kgs.
2	—	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	
1	2.310	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x7	2000Kgs.
2	—	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	
1	2.890	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x7	2L50x60x9	2500Kgs.
2	—	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	
1	3.460	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x7	2L50x70x7	3000 Kgs.
2	—	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	

TRACCIÓN

Nº	P=600Kgs.		P=1000Kgs.		P=1500Kgs.		P=2000Kgs.		P=2500Kgs.		P=3000Kgs.	
	ESFM	PERFILES	ESFM	PERFILES	ESFM	PERFILES	ESFM	PERFILES	ESFM	PERFILES	ESFM	PERFILES
3	600	1L25x40x45	1000	1L25x40x45	1500	1L25x40x45	2000	1L25x40x45	2500	1L25x40x45	3000	1L30x60x4

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms.)

Nº	Para luces en metros de:			
	3	4	5	6
1	169	225	282	338
2	169	225	282	338
3	300	400	500	600

Fórmulas analíticas - $R_1 = P$.

$$C_1 = \frac{P}{2 \operatorname{sen} \alpha}$$

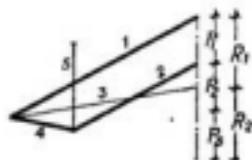
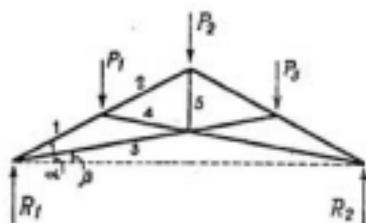
$$C_2 = 0$$

$$T_3 = \frac{P}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

Modelo 2. - Para luces entre 6 y 12 mts.

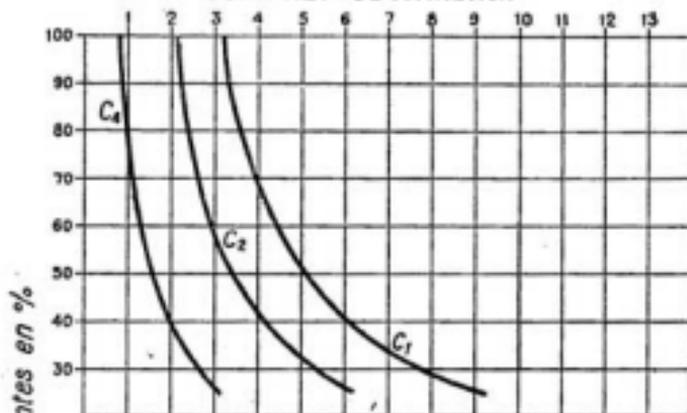
$P_1=P_2=P_3=1$ Ton. $R_1=R_2=1.5$ Tons.
 $p=50\%$ $\alpha=26^{\circ}30'$

Escala de fuerzas $\frac{1}{1}$ Ton.

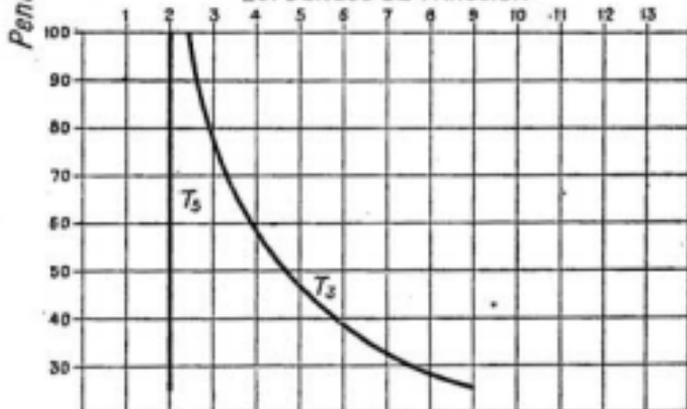


(Medio diagrama)

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN									
Nº	ESPA	LUZ 6 MTS.	LUZ 7 MTS.	LUZ 8 MTS.	LUZ 9 MTS.	LUZ 10 MTS.	LUZ 11 MTS.	LUZ 12 MTS.	P
1	3.000	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x5	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x60x9	600 Kgs.
2	2.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	930	id.	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	5.100	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x6	1000 Kgs.
2	3.350	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	1.550	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	7.650	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x10	2L50x80x10	1500 Kgs.
2	5.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	2.300	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x5	
1	10.200	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x11	2000 Kgs.
2	6.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	3.100	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7	
1	12.750	2L50x60x9	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x11	2L70x100x9	2500 Kgs.
2	8.400	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	3.660	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L45x60x7	2L40x65x7	2L50x70x7	
1	15.300	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x9	2L70x100x10	2L70x100x12	3000 Kgs.
2	10.050	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	4.650	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x8	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x9	

TRACCIÓN						
Nº	P = 600 Kgs.	P = 1000 Kgs.	P = 1500 Kgs.	P = 2000 Kgs.	P = 2500 Kgs.	P = 3000 Kgs.
	ESPA PERFILES	ESPA PERFILES				
3	2.760 1L25x40x4	4.600 1L40x50x5	6.900 1L40x50x5	9.200 1L40x65x7	11.500 1L50x80x9	13.800 1L50x70x9
5	1.200 1L15x25x4	2.000 1L20x30x4	3.000 1L25x40x4	4.000 1L40x50x5	5.000 1L40x50x5	6.000 1L40x50x5

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms.)

Nº	Para luces en metros de:						
	6	7	8	9	10	11	12
1	169	197	225	252	281	310	340
2	169	197	225	252	281	310	340
3	304	356	406	458	508	558	610
4	152	178	203	229	254	279	305
5	100	117	134	150	167	184	200

Fórmulas analíticas - $P_1 = P_2 = P_3 = P_c$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{3}$$

$$C_1 = \frac{15P}{\operatorname{sen} \alpha - \operatorname{cos} \alpha \operatorname{tg} \beta} = C_2 C_1 C_4 \operatorname{cos} (\mu + \beta) - P \operatorname{sen} \alpha$$

$$T_3 = \frac{15P}{\operatorname{cos} \beta \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{sen} \beta} = C_4 = \frac{P}{\operatorname{cos} \beta \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{sen} \beta}$$

$$T_3' = 2P$$

Carga en cumbrera: P_c

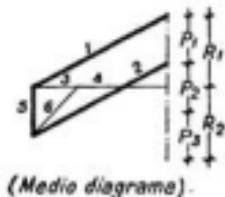
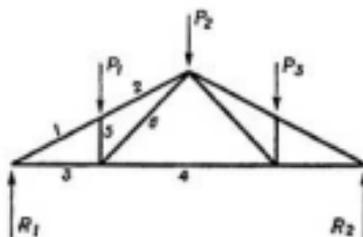
$$C_1 = C_2 = K_{C_1} \cdot 0,33 \cdot P_c$$

$$T_3 = K_{T_3} \cdot 0,33 \cdot P_c$$

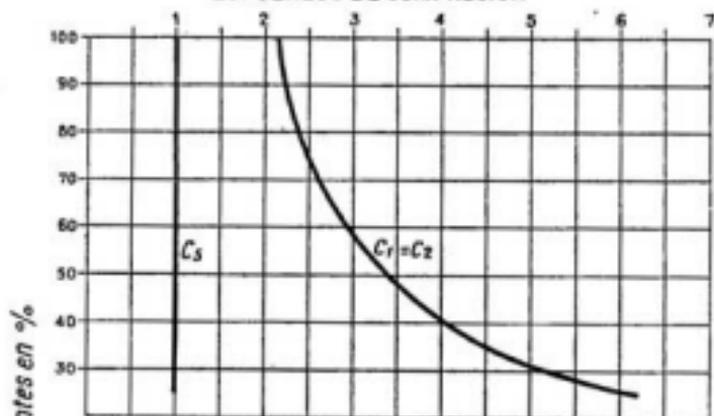
Modelo 3.-Para luces entre 6 y 12 mts.

$P_1 = P_2 = P_3 = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 15 \text{ Tons.}$
 $p = 50\%$ $\alpha = 26^\circ 30'$

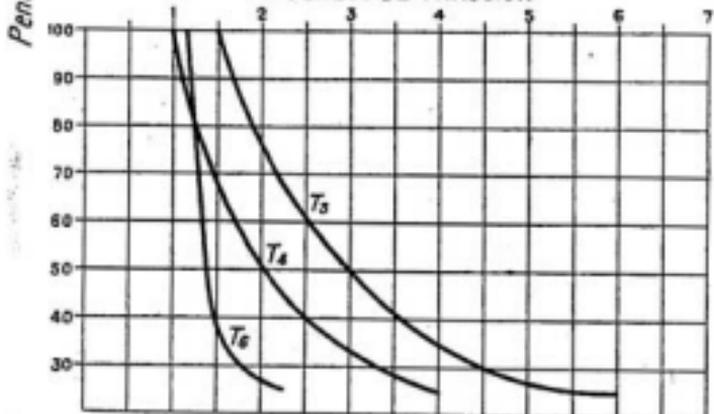
Escala de fuerzas $\rightarrow 1 \text{ Ton.}$



ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN									
Nº	ESPEJ. LUZ 6 MTS.	LUZ 7 MTS.	LUZ 8 MTS.	LUZ 9 MTS.	LUZ 10 MTS.	LUZ 11 MTS.	LUZ 12 MTS.	P	
1	2.340	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x8	2L45x60x7	2L40x65x7	600 Kgs.
2	2.340	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	800	id.	id.	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	3.900	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x7	2L50x70x9	1000 Kgs.
2	3.900	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	1.200	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	5.850	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	1500 Kgs.
2	5.850	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	1.500	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	7.800	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x10	2L50x80x10	2000 Kgs.
2	7.800	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	2.000	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	9.750	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x9	2500 Kgs.
2	9.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	2.300	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	11.700	2L50x70x9	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L60x90x9	2L60x90x9	2L70x80x11	3000 Kgs.
2	11.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	3.800	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	

TRACCIÓN												
Nº	P=600 Kgs.	P=1000 Kgs.	P=1500 Kgs.	P=2000 Kgs.	P=2500 Kgs.	P=3000 Kgs.						
	ESPEJ. PERFILES											
3	1.800	1L35x40x45	3.000	2L35x40x45	4.500	1L40x50x58	6.000	1L40x50x58	7.500	1L45x60x7	9.000	1L45x60x7
4	1.260	id.	2.100	id.	3.150	id.	4.200	id.	5.250	id.	6.300	id.
6	1.050	id.	1.750	id.	2.625	1L35x40x45	3.500	id.	4.375	1L40x50x58	5.250	1L40x50x58

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms.)

Nº	Para luces en metros de :							
	6	7	8	9	10	11	12	
1	169	197	225	252	281	310	340	
2	169	197	225	252	281	310	340	
3	150	175	200	225	250	275	300	
4	300	350	400	450	500	550	600	
5	75	875	100	112	125	137	150	
6	212	247	283	318	353	389	425	

Fórmulas analíticas - $P_1=P_2=P_3=P_4$

$$C_1=C_2 = \frac{15P}{8 \sin \alpha} \quad T_3 = \frac{15P}{1g \alpha} \quad T_4 = \frac{P}{1g \alpha}$$

$$C_5 = P \quad T_6 = \frac{P \sqrt{1+4 \lg^2 \alpha}}{2 \lg \alpha}$$

Carga en cimbra: P_c

$$C_1 = C_2 = K C_1 \cdot 0.33 \cdot P_c$$

$$T_3 = K T_3 \cdot 0.33 \cdot P_c$$

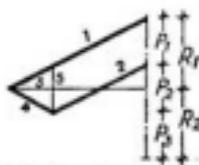
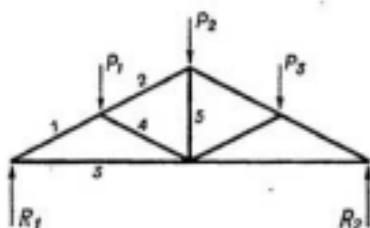
Modelo 4. - Para luces entre 6 y 12 mts.

$P_1 = P_2 = P_3 = 1 \text{ Ton.}$

$R_1 = R_2 = 1.5 \text{ Tons.}$

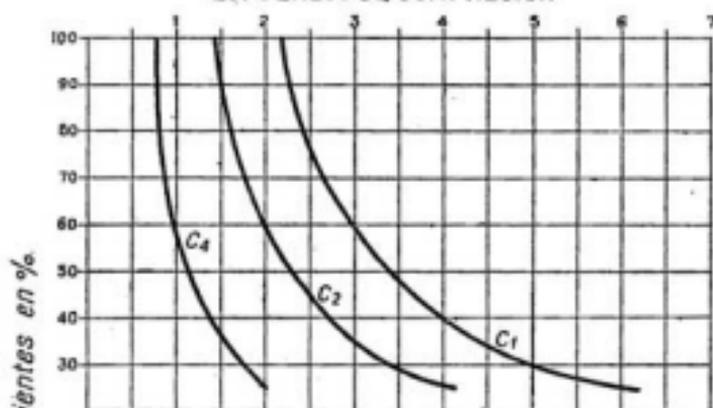
Escala de fuerzas $\overline{\text{Ton.}}$

$p = 50\% \Rightarrow \alpha = 26^\circ 30'$

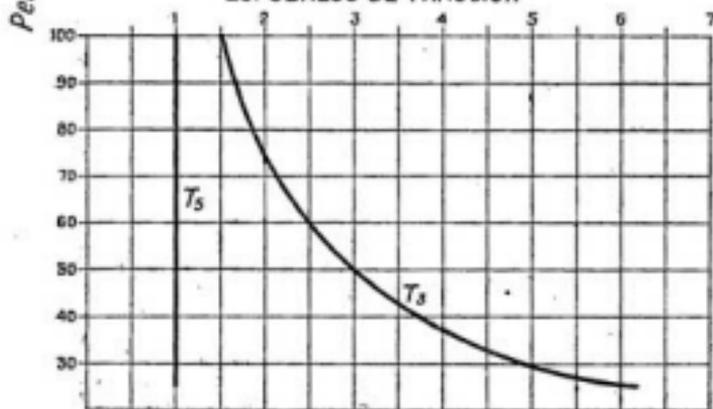


(Medio diagrama)

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN										
Nº	ESPAZ	LUZ 6 MTS.	LUZ 7 MTS.	LUZ 8 MTS.	LUZ 9 MTS.	LUZ 10 MTS.	LUZ 11 MTS.	LUZ 12 MTS.	P	
1	2.220	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	600 Kgs.	
2	1.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	720	id.	id.	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4		
1	3.700	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x7	1000 Kgs.	
2	2.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	1.200	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6		
1	5.550	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x7	1500 Kgs.	
2	3.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	1.800	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x5		
1	7.400	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2000 Kgs.	
2	5.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	2.400	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7		
1	8.250	2L40x65x7	2L50x60x8	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L60x90x9	2L60x90x9	2500 Kgs.	
2	5.250	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	3.000	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7	2L30x60x9		
1	11.000	2L50x60x9	2L50x70x9	2L50x80x6	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x11	3000 Kgs.	
2	7.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	3.600	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x7		
TRACCIÓN										
Nº		P=600 Kgs.	P=1000 Kgs.	P=1500 Kgs.	P=2000 Kgs.	P=2500 Kgs.	P=3000 Kgs.			
	ESPAZ	PERFILES	ESPAZ	PERFILES	ESPAZ	PERFILES	ESPAZ	PERFILES	ESPAZ	PERFILES
3	1800	L15x25x4	3000	L25x40x45	4500	L45x60x5	6000	L40x50x58	7500	L45x60x7
5	900	id.	1000	L15x25x4	1500	L25x40x45	2000	L25x40x45	2500	L25x40x45

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms.)

Nº	Para luces en metros de:						
	6	7	8	9	10	11	12
1	189	197	225	252	281	310	340
2	169	197	225	252	281	310	340
3	300	350	400	450	500	550	600
4	169	197	225	252	281	310	340
5	150	175	200	225	250	275	300

Fórmulas analíticas .. $P_1 + P_2 + P_3 = P$..

$$C_1 = \frac{15P}{\text{sen } \alpha} \quad C_2 = \frac{P}{\text{sen } \alpha} \quad T_3 = \frac{15P}{19 \alpha}$$

$$C_4 = \frac{P}{2 \text{ sen } \alpha} \quad T_5 = P$$

Carga en cumbrera: P_c

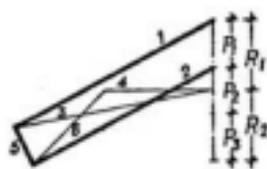
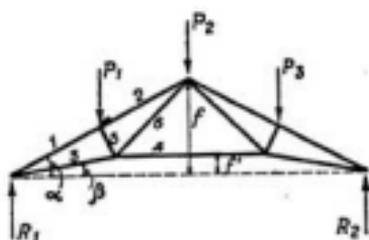
$$C_1 = C_2 = K_{C_1} \cdot 0'33 \cdot P_c$$

$$T_3 = K_{T_3} \cdot 0'33 \cdot P_c$$

Modelo 5.— Para luces entre 6 y 12 mts.

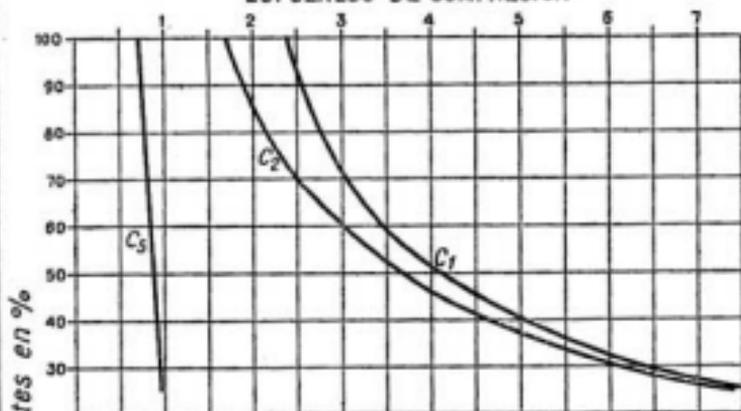
$P_1=P_2=P_3=1 \text{ Ton.}$ $R_1=R_2=1.5 \text{ Tons.}$
 $p=50\%$ $\alpha=26^\circ 30'$

Escala de fuerzas $\xrightarrow{1 \text{ Ton.}}$

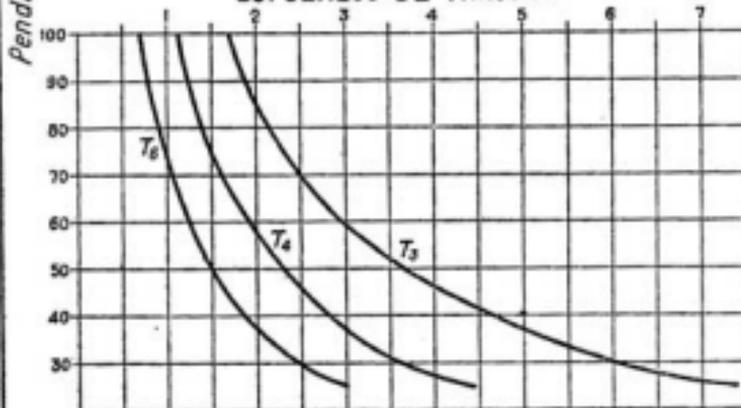


(Medio diagrama)

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN

Nº	ESPAZ. PERFILES	LUZ 6 MTS.	LUZ 7 MTS.	LUZ 8 MTS.	LUZ 9 MTS.	LUZ 10 MTS.	LUZ 11 MTS.	LUZ 12 MTS.	P
1	2430	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x6	2L40x85x5	2L40x85x7	2L40x85x7	600 Kgs.
2	2190	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	540	id.	id.	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	4050	2L30x60x4	2L30x80x6	2L40x85x5	2L40x85x7	2L50x80x9	2L50x70x7	2L50x70x9	1000 Kgs.
2	3630	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	900	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	6060	2L30x60x6	2L40x85x7	2L40x85x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	2L30x80x8	1500 Kgs.
2	5472	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	1350	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	8100	2L40x85x7	2L50x80x9	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2000 Kgs.
2	7300	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	1800	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	10150	2L40x85x7	2L50x70x7	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2L50x90x9	2L70x90x11	2500 Kgs.
2	9120	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	2250	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	12150	2L50x60x9	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x11	2L70x100x10	3000 Kgs.
2	10950	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	2700	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	

TRACCIÓN

Nº	P=600 Kgs.		P=1000 Kgs.		P=1500 Kgs.		P=2000 Kgs.		P=2500 Kgs.		P=3000 Kgs.	
	ESPAZ. PERFILES											
3	2190	125x40x45	3630	125x40x45	5470	145x60x5	7300	145x60x7	9120	145x60x7	10950	150x60x9
4	1380	id.	2200	id.	3440	id.	4890	id.	5780	id.	6900	id.
6	980	id.	1500	id.	2250	125x40x45	3000	125x40x45	3750	140x50x5/8	4500	145x60x5

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms)

Nº	Para luces en metros de:						
	6	7	8	9	10	11	12
1	169	197	225	252	281	310	340
2	169	197	225	252	281	310	340
3	176	206	235	264	294	325	355
4	262	305	350	395	438	482	525
5	50	59	67	81	86	98	100
6	176	206	235	264	294	325	355

Fórmulas analíticas. $P_1=P_2=P_3=P_4$

$$a = \frac{f}{f'} \quad \text{tg } \beta = \frac{\text{sen } 2\alpha}{a - 2 \text{sen } \alpha}$$

$$C_1 = \frac{15P}{\text{sen } \alpha - \text{cos } \alpha \text{ tg } \beta} - C_2 = C_1 - P \text{sen } \alpha - T_3 = \frac{15P}{\text{cos } \alpha \text{ tg } \alpha - \text{sen } \alpha}$$

$$T_4 = C_1 \text{cos } \alpha - C_3 \text{sen } \alpha - T_8 \text{cos } (2\alpha - \beta)$$

$$C_3 = P \text{cos } \alpha \quad T_8 = \frac{T_3 \text{sen } \beta + C_2 \text{cos } \alpha}{\text{sen } (2\alpha - \beta)}$$

Carga en cumbrera: P_c

$$C_1 = C_2 = K C_1 \cdot 0.33 \cdot P_c$$

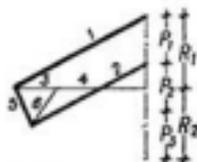
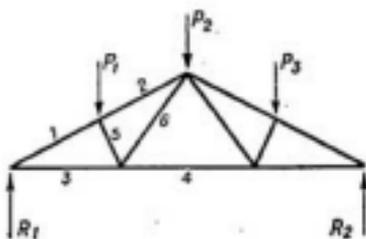
$$T_3 = K T_3 \cdot 0.33 \cdot P_c$$

$$C_2 = \frac{C_1 \text{sen } \alpha - 0.5 P_c}{\text{sen } (2\alpha - \beta)}$$

$$T_4 = C_1 \text{cos } \alpha - T_8 \text{cos } (2\alpha - \beta)$$

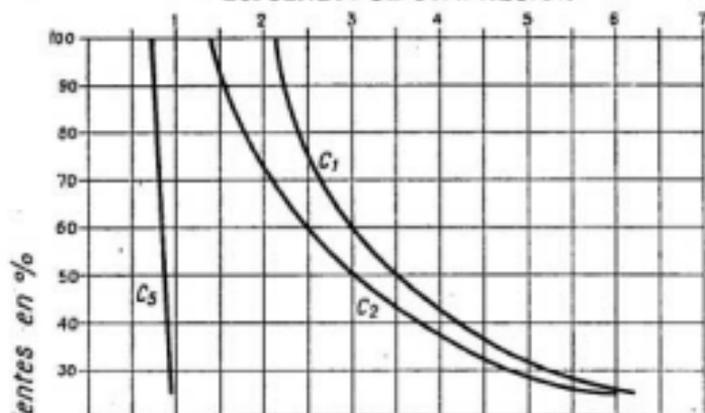
Modelo 6.-Para luces entre 6 y 12 mts.

$P_1 = P_2 = P_3 = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 1.5 \text{ Tons.}$ Escala de fuerzas $\overrightarrow{1 \text{ Ton.}}$
 $p = 50\% - \alpha = 26^\circ 30'$

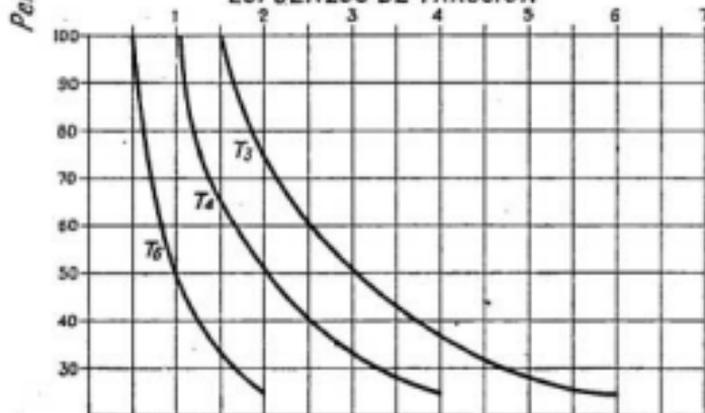


(Medio diagrama).

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN									
Nº	ESM	LUZ 6 MTS.	LUZ 7 MTS.	LUZ 8 MTS.	LUZ 9 MTS.	LUZ 10 MTS.	LUZ 11 MTS.	LUZ 12 MTS.	P
1	2100	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	600 Kgs.
2	1800	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	540	id.	id.	id.	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	3500	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L30x60x9	2L50x70x7	1000 Kgs.
2	3000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	900	id.	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	5250	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L30x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	1500 Kgs.
2	4500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	1350	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	7000	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2000 Kgs.
2	6000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	1800	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	8750	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2500 Kgs.
2	7500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	2250	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	10500	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x11	3000 Kgs.
2	9000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	2700	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	

TRACCIÓN						
Nº	P=800 Kgs.	P=1000 Kgs.	P=1500 Kgs.	P=2000 Kgs.	P=2500 Kgs.	P=3000 Kgs.
	ESM PERFILES					
3	1860 L15x25x4	3100 L25x40x4	4850 L45x80x4	6200 L40x50x8	7750 L45x60x7	9300 L50x70x7
4	1320 id.	2000 id.	3000 id.	4000 id.	5000 id.	6000 id.
6	800 id.	1000 L15x25x4	1500 L15x25x4	2000 L25x40x4	2500 L25x40x4	3000 L25x40x4

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms.)

Nº	Para luces en metros de:						
	6	7	8	9	10	11	12
1	169	197	225	252	281	310	340
2	169	197	225	252	281	310	340
3	188	219	250	281	313	344	375
4	225	263	300	338	375	413	450
5	75	88	100	113	125	138	150
6	188	219	250	281	313	344	375

Fórmulas analíticas - $P_1=P_2=P_3=P$

$$C_1 = \frac{PS}{320\alpha} - C_2 = C_1 - P \operatorname{sen} \alpha - T_3 = \frac{PS}{19\alpha} - T_4 = \frac{P}{19\alpha}$$

$$C_3 = P \cos \alpha - T_5 = \frac{P}{219\alpha}$$

(Válidas excepto para $\alpha = 45^\circ$. - Al llegar a $\alpha = 45^\circ$, $p = 100\%$, la barra (6) se funde con la (6). Hay, por tanto, discontinuidad en las fórmulas. Se empleará el "Modelo A").

Carga en cumbrera

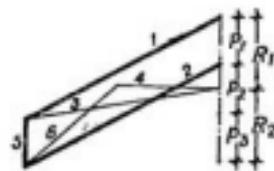
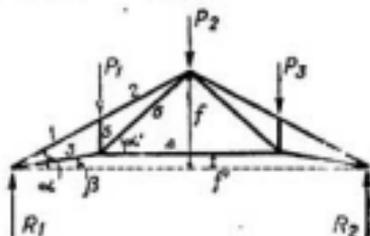
$$C_1 = C_2 = K C_1 \cdot 0.33 \cdot P_c$$

$$T_3 = T_4 = K T_3 \cdot 0.33 \cdot P_c$$

Modelo 7. - Para luces entre 6 y 12 mts.

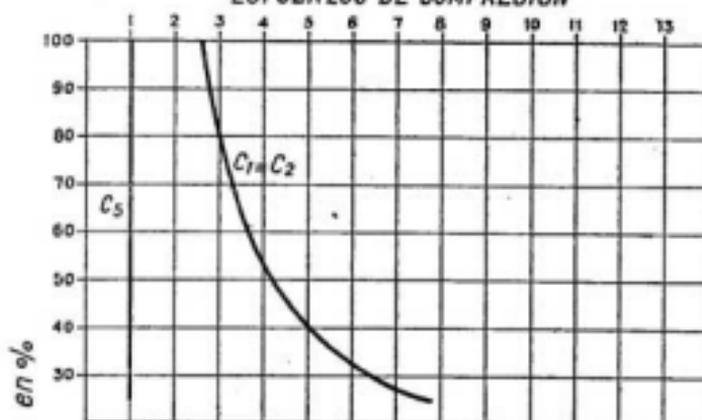
$P_1 = P_2 = P_3 = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 1.5 \text{ Tons.}$
 $p = 50\%$ $\alpha = 26^\circ 30'$

Escala de fuerzas $\rightarrow 1 \text{ Ton.}$

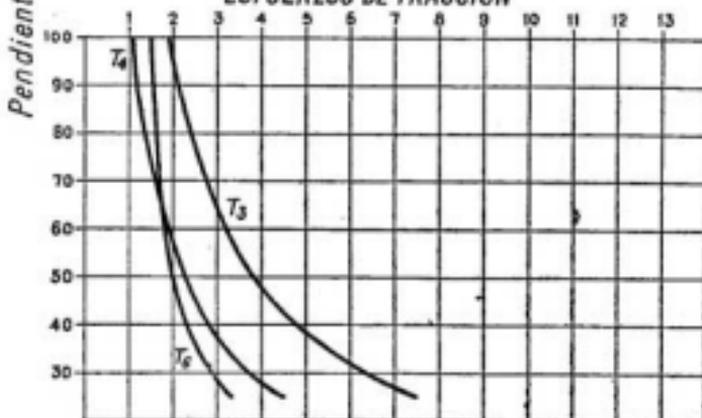


(Medio diagrama).

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN									
Nº	ESPESOR	LUZ 6 MTS.	LUZ 7 MTS.	LUZ 8 MTS.	LUZ 9 MTS.	LUZ 10 MTS.	LUZ 11 MTS.	LUZ 12 MTS.	P
1	2.530	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7	600 Kgs.
2	2.530	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	600	id.	id.	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	4.200	2L30x60x4	2L30x60x4	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x7	2L50x70x9	1000 Kgs.
2	4.200	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	1.000	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	6.300	2L30x60x4	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x60x8	2L50x60x8	1500 Kgs.
2	6.300	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	1.500	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	8.400	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2000 Kgs.
2	8.400	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	2.000	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	10.250	2L50x60x7	2L50x70x7	2L50x70x11	2L50x80x8	2L60x90x7	2L60x90x9	2L70x90x11	2500 Kgs.
2	10.250	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	2.500	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
1	12.600	2L50x70x7	2L50x70x8	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x11	2L70x100x10	3000 Kgs.
2	12.600	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	3.000	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	

TRACCIÓN						
Nº	P = 600 Kgs.	P = 1000 Kgs.	P = 1500 Kgs.	P = 2000 Kgs.	P = 2500 Kgs.	P = 3000 Kgs.
	ESPESOR PERFILES					
3	2.280	2L25x40x4.5	3.800	2L40x50x5.8	5.700	2L45x60x5
4	3.380	id.	2.500	id.	3.480	id.
6	1.200	id.	2.000	2L25x40x4.5	3.000	2L40x50x5.8

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms)

Nº	Para luces en metros de :						
	6	7	8	9	10	11	12
1	169	197	225	252	281	310	340
2	169	197	225	252	281	310	340
3	154	180	205	231	256	282	308
4	300	350	400	450	500	550	600
5	45	53	60	68	75	83	90
6	188	219	250	281	313	344	375

Fórmulas analíticas - $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$

$$a = \frac{f}{f'} = \operatorname{tg} \beta = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{g} = \operatorname{tg} \alpha' = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha (g-1)}{g}$$

$$C_1 = C_2 = \frac{r_3 P}{\operatorname{sen} \alpha - \operatorname{cos} \alpha \operatorname{tg} \beta} \quad T_3 = \frac{r_3 P}{\operatorname{cos} \alpha \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{sen} \alpha}$$

$$T_4 = T_3 \operatorname{cos} \beta - T_6 \operatorname{cos} \alpha' - C_3 = P, \quad T_6 = \frac{T_3 \operatorname{sen} \beta + C_3}{\operatorname{sen} \alpha'}$$

Carga en cumbrera: P_c

$$C_1 = C_2 = K C_1 \cdot 0'33 \cdot P_c$$

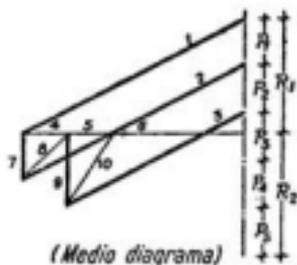
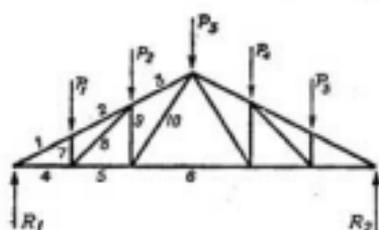
$$T_3 = K T_3 \cdot 0'33 \cdot P_c$$

$$T_6 = \frac{C_1 \operatorname{sen} \alpha - 0'33 P}{\operatorname{sen} \alpha'}$$

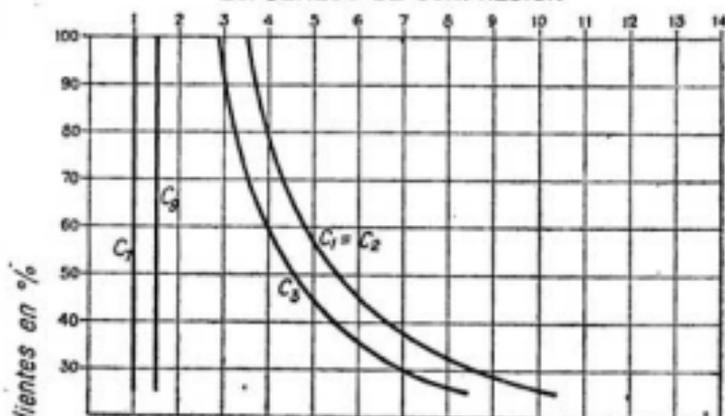
$$T_4 = C_1 \operatorname{cos} \alpha - T_6 \operatorname{cos} \alpha'$$

Modelo 8.- Para luces entre 9 y 18 mts.

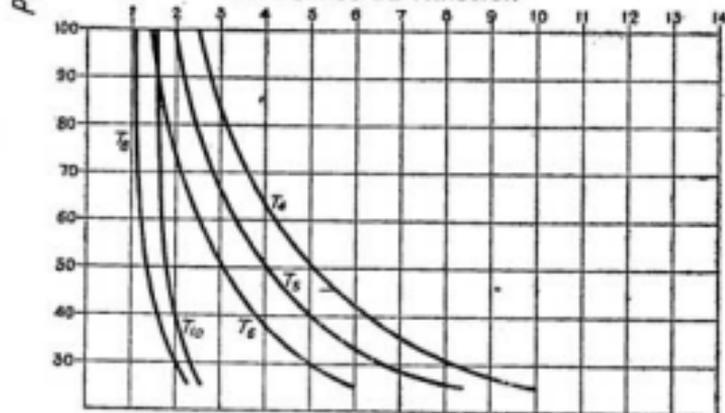
$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 2.5 \text{ Tons.}$ Escala de fuerzas $\frac{1 \text{ Ton.}}{p = 50 \%}$ $\alpha = 26^\circ 30'$



ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESION									
Nº	ESPAL	LUZ 9 MTS.	LUZ 10.50 MTS.	LUZ 12 MTS.	LUZ 13.50 MTS.	LUZ 15 MTS.	LUZ 16.50 MTS.	LUZ 18 MTS.	P
1	3.330	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x6	2L40x85x5	2L40x85x7	2L50x90x9	2L50x70x7	600 Kgs.
2	3.330	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	2.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	600	id.	id.	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x80x4	
9	900	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
1	5.550	2L30x80x6	2L40x85x5	2L40x85x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	1000 Kgs.
2	5.550	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	4.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
7	1.000	2L30x60x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x60x4	2L30x80x4	2L30x80x4	
9	1.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
1	8.400	2L45x80x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	1500 Kgs.
2	8.400	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	6.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
7	1.500	2L30x60x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x60x4	2L30x80x4	2L30x80x4	
9	2.250	id.	id.	id.	id.	2L30x60x6	2L30x80x6	2L40x65x5	
1	11.100	2L50x80x9	2L50x70x9	2L50x80x6	2L50x80x8	2L60x90x7	2L60x90x9	2L70x80x11	2000 Kgs.
2	11.100	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	9.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
7	2.000	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x60x4	2L30x80x4	2L30x80x4	
9	3.000	id.	id.	id.	2L50x80x6	2L40x85x5	2L40x85x5	2L40x65x7	
1	13.600	2L50x70x7	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x11	2L70x100x13	2500 Kgs.
2	13.600	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	11.250	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
7	2.500	2L30x60x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x60x4	2L30x80x4	2L30x80x4	
9	3.750	id.	id.	2L30x80x6	2L30x80x6	2L40x85x5	2L40x85x5	2L50x70x7	
1	16.650	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x11	2L70x100x13	2L70x100x15	3000 Kgs.
2	16.650	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	13.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
7	3.000	2L30x60x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x4	2L30x80x4	
9	4.500	id.	id.	2L30x80x6	2L40x85x5	2L40x85x7	2L50x70x7	2L50x70x7	

TRACCION								
Nº	P=600 Kgs.	P=1000 Kgs.	P=1500 Kgs.	P=2000 Kgs.	P=2500 Kgs.	P=3000 Kgs.		
	ESPAL PERFILES							
4	3.000	1.25x40x4.5	5.000	1.45x60x5	7.500	1.45x87x7		
5	2.400	id.	4.000	id.	6.000	id.		
6	1.800	id.	3.100	id.	4.650	id.		
8	840	id.	1.400	1.25x40x4.5	2.100	1.25x40x4.5		
10	1.170	id.	1.850	id.	2.775	id.		
				3.700	1.40x30x5.0	4.650	1.45x60x5	
							5.550	id.

CUADRO DE LONGITUDES (en cms)

Nº	Para luces en mts. de:						
	9	10.50	12	13.50	15	16.50	18
1	169	196	225	253	281	310	337
2	169	196	225	253	281	310	337
3	169	196	225	253	281	310	337
4	150	175	200	225	250	275	300
5	150	175	200	225	250	275	300
6	300	350	400	450	500	550	600
7	75	88	100	113	125	137	137
8	212	247	283	318	353	388	424
9	150	175	200	226	250	274	300
10	270	316	310	406	450	497	541

Fórmulas analíticas - $P_1 = P_2 = P_3 = \dots = nP$

$$C_1 = C_2 = \frac{2.5P}{\text{sen } \alpha} = C_3 = \frac{2P}{\text{sen } \alpha} = T_4 = \frac{2.5P}{\text{tg } \alpha}$$

$$T_5 = \frac{2P}{\text{tg } \alpha} = T_6 = \frac{\sqrt{3}P}{\text{tg } \alpha} = C_7 = P$$

$$T_8 = \frac{P\sqrt{1+4\text{tg}^2\alpha}}{2\text{tg}\alpha} = C_9 = 1.5P$$

$$T_{10} = \frac{P\sqrt{1+9\text{tg}^2\alpha}}{2\text{tg}\alpha}$$

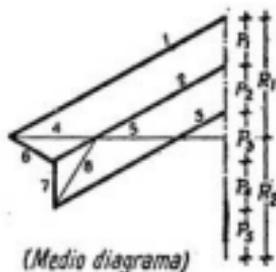
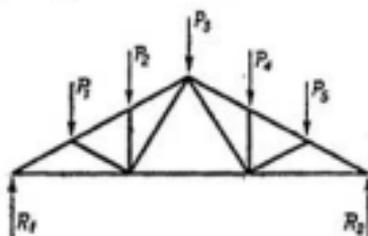
Carga en cumbrera: P_c

$$C_1 = C_2 = C_3 = Kc_1 \cdot 0.2 \cdot P_c$$

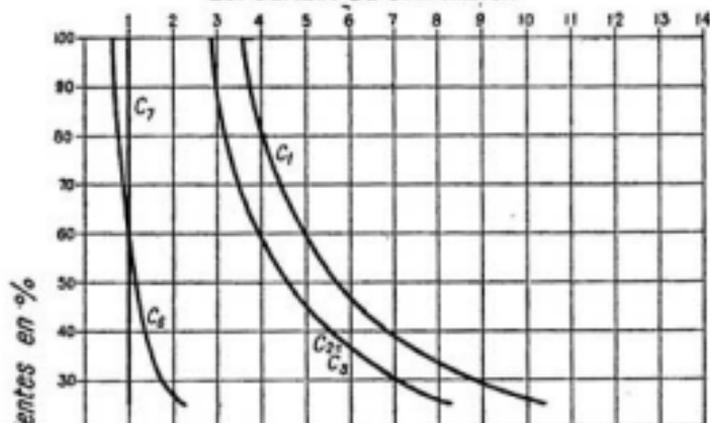
$$T_4 = T_5 = T_6 = Kt_4 \cdot 0.2 \cdot P_c$$

Modelo 9.- Para luces entre 9 y 18 mts.

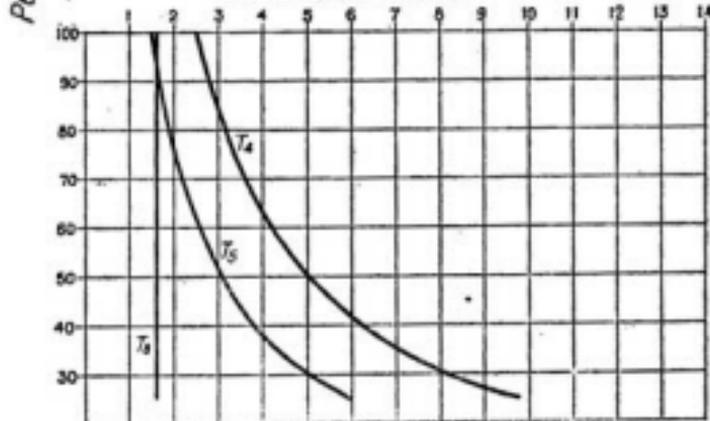
$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 2.5 \text{ Tons.}$ Escala de fuerzas $\frac{1 \text{ Ton.}}{\rho = 50\%}$ en $\alpha = 26^\circ 30'$



ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN									
Nº	ESF ²⁰	LUZ 9 MTS.	LUZ 10'50MTS	LUZ 12 MTS.	LUZ 13'50MTS	LUZ 15 MTS.	LUZ 16'50MTS	LUZ 18 MTS.	P
1	3.360	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x7	600 Kgs.
2	2.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	2.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	690	id.	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
7	600	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
1	5.600	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x8	1000 Kgs.
2	4.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	4.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	1.150	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	
7	1.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	2L30x60x4	
1	8.400	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	1500 Kgs.
2	6.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	6.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	1.720	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x5	
7	1.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
1	11.200	2L50x60x9	2L50x60x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L60x90x7	2L70x90x9	2L70x100x10	2000 Kgs.
2	9.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	9.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	2.300	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x5	
7	2.000	id.	id.	id.	id.	id.	2L30x60x6	2L40x65x5	
1	14.000	2L50x70x7	2L50x70x7	2L50x80x8	2L60x90x7	2L60x90x9	2L70x100x10	2L70x100x10	2500 Kgs.
2	11.200	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	11.200	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	2.880	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x70x7	
7	2.500	id.	id.	2L30x60x4	id.	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x7	
1	16.800	2L50x70x9	2L50x70x9	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x100x10	2L70x100x10	2L70x100x12	3000 Kgs.
2	13.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	13.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	3.450	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x7	
7	3.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	

TRACCIÓN												
Nº	P=600Kgs.		P=1000Kgs.		P=1500Kgs.		P=2000Kgs.		P=2500Kgs.		P=3000Kgs.	
	ESF ²⁰	PERFILES	ESF ²⁰	PERFILES								
4	3.000	L25x40x4'5	5.000	L45x60x5	7.500	L45x60x7	10.000	L50x60x7	12.500	L50x60x9	15.000	L60x90x9
5	1.800	id.	3.000	id.	4.500	id.	6.000	id.	7.500	id.	9.000	id.
8	960	id.	1.600	L25x40x4'5	2.400	L25x40x4'5	3.200	L25x40x4'5	4.000	L40x50x5'8	4.800	L45x60x5

CUADRO DE LONGITUDES (en cms.)

Nº	Para luces en mts. de:						
	9	10'50	12	13'50	15	16'50	18
1	169	196	225	253	281	310	337
2	169	196	225	253	281	310	337
3	169	196	225	253	281	310	337
4	300	350	400	450	500	550	600
5	300	350	400	450	500	550	600
6	169	196	225	253	281	310	337
7	150	175	200	224	250	275	300
8	270	315	360	405	450	495	541

Fórmulas analíticas $P_1=P_2=P_3=...=P_n$

$$C_1 = \frac{2'5 P}{\text{sen } \alpha} \quad C_2 = C_3 = \frac{2 P}{\text{sen } \alpha} \quad T_4 = \frac{2'5 P}{\text{tg } \alpha}$$

$$T_5 = \frac{1'5 P}{\text{tg } \alpha} \quad C_6 = \frac{P}{2 \text{ sen } \alpha} \quad C_7 = P_n$$

$$T_8 = \frac{P \sqrt{1+9 \text{tg}^2 \alpha}}{2 \text{tg } \alpha}$$

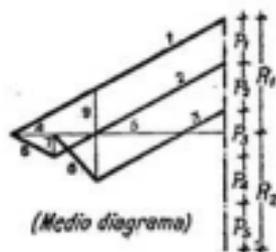
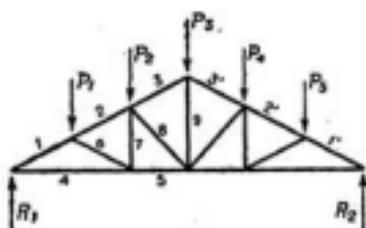
Carga en cumbreira: P_c

$$C_1 = C_2 = C_3 = K_{C1} \cdot 0'2 \cdot P_c$$

$$T_4 = T_5 = K_{T_4} \cdot 0'2 \cdot P_c$$

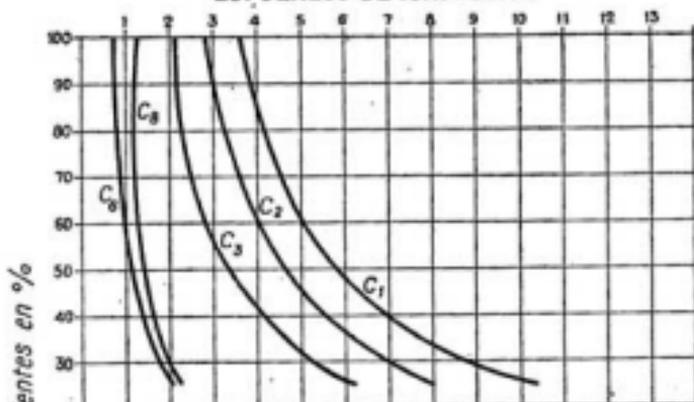
Modelo 10. - Para luces entre 9 y 18 mts.

$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 2.5 \text{ Tons.}$ Escala de fuerzas $\frac{1 \text{ Ton.}}{1 \text{ cm}}$
 $p = 50\%$ $\alpha = 26^\circ 30'$

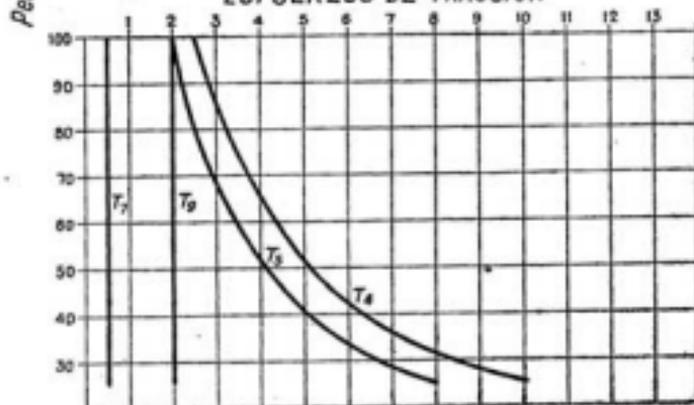


Para cualquier valor de α la barra 6 es siempre paralela al cordón 3'-2'-1'.

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN									
Nº	ESPAÑ	LUZ 9 MTS.	LUZ 1050 MTS.	LUZ 12 MTS.	LUZ 1500 MTS.	LUZ 15 MTS.	LUZ 1650 MTS.	LUZ 18 MTS.	P
1	3.360	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x7	600 Kgs.
2	2.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
3	2.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
6	860	id.	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4		
8	840	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
1	5800	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	1000 Kgs.
2	4.900	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	3.650	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	1.100	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L40x65x5	
8	1.400	id.	id.	id.	id.	2L30x60x6	2L45x60x5	id.	
1	8.400	2L40x65x5	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x10	2L50x80x12	2L60x90x9	1500 Kgs.
2	6.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	5.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	1.650	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L40x65x5	2L45x60x7	
8	2.100	id.	id.	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	id.	2L50x80x7	
1	11.200	2L50x80x9	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x8	2L60x90x9	2L60x90x9	2L70x90x11	2000 Kgs.
2	9.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	6.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	2.200	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L40x65x5	2L40x65x5	2L45x60x7	2L40x65x7	
8	2.800	id.	2L40x65x5	2L40x65x5	id.	2L50x70x7	id.	2L50x70x7	
1	14.000	2L50x80x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L60x90x7	2L70x90x9	2L70x110x10	2L70x100x10	2500 Kgs.
2	11.200	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	8.350	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	2.750	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x60x9	
8	3.500	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x70x9	2L50x60x9	2L50x70x9	
1	16.800	2L50x70x9	2L50x80x8	2L60x90x7	2L60x90x9	2L70x90x10	2L70x110x10	2L70x100x12	3000 Kgs.
2	13.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	10.100	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	3.300	2L40x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x7	
8	4.200	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x80x9	2L40x65x7	2L50x70x11	2L50x70x7	2L50x80x6	

TRACCIÓN												
Nº	P=600 Kgs.	P=1000 Kgs.	P=1500 Kgs.	P=2000 Kgs.	P=2500 Kgs.	P=3000 Kgs.						
	ESPAÑ PERFILES											
4	3.000	L25x40x45	3.000	L40x50x58	7.500	L45x60x7	10.000	L50x60x9	12.500	L50x60x9	15.000	L60x60x9
5	2.400	id.	4.000	id.	6.000	id.	8.000	id.	10.000	id.	12.000	id.
7	300	id.	300	L25x40x45	750	L25x40x45	1.000	L25x40x45	1.250	L25x40x45	1.500	L25x40x45
9	1.200	id.	2.000	id.	3.000	id.	4.000	L30x40x58	5.000	L40x60x5	6.000	L40x60x5

CUADRO DE LONGITUDES (en cms.)

Nº	Para luces en mts. de:					
	9	1050	12	1500	15	1650 18
1	169	197	225	253	281	310 337
2	169	197	225	253	281	310 337
3	169	197	225	253	281	310 337
4	300	350	400	450	500	550 600
5	190	175	200	225	250	275 300
6	169	197	225	253	281	310 337
7	190	175	200	225	250	275 300
8	213	248	283	318	354	390 425
9	225	263	300	339	375	413 450

Fórmulas analíticas - $P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P_n$.

$$C_1 = \frac{25P}{\text{sen } \alpha} - C_2 = \frac{2P}{\text{sen } \alpha} - C_3 = \frac{15P}{\text{sen } \alpha}$$

$$T_4 = \frac{25P}{\text{tg } \alpha} - T_5 = \frac{2P}{\text{tg } \alpha} - C_6 = \frac{P}{2 \text{ sen } \alpha}$$

$$T_7 = \frac{P}{2} - C_8 = \frac{P\sqrt{1 + 4 \text{tg}^2 \alpha}}{2 \text{tg } \alpha} - T_9 = 2P$$

Carga en cumbre: P_c

$$C_1 = C_2 = C_3 = Kc_1 \cdot 0'2 \cdot P_c$$

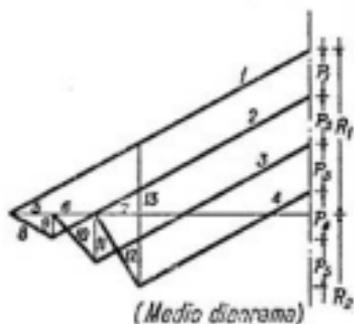
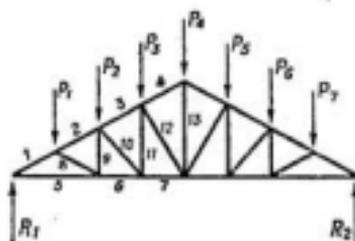
$$T_4 = T_5 = K T_4 \cdot 0'2 \cdot P_c$$

Modelo 11.-Para luces entre 12 y 24 mts.

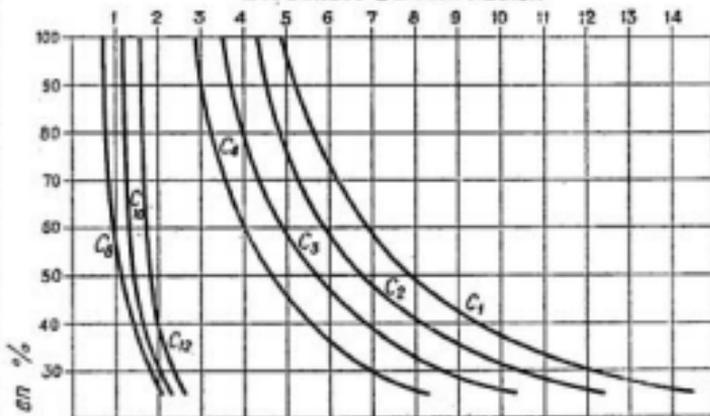
$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 3.5 \text{ Tons.}$

Escala de fuerzas $\overline{1 \text{ Ton.}}$

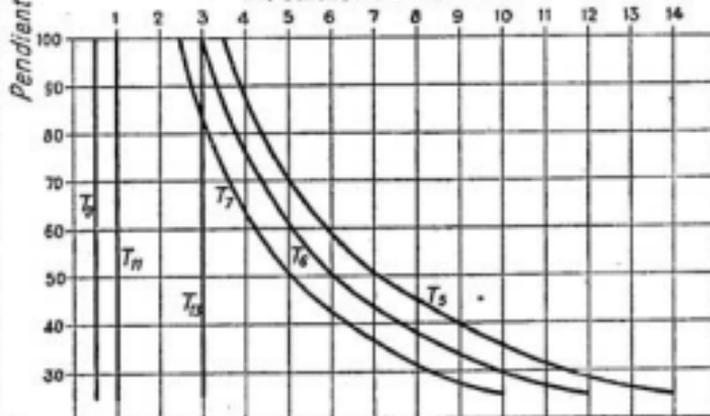
$p = 50\%$ $\alpha = 26^\circ 30'$



ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESION

Nº	ESPESOR	LUZ 12 MTS	LUZ 14 MTS	LUZ 16 MTS	LUZ 18 MTS	LUZ 20 MTS	LUZ 22 MTS	LUZ 24 MTS.	P
1	4.680	2L30x60x4	2L40x65x5	2L40x70x7	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	600 Kgs.
2	4.030	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	3.360	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	2.820	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	720	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
10	640	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
12	1.080	id.	id.	2L40x65x5	2L50x70x7	2L50x70x9	2L60x80x9	2L70x90x9	
1	7.800	2L40x85x5	2L40x85x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	1000 Kgs.
2	6.350	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	5.800	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	4.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	1.200	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
10	1.420	id.	id.	id.	2L40x65x5	2L40x65x5	2L50x70x7	2L50x70x7	
12	1.870	id.	2L30x60x6	2L40x60x7	2L50x70x7	2L50x70x11	2L60x80x9	2L70x90x9	
1	11.700	2L50x60x9	2L50x70x9	2L50x70x11	2L60x80x7	2L60x80x9	2L70x90x11	2L70x90x11	1500 Kgs.
2	10.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	8.400	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	7.170	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	1.850	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L40x65x5	2L40x65x5	2L40x65x5	
10	2.100	id.	id.	id.	2L40x65x5	2L40x65x5	2L50x70x9	2L50x70x9	
12	2.700	id.	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x10	2L70x90x9	2L70x90x9	
1	16.800	2L50x70x9	2L50x70x11	2L60x80x10	2L60x80x9	2L70x90x11	2L70x90x10	2L70x90x10	2000 Kgs.
2	13.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	11.200	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	9.400	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	2.400	2L30x60x4	2L30x60x4	2L40x65x5	2L40x65x5	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7	
10	2.800	id.	2L40x65x5	2L50x70x9	2L50x70x9	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x70x11	
12	3.200	2L40x65x7	2L50x80x9	2L50x70x9	2L50x80x9	2L60x80x7	2L70x90x9	2L70x90x9	
1	19.500	2L50x70x11	2L60x80x8	2L60x80x9	2L70x90x11	2L70x100x10	2L90x100x10	2L90x100x10	2500 Kgs.
2	16.300	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	14.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	11.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	3.000	2L30x60x4	2L30x60x4	2L40x65x5	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x70x7	
10	3.500	id.	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x9	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x10	
12	4.300	2L50x80x9	2L50x70x9	2L50x80x8	2L60x80x7	2L60x80x9	2L70x90x8	2L70x90x8	
1	23.200	2L50x80x10	2L60x80x9	2L70x90x11	2L70x100x10	2L70x100x10	2L90x100x10	2L90x100x10	3000 Kgs.
2	19.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	16.800	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	14.100	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
5	3.800	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	
10	4.200	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x80x9	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x8	2L50x90x7	
12	5.400	2L40x65x9	2L50x80x5	2L50x80x10	2L60x80x9	2L70x90x8	2L70x100x8	2L70x100x8	

TRACCION

Nº	P = 800 Kgs.		P = 1000 Kgs.		P = 1500 Kgs.		P = 2000 Kgs.		P = 2500 Kgs.		P = 3000 Kgs.	
	ESPESOR	PERFILES	ESPESOR	PERFILES	ESPESOR	PERFILES	ESPESOR	PERFILES	ESPESOR	PERFILES	ESPESOR	PERFILES
5	4.300	L45x60x5	7.000	L45x60x7	10.000	L60x80x7	14.000	L80x80x10	17.500	L70x90x9	21.000	L70x100x10
6	3.600	id.	6.000	id.	9.000	id.	12.000	id.	15.000	id.	18.000	id.
7	3.000	id.	5.000	id.	7.500	id.	10.000	id.	12.500	id.	15.000	id.
9	300	L25x40x5	500	L25x40x5	750	L25x40x5	1.000	L25x40x5	1.250	L25x40x5	1.500	L25x40x5
11	600	id.	1.000	id.	1.500	id.	2.000	id.	2.500	id.	3.000	id.
13	600	id.	3.000	id.	4.500	L45x60x5	6.000	L45x60x5	7.500	L40x65x7	9.000	L50x70x7

CUADRO DE LONGITUDES (en cms)

Nº	Para luces en mts. de:						
	12	14	16	18	20	22	24
1	169	197	225	253	283	310	338
2	169	197	225	253	283	310	338
3	169	197	225	253	283	310	338
4	169	197	225	253	283	310	338
5	300	350	400	450	500	550	600
6	150	175	200	225	250	275	300
7	150	175	200	225	250	275	300
8	169	197	225	253	283	310	338
9	150	175	200	225	250	275	300
10	213	247	283	318	353	389	424
11	225	263	300	338	375	413	450
12	270	316	360	406	451	496	541
13	300	350	400	450	500	550	600

Fórmulas analíticas.. $P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P_n$.

$$C_1 = \frac{33P}{2\text{sen}\alpha} - C_2 = \frac{3P}{2\text{sen}\alpha} - C_3 = \frac{25P}{2\text{sen}\alpha} - C_4 = \frac{2P}{2\text{sen}\alpha}$$

$$T_5 = \frac{33P}{19\alpha} - T_6 = \frac{3P}{19\alpha} - T_7 = \frac{25P}{19\alpha} - C_8 = \frac{P}{2\text{sen}\alpha}$$

$$T_9 = \frac{P}{2} \quad C_{10} = \frac{P\sqrt{1+4\text{tg}^2\alpha}}{2\text{tg}\alpha} - T_{11} = P -$$

$$C_{12} = \frac{P\sqrt{1+9\text{tg}^2\alpha}}{2\text{tg}\alpha} - T_{13} = 3P.$$

Carga en cumbrera: P_c

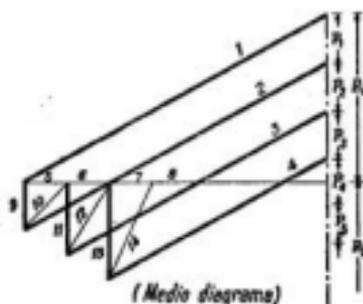
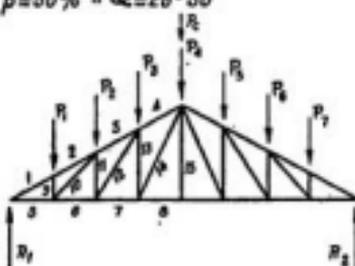
$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = Kc_1 \cdot \sigma'143 \cdot P_c$$

$$T_5 = T_6 = T_7 = Kc_1 \cdot \sigma'143 \cdot P_c$$

Modelo 12. - Para luces entre 12 y 24 mts.

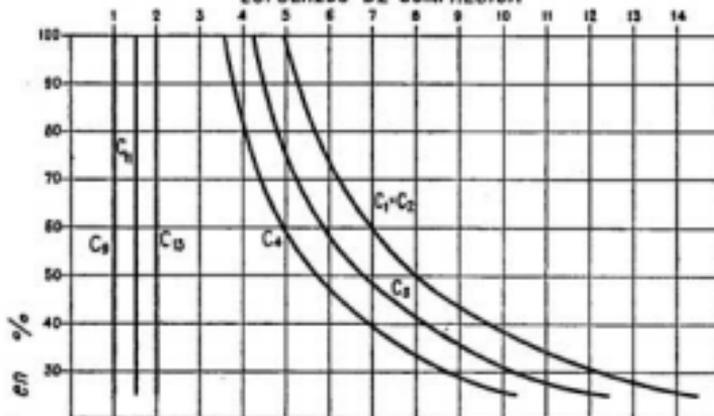
$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 3.5 \text{ Tons.}$
 $p = 50\%$ $\alpha = 26^\circ 30'$

Escala de fuerzas $\overline{\hspace{1cm}}$ 1Ton.

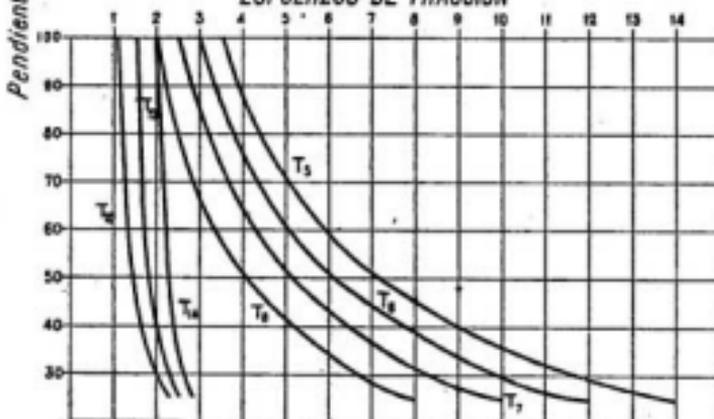


La barra 15 no trabaja.

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN

Nº	WTS	14-17 WTS	14-18 WTS	14-18 WTS	14-18 WTS	14-18 WTS	14-18 WTS	14-18 WTS	P
1	4.740	2L 30x80x8	2L 40x65x5	2L 40x80x7	2L 40x85x7	2L 50x70x7	2L 50x70x9	2L 50x70x11	600
2	4.740	id	id	id	id	id	id	id	
3	4.638	id	id	id	id	id	id	id	
4	3.348	id	id	id	id	id	id	id	
9	608	2L 30x80x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	1000
11	950	id	id	id	id	id	id	id	
12	1.200	id	id	id	id	id	id	id	
1	7.900	2L 40x85x5	2L 50x80x9	2L 50x70x7	2L 50x70x9	2L 50x80x8	2L 50x80x10	2L 50x90x7	
2	7.900	id	id	id	id	id	id	id	1500
3	6.738	id	id	id	id	id	id	id	
4	5.520	id	id	id	id	id	id	id	
9	1.020	2L 30x80x4	2L 30x80x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	
11	1.536	id	id	id	id	id	id	id	2000
12	2.070	id	id	id	id	id	id	id	
1	11.820	2L 50x60x8	2L 50x70x9	2L 50x70x11	2L 50x80x10	2L 50x70x8	2L 70x50x9	2L 70x50x10	
2	11.820	id	id	id	id	id	id	id	
3	10.170	id	id	id	id	id	id	id	
4	8.470	id	id	id	id	id	id	id	
9	3.300	2L 30x80x4	2L 30x80x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	
11	2.250	id	id	id	id	id	id	id	2500
12	3.000	id	id	id	id	id	id	id	
1	15.800	2L 50x70x9	2L 50x80x8	2L 50x80x10	2L 60x80x9	2L 70x80x11	2L 70x100x10	2L 70x100x12	
2	15.800	id	id	id	id	id	id	id	
3	13.480	id	id	id	id	id	id	id	
4	11.200	id	id	id	id	id	id	id	
9	3.000	2L 30x80x4	2L 30x80x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	
11	3.000	id	id	id	id	id	id	id	3000
12	4.000	id	id	id	id	id	id	id	
1	15.700	2L 50x80x8	2L 50x80x10	2L 60x80x9	2L 70x80x11	2L 70x100x10	2L 70x100x12	2L 90x80x10	
2	15.700	id	id	id	id	id	id	id	
3	13.700	id	id	id	id	id	id	id	
4	11.600	id	id	id	id	id	id	id	
9	2.500	2L 30x80x4	2L 30x80x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	
11	3.740	id	id	id	id	id	id	id	Kgs.
12	5.000	id	id	id	id	id	id	id	
1	23.700	2L 50x80x10	2L 60x80x9	2L 70x80x11	2L 70x100x10	2L 70x100x12	2L 90x100x10	2L 90x100x12	
2	23.700	id	id	id	id	id	id	id	
3	20.200	id	id	id	id	id	id	id	
4	16.800	id	id	id	id	id	id	id	
9	3.000	2L 30x80x4	2L 30x80x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	
11	4.500	id	id	id	id	id	id	id	Kgs.
12	6.000	id	id	id	id	id	id	id	

TRACCIÓN

Nº	P=500 Kgs.		P=1000 Kgs.		P=1500 Kgs.		P=2000 Kgs.		P=2500 Kgs.		P=3000 Kgs.	
	TRABAJO	PERFILES	TRABAJO	PERFILES	TRABAJO	PERFILES	TRABAJO	PERFILES	TRABAJO	PERFILES	TRABAJO	PERFILES
5	4.200	1.45x80x5	7.000	1.40x85x7	10.500	1.50x80x9	14.000	1.50x80x10	17.500	1.70x90x11	21.000	1.70x90x12
6	3.600	id	6.000	id	9.000	id	12.000	id	15.000	id	18.000	id
7	3.000	id	5.000	id	7.500	id	10.000	id	12.500	id	15.000	id
8	2.400	id	4.000	id	6.000	id	8.000	id	10.000	id	12.000	id
10	840	25x40x4.5	1.400	1.25x40x4.5	2.100	1.25x40x4.5	2.800	1.25x40x4.5	3.500	1.40x50x5.5	4.200	1.45x60x5
12	1.580	id	1.800	id	2.300	id	3.000	id	3.800	id	4.600	id
14	1.320	id	2.200	id	3.300	id	4.400	id	5.500	id	6.600	id

CUADRO DE LONGITUDES (en cms)

Nº	Para luces en mts. de:						
	12	14	16	18	20	22	24
1	169	197	225	253	281	310	338
2	169	197	225	253	281	310	338
3	169	197	225	253	281	310	338
4	169	197	225	253	281	310	338
5	150	175	200	225	250	275	300
6	150	175	200	225	250	275	300
7	150	175	200	225	250	275	300
8	150	175	200	225	250	275	300
9	78	91	103	116	133	142	155
10	210	247	283	318	353	389	424
11	158	175	198	225	250	275	300
12	270	316	360	406	451	496	541
13	225	263	300	338	375	413	450
14	335	391	447	504	559	615	670
15	300	350	400	450	500	550	600

Fórmulas analíticas: $P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P_n$

$$C_1 = C_2 = \frac{3SP}{360\alpha} \quad C_3 = \frac{3P}{360\alpha} \quad C_4 = \frac{2SP}{360\alpha} \quad T_5 = \frac{3SP}{19\alpha}$$

$$T_6 = \frac{3P}{19\alpha} \quad T_7 = \frac{2SP}{19\alpha} \quad T_8 = \frac{2P}{19\alpha} \quad C_9 = P_n$$

$$T_{10} = \frac{P\sqrt{1+12\mu^2}}{219\alpha} = C_{11} = 1SP \quad T_{12} = \frac{P\sqrt{1+12\mu^2}}{219\alpha}$$

$$C_{13} = 2P \quad T_{14} = \frac{P\sqrt{1+12\mu^2}}{219\alpha}$$

La barra (12) no trabaja.

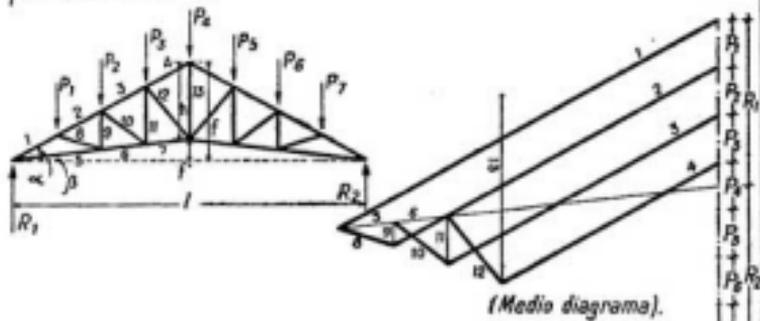
EFECTO CARGA EN CUMBRERA

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = K_C \cdot 0.743 \cdot P_c$$

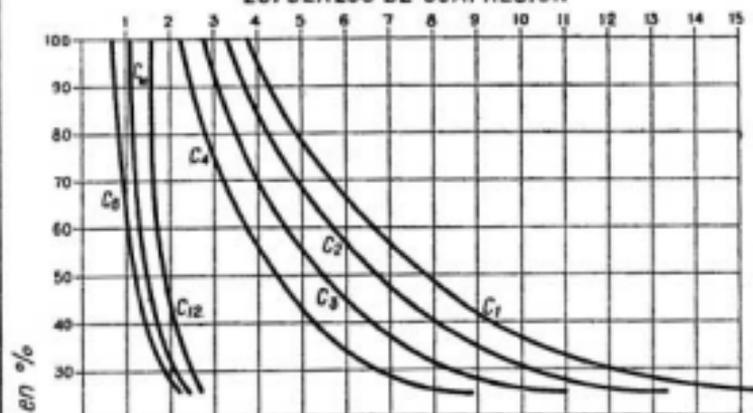
$$T_3 = T_6 = T_7 = T_8 = K_{T_3} \cdot 0.743 \cdot P_c$$

Modelo 13.-Para luces entre 12 y 24

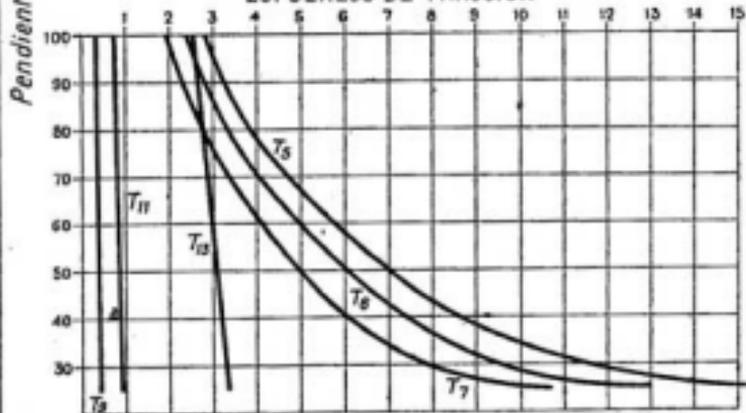
$P_1=P_2=P_3=\dots=1\text{Ton.}$ $R_1=R_2=3.5\text{ Tons.}$ Escala de fuerzas $\xrightarrow{1\text{Ton.}}$
 $p=50\%$ $\alpha=26^\circ 30'$



ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN										
Nº	12 MTS	14 MTS	16 MTS	18 MTS	20 MTS	22 MTS	24 MTS	P		
1	6.830	21.30x60x6	21.30x60x6	21.40x65x7	21.40x65x7	21.50x60x9	21.50x70x9	21.50x70x11	600	Kgs.
2	4.030	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
3	3.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	2.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
8	7.70	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	1000	Kgs.
9	8.50	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
10	1.140	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
12	1.900	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
1	7.750	21.40x65x3	21.40x65x7	21.50x70x7	21.50x70x9	21.50x70x11	21.50x80x10	21.60x90x7	1500	Kgs.
2	6.850	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
3	5.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	4.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
8	1.300	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	2000	Kgs.
9	1.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
10	1.900	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
12	1.900	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
1	11.600	21.50x70x9	21.50x70x9	21.50x70x11	21.50x80x8	21.60x90x7	21.70x90x9	21.70x90x11	2500	Kgs.
2	10.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
3	8.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	8.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
8	1.800	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.40x65x5	3000	Kgs.
9	2.200	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
10	2.850	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
12	2.850	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
1	15.800	21.50x70x9	21.50x80x8	21.50x80x10	21.60x90x9	21.70x90x9	21.70x100x10	21.70x100x10	3500	Kgs.
2	13.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
3	11.800	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	9.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
8	2.400	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.40x65x7	21.40x65x7	4500	Kgs.
9	3.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
10	3.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
12	3.800	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
1	19.250	21.50x70x11	21.50x80x10	21.60x90x9	21.70x90x11	21.70x100x10	21.70x100x12	21.80x110x10	5000	Kgs.
2	16.800	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
3	14.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	11.250	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
8	3.000	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.40x65x7	21.40x65x7	21.50x60x7	21.50x70x7	6000	Kgs.
9	3.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
10	4.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
12	4.750	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
1	33.200	21.50x80x10	21.60x90x9	21.70x90x11	21.70x100x10	21.70x100x12	21.80x110x10	21.90x120x12	7000	Kgs.
2	30.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
3	26.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
4	23.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
8	3.600	21.30x60x4	21.30x60x4	21.30x60x4	21.40x65x5	21.50x60x7	21.50x70x7	21.50x70x9	8500	Kgs.
9	4.500	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
10	5.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		
12	5.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.		

TRACCIÓN

Nº	P=800 Kgs.	P=1000 Kgs.	P=1500 Kgs.	P=2000 Kgs.	P=2500 Kgs.	P=3000 Kgs.
5	4.140	5.000	6.330	8.000	10.000	12.000
7	3.000	3.000	3.500	4.000	5.000	6.000
9	3.400	4.000	5.000	6.000	7.500	9.000
11	5.400	6.000	7.500	9.000	11.000	13.000
13	8.300	10.000	12.500	15.000	18.000	21.000

CUADRO DE LONGITUDES (en cms)

Nº	Para luces en metros de:						
	12	14	16	18	20	22	24
1	169	197	225	253	283	310	338
2	169	197	225	253	283	310	338
3	169	197	225	253	283	310	338
4	169	197	225	253	283	310	338
5	286	334	381	429	476	524	572
6	143	167	191	214	238	262	286
7	143	167	191	214	238	262	286
8	165	193	220	248	275	302	330
9	131	153	175	197	218	240	262
10	199	232	265	299	332	365	398
11	203	237	271	304	338	372	406
12	251	285	335	377	418	460	502
13	270	313	360	405	450	495	540

Fórmulas analíticas - P₁-P₂-P₃-.....-P_n

$$a = \frac{F}{F'} = N(8.10.12) = \frac{b(8.10.12)}{h} - b(8.10.12) = \text{longi.}$$

$$\text{Ind barras } (8.10.12) - M = \frac{1}{h} = \frac{1}{F-F'} = \lg \beta = \frac{\lg a}{a}$$

$$C_1 = 1.75 PM - C_2 = 1.5 PM - C_3 = 1.25 PM - C_4 = PM$$

$$T_5 = \frac{C_1 \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} \quad T_6 = \frac{C_2 \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} \quad T_7 = \frac{C_3 \cdot \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$C_8 = 2P \cos \beta \quad T_8 = \frac{P \cos \alpha}{2} \quad C_{10} = 2P \cos \beta \quad N_{10}$$

$$T_{11} = P \cos \alpha \quad C_{12} = 2P \cos \beta \quad N_{12} \quad T_{13} = \frac{P \cos \alpha (3a+1)}{a-1}$$

Carga en cumbrera P_c:

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = K C_1 \cdot 0.145 \cdot P_c$$

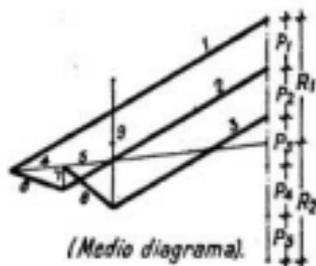
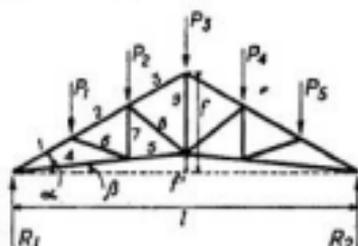
$$T_5 = T_6 = T_7 = K T_5 \cdot 0.145 \cdot P_c$$

Modelo 14. - Para luces entre 9 y 18 mts.

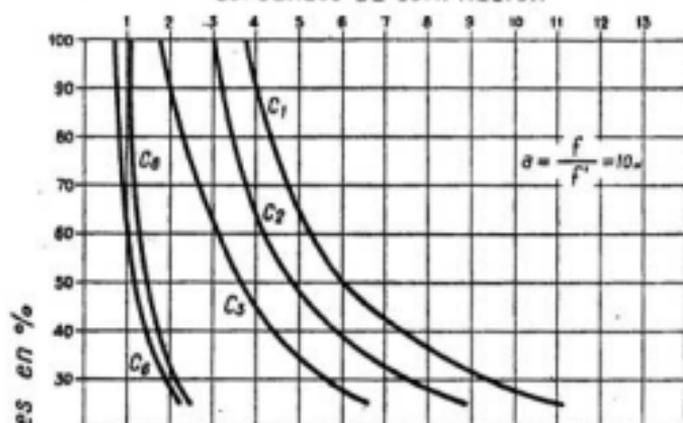
$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 2.5 \text{ Tons.}$ Escala de fuerzas $\frac{1 \text{ Ton.}}{}$

$p = 50\% \Rightarrow \alpha = 26^\circ 30'$

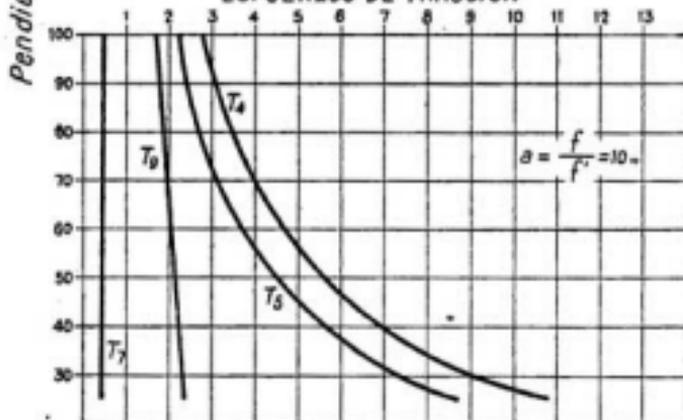
$p' = 20\% \Rightarrow \beta = 11^\circ 20'$



ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN									
Nº	SEMI- PERFILES	LUZ 9 MTS.	LUZ 10M50Cts.	LUZ 12 MTS.	LUZ 1350Cts.	LUZ 15 MTS.	LUZ 1650Cts.	LUZ 18 MTS.	P
1	3.750	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x8	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	600 Kgs.
2	2.910	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	2.160	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
4	890	id.	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	
5	900	id.	id.	id.	id.	id.	2L30x60x6	2L50x70x7	1000 Kgs.
1	6.250	2L30x60x6	2L45x60x7	2L50x60x9	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x8	
2	4.850	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	3.800	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	1.150	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	1500 Kgs.
8	1.500	id.	id.	id.	id.	2L30x60x6	2L30x60x6	2L50x70x7	
1	9.360	2L40x65x7	2L50x60x8	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x10	2L60x80x9	2L80x90x9	
2	7.260	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	5.400	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	2000 Kgs.
6	1.725	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x8	
8	2.250	id.	id.	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x70x9	
1	12.500	2L50x60x9	2L50x70x9	2L60x90x5	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x11	2L70x100x10	
2	9.700	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	2500 Kgs.
3	7.200	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	2.300	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	
8	3.000	id.	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x7	2L50x70x11	
1	15.670	2L50x70x9	2L50x70x11	2L60x90x7	2L60x90x9	2L70x90x11	2L70x100x10	2L70x100x12	3000 Kgs.
2	12.120	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	9.000	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	2.875	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L40x65x7	
8	3.750	2L30x60x6	2L40x65x5	2L45x60x7	2L50x60x9	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x8	
1	18.720	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x8	2L70x90x9	2L70x100x10	2L70x100x12	2L70x100x14	3000 Kgs.
2	14.320	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
3	10.800	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	
6	3.450	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x60x9	
8	4.500	2L30x60x6	2L40x65x5	2L50x60x9	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x10	

TRACCIÓN

Nº	P=600 Kgs.	P=1000 Kgs.	P=1500 Kgs.	P=2000 Kgs.	P=2500 Kgs.	P=3000 Kgs.
4	3.300	4.500	6.250	8.000	10.000	12.500
5	2.840	4.400	6.800	8.800	11.000	13.200
7	2.170	4.500	6.750	9.000	11.250	13.500
9	1.760	2.100	3.150	4.200	5.250	6.300

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms.)

Para luces en metros de:							
Nº	9	1050	12	1350	15	1650	18
1	169	196	225	253	281	310	337
2	169	196	225	253	281	310	337
3	169	196	225	253	281	310	337
4	301	351	401	451	501	551	602
5	150	175	200	225	250	275	301
6	160	187	213	240	267	293	320
7	135	158	180	202	225	248	270
8	197	230	263	296	328	361	394
9	202	236	269	303	337	370	404

Fórmulas analíticas. $P_1=P_2=P_3=...=P_n$

β = inclinación de barras; 4-5- $\alpha = \frac{f}{h}$ - $h = f \cdot \frac{1}{\alpha}$

$\alpha = \dots \dots \dots 1-2-3-1g\beta = \frac{1g\alpha}{\alpha}$

$b(6.8) = \text{longitud barras } 6.8 - N = \frac{1}{h} \cdot N \cdot 6.8 = \frac{b \cdot 6.8}{h}$

$C_1 = 1'25 PM - C_2 = PM - C_3 = 0'75 PM -$

$T_4 = \frac{1'25 PM \cos \alpha}{\cos \beta} - T_5 = \frac{PM \cos \alpha}{\cos \beta} - C_6 = 1'5 PM_6 \cos \alpha$

$T_7 = \frac{1}{2} P \cos \alpha - C_8 = 1'5 PM_8 \cos \alpha - T_9 = P \cos \alpha \cdot \frac{2h-f}{\alpha-1}$

Carga en cumbrera P_c :

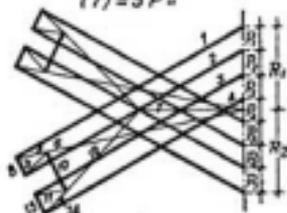
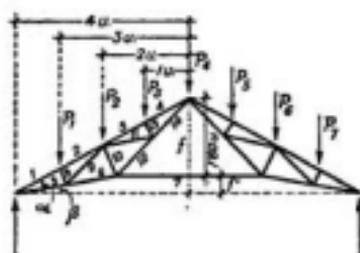
$C_1 = C_2 = C_3 = K C_1 \cdot 0'2 \cdot P_c$

$T_4 = T_5 = K T_4 \cdot 0'2 \cdot P_c$

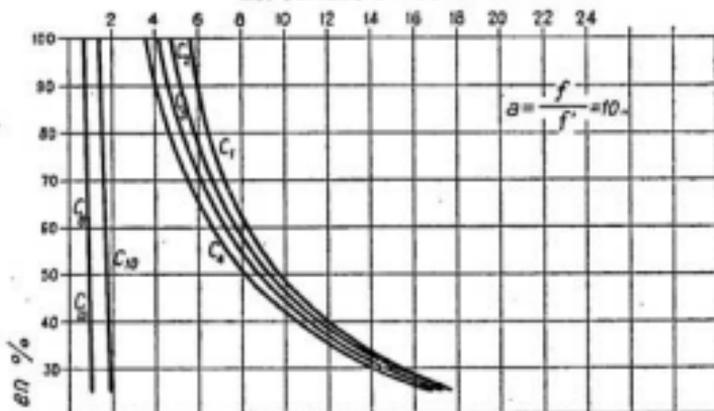
Modelo 15.- Para luces entre 12 y 24 mts.

$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 35 \text{ Tons.}$ Escala de fuerzas $\frac{1 \text{ Ton}}{1}$
 $p = 50\%$ $\alpha = 26^\circ 30'$

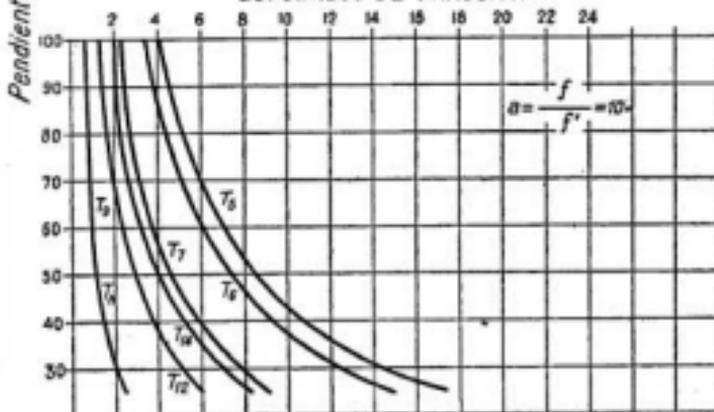
Aplicación del "Metodo de Ritter" para determinar la fuerza (7) - $f - f' = 160 u$ -
 $35 P \times 4 - 3P - 2P - P = (7) \times 160$ -
 $(7) = 5 P$



ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN

Nº	ESPEZ	LUZ 12 MTS.	LUZ 14 MTS.	LUZ 16 MTS.	LUZ 18 MTS.	LUZ 20 MTS.	LUZ 22 MTS.	LUZ 24 MTS.	P
1	5.700	2L 30x80x8	2L 40x85x8	2L 40x85x7	2L 30x70x7	2L 50x70x9	2L 50x70x11	2L 50x80x8	600 Kgs.
2	5.400	id	id	id	id	id	id	id	
3	5.100	id	id	id	id	id	id	id	
4	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
5	4.800	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	1000 Kgs.				
6	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
7	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
8	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
9	4.800	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	1500 Kgs.				
10	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
11	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
12	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
13	4.800	2L 50x70x7	2L 50x70x11	2L 50x80x8	2L 60x90x7	2L 70x90x11	2L 70x100x10	2L 70x100x10	2000 Kgs.
14	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
15	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
16	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
17	4.800	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2500 Kgs.				
18	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
19	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
20	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
21	4.800	2L 50x70x11	2L 50x80x10	2L 60x90x9	2L 70x90x11	2L 70x100x10	2L 70x100x12	2L 70x100x14	3000 Kgs.
22	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
23	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
24	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
25	4.800	2L 30x60x4	2L 30x60x4	2L 30x60x4	3500 Kgs.				
26	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
27	4.800	id	id	id	id	id	id	id	
28	4.800	id	id	id	id	id	id	id	

TRACCIÓN

Nº	P=600 Kgs.	P=1000 Kgs.	P=1500 Kgs.	P=2000 Kgs.	P=2500 Kgs.	P=3000 Kgs.
Nº	ESPEZ	PERFILES	ESPEZ	PERFILES	ESPEZ	PERFILES
5	5.100	L40x50x5	5.500	L40x55x7	6.800	L50x70x9
6	4.400	id	7.400	id	8.500	L60x90x9
7	3.700	L25x40x4	4.800	L30x60x4	5.900	L30x60x6
8	3.100	id	3.700	L25x40x4	4.500	L25x40x4
9	2.700	id	3.300	L25x40x4	4.000	L25x40x4
10	2.400	id	3.000	L25x40x4	3.600	L25x40x4
11	2.100	id	2.700	L25x40x4	3.300	L25x40x4
12	1.800	id	2.400	L25x40x4	3.000	L25x40x4
13	1.600	id	2.200	L25x40x4	2.800	L25x40x4
14	1.400	id	2.000	L25x40x4	2.600	L25x40x4

CUADRO DE LONGITUDES (en cms)

Nº	Para luces en mts. de:						
	12	14	16	18	20	22	24
1	169	197	225	253	283	310	338
2	169	197	225	253	283	310	338
3	169	197	225	253	283	310	338
4	169	197	225	253	283	310	338
5	180	210	240	270	300	330	360
6	180	210	240	270	300	330	360
7	470	540	630	705	783	860	940
8	68	78	90	102	113	125	136
9	130	210	240	270	300	330	360
10	135	158	180	204	206	248	270
11	180	210	240	270	300	330	360
12	180	210	240	270	300	330	360
13	68	78	90	102	113	125	136
14	187	218	250	280	312	343	374

Fórmulas analíticas $P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P_n$

$$a = \frac{f}{r} \cdot \operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{sen} 2\alpha}{a - 2 \operatorname{sen}^2 \alpha}$$

$$C_1 = \frac{3SP}{\operatorname{sen} \alpha \cos \alpha \operatorname{tg} \beta} - C_2 = C_1 - P \operatorname{sen} \alpha - C_3 = C_1 - 2P \operatorname{sen} \alpha$$

$$C_4 = C_1 - 3P \operatorname{sen} \alpha - T_5 = \frac{3SP}{\cos \alpha \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{sen} \beta} - T_6 = T_5 - T_9$$

$$T_7 = T_6 \cos \beta - C_{10} \operatorname{sen} \alpha - T_{12} \cos(2\alpha - \beta) - C_9 = C_{10} - P \operatorname{sen} \alpha$$

$$T_9 = \frac{C_8}{2 \operatorname{sen}(\alpha - \beta)} = T_{11} - T_{13} = \frac{T_8 \operatorname{sen} \beta + C_{10} \cos \alpha}{\operatorname{sen}(2\alpha - \beta)}$$

$$T_{14} = T_{12} + T_9 \quad C_{10} = 2P \cos \alpha$$

Carga en cuabrera

$$C_1 + C_2 = C_3 + C_4 = KC_1 \cdot 0'143 \cdot Pc$$

$$T_5 = T_6 = KT_5 \cdot 0'143 \cdot Pc$$

$$T_{12} = \frac{C_1 \operatorname{sen} \alpha - 0'93P}{\operatorname{sen}(2\alpha - \beta)} \quad T_4 = C_1 \cos \alpha - T_{12} (\cos 2\alpha - \beta)$$

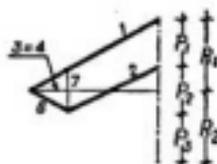
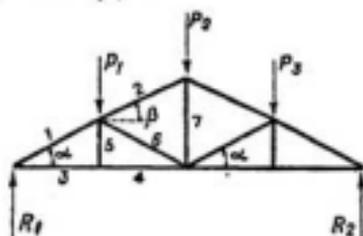
Modelo 16. - Para lúces entre 7 y 15 mts.

$P_1 = P_2 = P_3 = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 1.5 \text{ Tons.}$

Escala de fuerzas $\xrightarrow{1 \text{ Ton.}}$

$p = 57.70\% \rightarrow \alpha = 30^\circ$

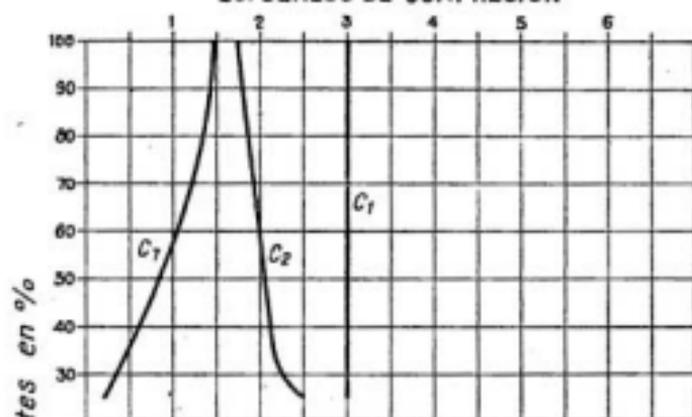
$p' = 30\% \rightarrow \beta = 16^\circ 40'$



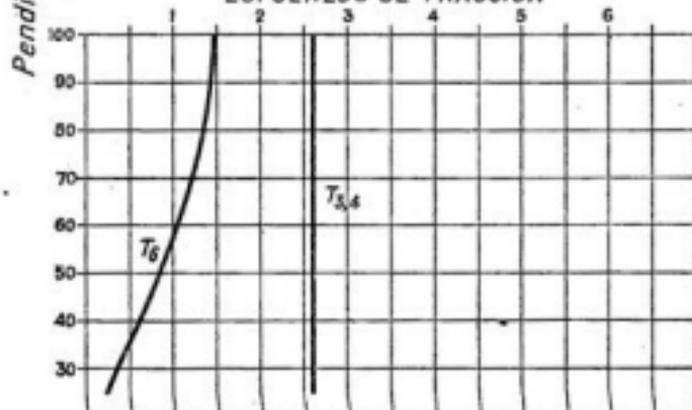
(Medio diagrama).

La barra (5) no trabaja.

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN									
Nº	ESPEJ. PERFILES	LUZ 7 MTS	LUZ 8'35M	LUZ 9'70M	LUZ 11 MTS	LUZ 12'35M	LUZ 13'70M	LUZ 15 MTS	P
1	1.800	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x6	2140x65x5	2140x65x7	2150x80x6	2150x80x10	600 Kgs.
2	1.243	id	id	id	id	id	id	id	
6	510	id	id	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x4	2150x70x7	2150x70x9	
1	3.000	2130x60x4	2130x60x6	2140x65x7	2150x60x9	2150x70x7	2150x80x10	2160x90x7	1000 Kgs.
2	2.075	id	id	id	id	id	id	id	
6	850	id	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x4	2150x70x7	2150x70x9	
1	4.300	2140x65x5	2140x65x7	2150x70x7	2150x70x9	2150x80x8	2160x90x5	2160x90x7	1500 Kgs.
2	3.110	id	id	id	id	id	id	id	
6	1.275	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x6	2150x70x7	2150x70x11	
1	6.000	2140x65x7	2150x70x7	2150x70x9	2150x80x8	2150x80x10	2170x90x9	2160x90x9	2000 Kgs.
2	4.190	id	id	id	id	id	id	id	
6	1.700	2130x60x4	2130x60x4	2145x60x7	2145x60x5	2140x65x7	2150x70x7	2150x70x11	
1	7.500	2150x60x9	2150x70x9	2150x70x11	2160x90x7	2160x90x9	2170x90x9	2170x90x9	2500 Kgs.
2	5.170	id	id	id	id	id	id	id	
6	2.130	2130x60x4	2130x60x4	2145x60x5	2140x65x5	2140x65x7	2150x70x7	2150x80x8	
1	9.000	2150x70x7	2150x70x11	2150x80x8	2160x90x9	2170x90x11	2170x100x10	2170x100x10	3000 Kgs.
2	6.220	id	id	id	id	id	id	id	
6	2.550	2130x60x4	2130x60x4	2145x60x5	2150x60x7	2150x60x9	2150x70x9	2150x80x10	

TRACCIÓN

Nº	P=600 Kgs.		P=1000 Kgs.		P=1500 Kgs.		P=2000 Kgs.		P=2500 Kgs.		P=3000 Kgs.	
	ESPEJ. PERFILES											
3	1.560	125x40x43	2.600	125x40x43	3.900	140x50x58	5.200	140x50x58	6.240	140x50x58	7.800	145x80x7
4	1.560	id	2.600	id	3.900	id	5.200	id	6.240	id	7.800	id
7	510	id	850	id	1.275	125x40x43	1.700	125x40x43	2.130	125x40x43	2.550	125x40x43

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms)

Nº	Para luces en metros de:						
	7	8'35	9'70	11	12'35	13'70	15
1	202	242	282	320	360	398	434
2	184	220	255	288	324	360	394
3	350	418	485	550	618	685	750
4	350	418	485	550	618	685	750
5	101	121	141	160	180	199	217
6	202	242	282	320	360	398	434
7	150	183	212	241	270	300	328

Fórmulas analíticas - $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$

$$C_1 = 3P, \quad C_2 = \frac{3'46P}{\cos\beta + 1'73 \operatorname{sen}\beta}, \quad T_3 = T_4 = 2'6P$$

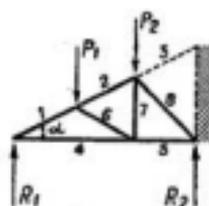
$$C_7 = T_5 = 2C_2 \operatorname{sen}\beta - P$$

La barra (5) no trabaja.

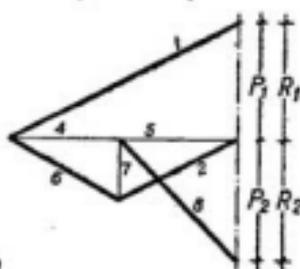
Las barras (3-4) son una sola.

Modelo 17.-Para luces entre 4 y 9 mts.

$P_1 = P_2 = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 1 \text{ Ton.}$
 $p = 50\%$ " $\alpha = 26^\circ 30'$



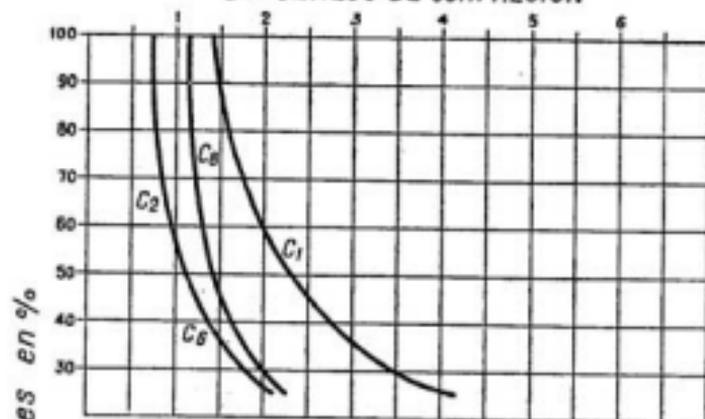
Escala de fuerzas
 1 Ton.



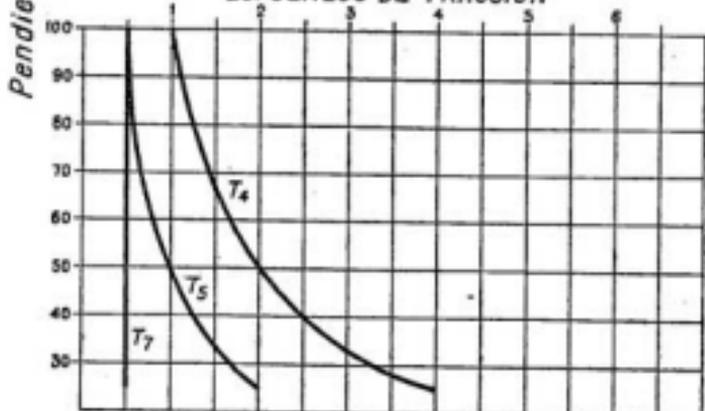
La barra 3 es de anclaje en media cercha
 y no existe en cercha asimétrica.

(Medio diagrama).

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN							
Nº	LUZ 4 MTS.	LUZ 5 MTS.	LUZ 6 MTS.	LUZ 7 MTS.	LUZ 8 MTS.	LUZ 9 MTS.	P
1	1350	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x4	600 Kgs.
2	860	id.	id.	id.	id.	id.	
6	680	id.	id.	id.	id.	2130x60x4	
8	840	id.	id.	id.	id.	2150x70x7	
1	2250	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x6	2140x65x5	1000 Kgs.
2	1190	id.	id.	id.	id.	id.	
6	1100	id.	id.	id.	2130x60x4	2130x60x4	
8	1420	id.	id.	id.	2130x60x6	id.	
1	3375	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x6	2140x65x5	2140x65x7	1500 Kgs.
2	1850	id.	id.	id.	id.	id.	
6	1850	id.	id.	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x6	
8	2100	id.	id.	2130x60x6	2140x65x7	id.	
1	4500	2130x60x4	2130x60x6	2140x65x7	2140x65x7	2150x70x7	2000 Kgs.
2	2200	id.	id.	id.	id.	id.	
6	2200	id.	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x6	2140x65x5	
8	2800	id.	2130x60x6	2140x65x7	2150x60x9	id.	
1	5640	2130x60x4	2140x65x5	2140x65x7	2150x70x7	2150x70x9	2500 Kgs.
2	2750	id.	id.	id.	id.	id.	
6	2750	id.	2130x60x4	2130x60x6	2130x60x6	2140x65x7	
8	3590	id.	2140x65x5	2140x65x7	2150x70x7	id.	
1	6750	2130x60x6	2140x65x7	2150x60x8	2150x70x9	2150x70x11	3000 Kgs.
2	3200	id.	id.	id.	id.	id.	
6	3200	2130x60x4	2130x60x4	2130x60x6	2140x65x5	2150x60x7	
8	4200	2130x60x6	2140x65x7	2150x60x9	2150x60x9	2150x60x9	

TRACCIÓN							
	P=600 Kgs.	P=1000 Kgs.	P=1500 Kgs.	P=2000 Kgs.	P=2500 Kgs.	P=3000 Kgs.	
	ESP/30PERFILES	ESP/30PERFILES	ESP/30PERFILES	ESP/30PERFILES	ESP/30PERFILES	ESP/30PERFILES	
4	1200	L25x40x45	2000	L25x40x45	3000	L25x40x45	
5	600	id.	1000	id.	1500	id.	
7	300	id.	500	id.	750	id.	
				1000	L25x40x45	1200	L25x40x45
						1500	L25x40x45

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms).

Nº	Para luces en metros de:					
	4	5	6	7	8	9
1	150	187	224	254	297	336
2	150	187	224	254	297	336
3	150	187	224	254	297	336
4	268	334	400	466	534	600
5	134	167	200	233	267	300
6	150	187	224	254	297	336
7	134	167	200	233	267	300
8	190	236	283	330	378	425

Fórmulas analíticas $P_1 = P_2 = P_n$

$$C_1 = \frac{P}{2 \operatorname{sen} \alpha} \quad C_2 = C_6 = \frac{P}{2 \operatorname{sen} \alpha} \quad T_4 = \frac{P}{1g \alpha}$$

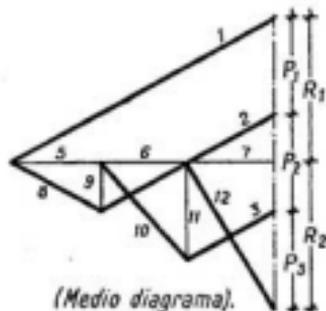
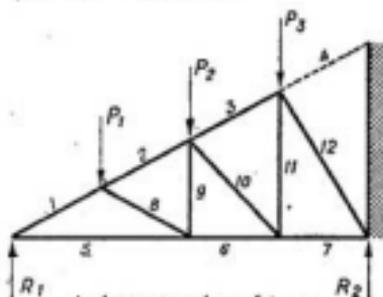
$$T_5 = \frac{P}{21g \alpha} \quad T_7 = \frac{P}{2} \quad C_8 = \frac{P \sqrt{1+41g^2 \alpha}}{21g \alpha}$$

La barra(s) no trabaja.

Modelo 18.- Para luces entre 6 y 12 mts.

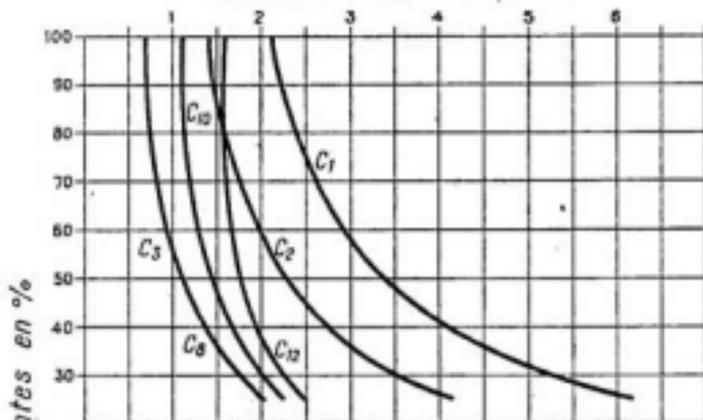
$P_1 = P_2 = P_3 = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = R_2 = 15 \text{ Tons.}$
 $p = 50\%$ $\alpha = 26^\circ 30'$

Escala de fuerzas $\uparrow 1 \text{ Ton.}$

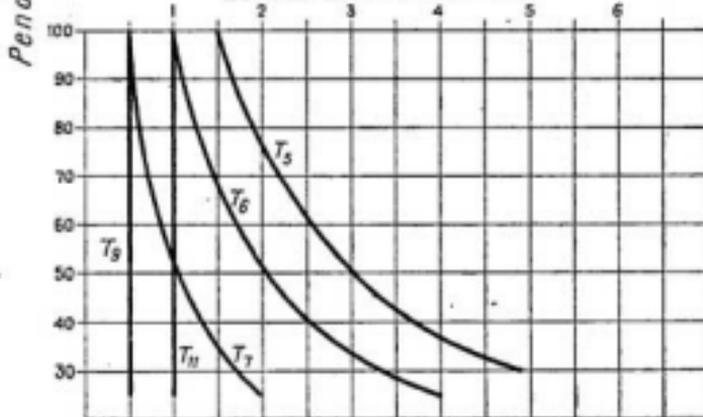


La barra 4 es de anclaje en media cercha y no existe en cercha asimétrica.

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN										
Nº	ESPAZ. LUZ 6 MTS.	LUZ 7 MTS.	LUZ 8 MTS.	LUZ 9 MTS.	LUZ 10 MTS.	LUZ 11 MTS.	LUZ 12 MTS.	P		
1	2.010	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	600 Kgs.	
2	1.350	id	id	id	id	id	id	id		
3	690	id	id	id	id	id	id	id		
4	690	id	id	id	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4		
5	840	id	id	id	id	id	2L30x70x7	2L30x70x7		
6	840	id	id	id	id	id	2L30x70x7	2L30x70x7		
7	1.080	id	id	2L30x60x6	2L50x70x7	2L50x70x11	2L60x90x9	2L70x90x9		
8	1.350	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x7		1000 Kgs.
9	2.250	id	id	id	id	id	id	id		
10	1.150	id	id	id	id	id	id	id		
11	1.150	id	id	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6		
12	1.400	id	id	id	2L30x60x6	2L40x65x5	2L50x70x7	2L50x70x7		
13	1.800	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x9	2L50x70x9	2L60x90x9	2L70x90x9		
14	2.010	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11	1500 Kgs.	
15	1.725	id	id	id	id	id	id	id		
16	1.725	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x5		
17	2.100	id	id	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9		
18	2.700	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x11	2L50x80x10	2L70x90x9	2L70x90x9		
19	6.700	2L30x60x6	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x9	2L50x70x9	2L50x80x8	2L50x80x10		
20	4.500	id	id	id	id	id	id	id		
21	2.300	id	id	id	id	id	id	id		
22	2.560	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x7	2L40x65x7		
23	2.800	id	2L30x60x6	2L40x65x7	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x70x11		
24	3.600	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x10	2L60x90x7	2L70x90x9	2L70x90x9		
25	8.370	2L40x65x7	2L50x60x9	2L50x70x9	2L50x70x11	2L60x90x5	2L90x80x10	2L60x90x9		2500 Kgs.
26	5.630	id	id	id	id	id	id	id		
27	2.875	id	id	id	id	id	id	id		
28	2.875	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x5	2L50x70x7	2L50x60x9		
29	3.500	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x9	2L50x80x6	2L50x80x10		
30	4.500	2L50x60x9	2L50x70x9	2L50x80x8	2L60x90x7	2L60x90x9	2L70x90x9	2L70x90x11		
31	10.000	2L40x65x7	2L50x70x7	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10	2L60x90x9	2L70x90x11	3000 Kgs.	
32	6.740	id	id	id	id	id	id	id		
33	3.400	id	id	id	id	id	id	id		
34	3.450	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	2L40x65x5	2L50x60x7	2L50x60x9	2L50x70x7		
35	4.200	2L40x65x5	2L40x65x7	2L30x60x9	2L50x70x9	2L50x70x11	2L50x80x8	2L50x80x10		
36	5.400	2L50x70x7	2L50x70x11	2L50x80x8	2L60x90x9	2L70x90x9	2L70x90x11	2L70x100x10		

TRACCIÓN							
Nº	P=600 Kgs.	P=1000 Kgs.	P=1500 Kgs.	P=2000 Kgs.	P=2500 Kgs.	P=3000 Kgs.	
	ESPAZ.PERFILES	ESPAZ.PERFILES	ESPAZ.PERFILES	ESPAZ.PERFILES	ESPAZ.PERFILES	ESPAZ.PERFILES	ESPAZ.PERFILES
5	1800 L25x40x45	3000 L25x40x45	4.500 L40x50x58	6000 L40x50x58	7500 L45x60x7	8000 L45x60x7	
6	1200 id	2000 id	3000 id	4000 id	5000 id	6000 id	
7	600 id	1000 id	1500 id	2000 id	2500 id	3000 id	
9	300 id	500 id	750 L25x40x45	1000 L25x40x45	1250 L25x40x45	1500 L25x40x45	
11	600 id	1000 id	1500 id	2000 id	2500 id	3000 id	

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms.)

Para luces en metros de:							
Nº	5	7	8	9	10	11	12
1	168	196	224	252	280	308	335
2	168	196	224	252	290	308	335
3	168	196	224	252	280	308	335
4	168	196	224	252	280	308	335
5	300	350	400	450	500	550	600
6	150	175	200	225	250	275	300
7	150	175	200	225	250	275	300
8	168	196	224	252	280	308	335
9	150	175	200	225	250	275	300
10	212	247	282	318	353	389	424
11	225	263	300	337	375	413	450
12	271	316	361	406	451	496	540

Fórmulas analíticas - $P_1=P_2=P_3=P_4$

$$C_1 = \frac{rSP}{\text{sen} \alpha} - C_2 = \frac{P}{\text{sen} \alpha} - C_3 = \frac{P}{2 \text{sen} \alpha} - T_5 = \frac{rSP}{Tg \alpha}$$

$$T_6 = \frac{P}{Tg \alpha} - T_7 = \frac{P}{2 Tg \alpha} - C_8 = \frac{P}{2 \text{sen} \alpha} - C_9 = \frac{P}{2}$$

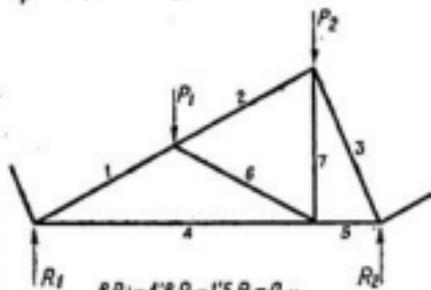
$$C_{10} = \frac{P \sqrt{1+4 Tg^2 \alpha}}{2 Tg \alpha} - T_{11} = P - C_{12} = \frac{P \sqrt{1+9 Tg^2 \alpha}}{2 Tg \alpha}$$

La barra (4) no trabaja.

Modelo 19. - Para luces entre 3 y 6 mts.

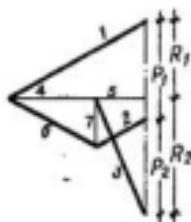
$P_1 = P_2 = 1 \text{ Ton.}$ $R_1 = 0.79 \text{ Tons.}$ $R_2 = 1.21 \text{ Tons.}$ Escala de fuerzas
 $p = 50\% = \alpha = 26^\circ 30'$

1 Ton.

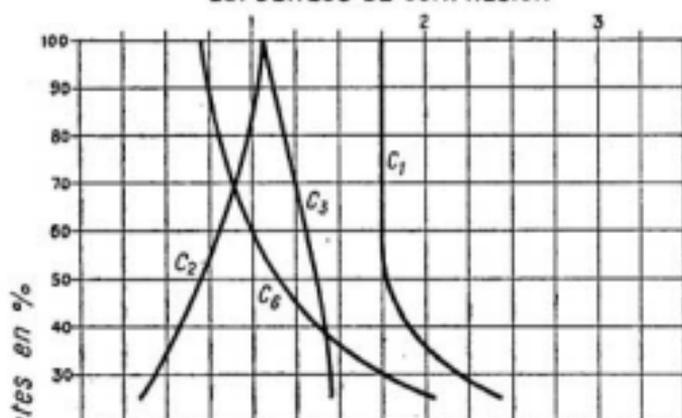


$$8R_1 - 4.8P_1 - 1.5P_2 = 0$$

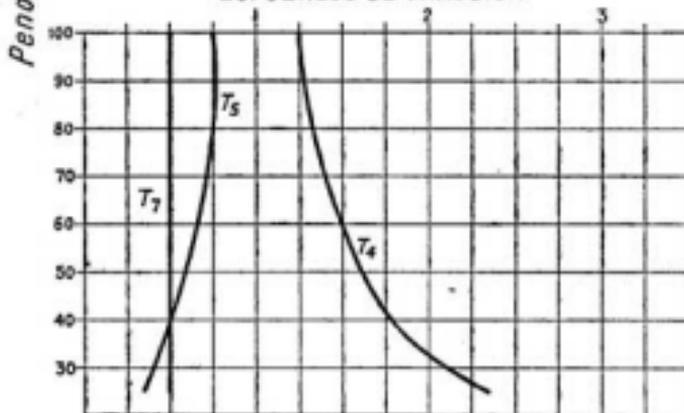
$$R_1 = \frac{6.3}{8} = 0.79 = R_2 = 1.21$$



ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN						
Nº	ESFUERZO	LUZ 3 MTS.	LUZ 4 MTS.	LUZ 5 MTS.	LUZ 6 MTS.	P
1	1.055	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	600 Kgs.
2	420	id.	id.	id.	id.	
3	810	id.	id.	id.	id.	
6	675	id.	id.	id.	id.	
1	1.755	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x4	1000 Kgs.
2	700	id.	id.	id.	id.	
3	1.350	id.	id.	id.	id.	
6	1.125	id.	id.	id.	id.	
1	2.630	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L30x60x6	1500 Kgs.
2	1.050	id.	id.	id.	id.	
3	2.025	id.	id.	2L30x60x4	id.	
6	1.690	id.	id.	id.	2L30x60x4	
1	3.510	2L30x60x4	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x7	2000 Kgs.
2	1.400	id.	id.	id.	id.	
3	2.700	id.	id.	id.	2L40x65x5	
6	2.250	id.	id.	2L30x60x4	2L30x60x6	
1	4.370	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x5	2L40x65x7	2500 Kgs.
2	1.750	id.	id.	id.	id.	
3	3.370	id.	2L30x60x4	2L30x60x6	id.	
6	2.810	id.	id.	id.	2L40x65x5	
1	5.260	2L30x60x4	2L30x60x6	2L40x65x7	2L50x70x7	3000 Kgs.
2	2.100	id.	id.	id.	id.	
3	4.050	id.	id.	2L40x65x5	2L40x65x7	
6	3.380	id.	2L30x60x4	2L30x60x6	2L45x60x7	
TRACCIÓN						
Nº	P=600 Kgs	P=1000 Kgs	P=1500 Kgs	P=2000 Kgs	P=2500 Kgs	P=3000 Kgs
	ESF/PERFILES	ESF/PERFILES	ESF/PERFILES	ESF/PERFILES	ESF/PERFILES	ESF/PERFILES
4	975 L25x40x45	1625 L25x40x45	2435 L25x40x45	3250 L25x40x45	4060 L40x50x58	4870 L40x50x58
5	354 id.	590 id.	885 id.	1180 id.	1475 id.	1770 id.
7	300 id.	500 id.	750 id.	1000 id.	1250 L25x40x45	1500 L25x40x45

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms)

Nº	Para luces en metros de:			
	3	4	5	6
1	134	179	223	268
2	134	179	223	268
3	137	182	228	274
4	238	317	396	476
5	62	83	104	124
6	134	179	223	268
7	121	160	200	242

Fórmulas analíticas. $P_1 = P_2 = P..$

$$C_1 = \frac{P(1+3 \operatorname{sen}^2 \alpha)}{2 \operatorname{sen} \alpha} \quad C_2 = C_1 - P \operatorname{sen} \alpha - C_0 \cos 2\alpha$$

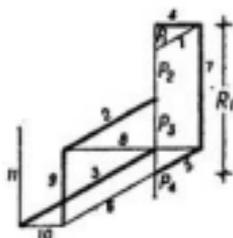
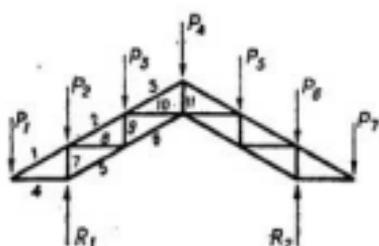
$$C_3 = 1/3 P \cos \alpha \quad T_4 = \frac{P(1+3 \operatorname{sen}^2 \alpha)}{2 \operatorname{tg} \alpha}$$

$$T_5 = C_3 \operatorname{sen} \alpha - C_0 = \frac{P}{2 \operatorname{sen} \alpha} \quad T_3 = \sqrt{C_2^2 + C_3^2} - P..$$

Modelo 20. - Para luces entre 9 y 18 mts.

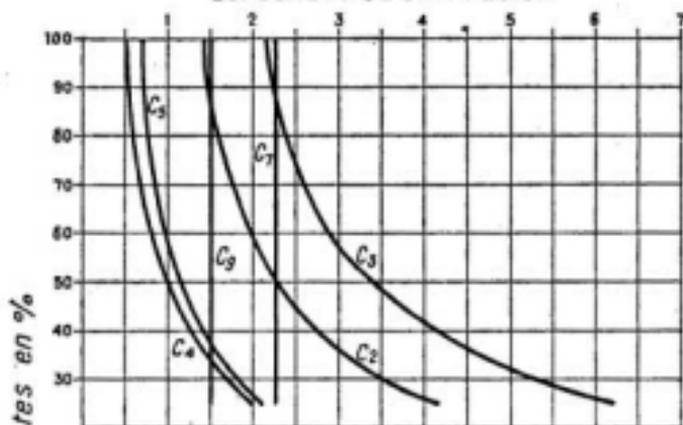
$P_2=P_3=P_4=P_5=P_6 = 1 \text{ Ton.}$, $P_1=P_7 = \frac{1}{2} \text{ Ton.}$, $R_1=R_2 = 3 \text{ Tons.}$
 $p = 50\%$, $\alpha = 26^\circ 30'$

Escala de fuerzas $\overline{1 \text{ Ton.}}$

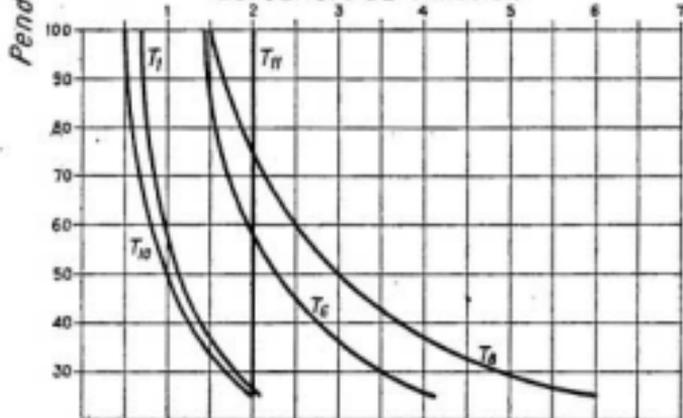


(Medio diagrama).

ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



ESFUERZOS DE TRACCIÓN



COMPRESIÓN									
Nº	ESP ²⁰	LUZ 9 MTS	LUZ 10'50 MTS	LUZ 12 MTS	LUZ 13'50 MTS	LUZ 15 MTS	LUZ 16'30 MTS	LUZ 18 MTS	P
2	1.350	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x8	21.30x80x8	21.40x85x5	21.40x85x7	600 Kgs.
3	2.000	id	id	id	id	id	id	id	
4	800	id	id	id	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	
7	560	id	id	id	id	id	id	id	
9	1.350	id	id	id	id	id	id	id	
2	2.750	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x8	21.40x85x5	21.40x85x7	21.50x90x9	21.50x90x9	1000 Kgs.
3	1.350	id	id	id	id	id	id	id	
4	1.000	id	id	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	
7	1.100	id	id	id	id	id	id	id	
9	2.750	id	id	id	id	id	id	id	
2	3.360	21.30x80x6	21.40x85x5	21.40x85x7	21.50x90x9	21.50x90x9	21.50x90x9	21.50x90x11	1500 Kgs.
3	5.000	id	id	id	id	id	id	id	
4	1.500	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	
5	1.650	id	id	id	id	id	id	id	
9	2.750	id	id	id	id	id	id	id	
2	4.500	21.30x80x6	21.40x85x7	21.50x90x9	21.50x90x9	21.50x90x11	21.50x90x8	21.50x90x10	2000 Kgs.
3	5.100	id	id	id	id	id	id	id	
4	2.000	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	
7	2.200	id	id	id	id	id	id	id	
9	3.000	id	id	id	id	id	id	id	
2	5.630	21.40x85x7	21.50x90x9	21.50x90x9	21.50x90x11	21.50x90x8	21.50x90x10	21.60x90x9	2500 Kgs.
3	8.370	id	id	id	id	id	id	id	
4	2.500	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	
5	2.750	id	id	id	id	id	id	id	
9	3.750	id	id	id	id	id	id	id	
2	6.720	21.40x85x7	21.50x90x9	21.50x90x9	21.50x90x11	21.60x90x8	21.60x90x9	21.70x90x9	3000 Kgs.
3	10.000	id	id	id	id	id	id	id	
4	3.000	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.30x80x4	21.40x85x7	21.40x85x7	
5	3.200	id	id	id	id	id	id	id	
9	4.500	id	id	id	id	id	id	id	

TRACCIÓN												
Nº	P=600 Kgs.		P=1000 Kgs.		P=1500 Kgs.		P=2000 Kgs.		P=2500 Kgs.		P=3000 Kgs.	
	ESM	PERFILES	ESM	PERFILES	ESM	PERFILES	ESM	PERFILES	ESM	PERFILES	ESM	PERFILES
1	860	igual (2)	1100	igual (2)	1650	igual (2)	2200	igual (2)	2750	igual (2)	3300	igual (2)
2	1.350	igual (5)	2.250	igual (5)	3.360	igual (5)	4.500	igual (5)	5.630	igual (5)	6.720	igual (5)
8	1.800	25x40x45	3.000	25x40x45	4.500	40x50x58	6.000	40x50x58	7.500	45x60x7	9.000	45x60x7
10	600	id.	1.000	id.	1.500	25x40x45	2.000	25x40x45	2.500	25x40x45	3.000	25x40x45
11	1.200	id.	2.000	id.	3.000	id.	4.000	40x50x58	5.000	40x50x58	6.000	40x50x58

CUADRO DE LONGITUDES
(en cms)

Nº	Para luces en metros de.						
	8	10'30	12	13'30	15	16'50	18
1	169	197	224	254	282	310	338
2	169	197	224	254	282	310	338
3	169	197	224	254	282	310	338
4	150	175	200	226	250	275	300
5	169	197	224	254	282	310	338
6	169	197	224	254	282	310	338
7	78	91	100	114	131	143	155
8	150	175	200	226	250	275	300
9	78	91	100	114	131	143	155
10	150	175	200	226	250	275	300
11	78	91	100	114	131	143	155

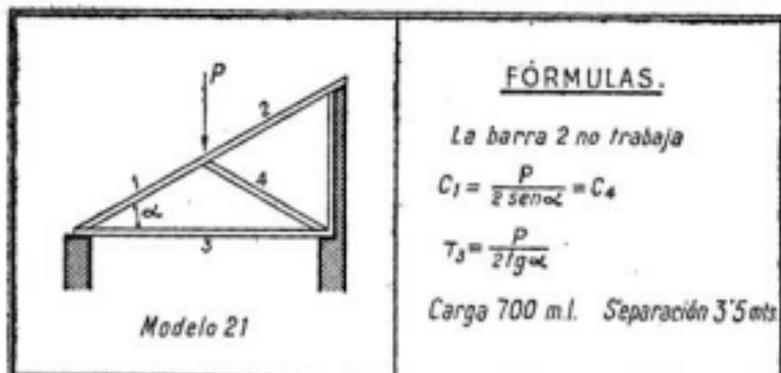
Fórmulas analíticas - P₂=P₃=P₄=P₅=P₆=P_n

$$P_1 = P_7 = \frac{P}{2} "$$

$$T_1 = C_5 = \frac{P}{2 \operatorname{sen} \alpha} - C_4 = T_{10} = \frac{P}{2 \operatorname{tg} \alpha} - C_7 = 2.5 P$$

$$C_2 = T_6 = \frac{P}{\operatorname{sen} \alpha} - T_8 = \frac{3P}{2 \operatorname{tg} \alpha} - C_9 = 1.5 P "$$

$$C_3 = \frac{3P}{2 \operatorname{sen} \alpha} - T_{11} = 2 P.$$



(MODELO 21)

	LUZ 3 MTS.		LUZ 4 MTS.		LUZ 5 MTS.	
	Esfuerzo	Escuadria	Esfuerzo	Escuadria	Esfuerzo	Escuadria
<i>Pendiente 25%</i>						
$C_1 = C_2 = C_4 = 2'06 P$	1.339	105/52	1.172	105/52	2.225	105/76
$T_3 = 2 P$	1.300	105/52	1.720	105/52	2.060	105/52
<i>Pendiente 50%</i>						
$C_1 = C_2 = C_4 = 1'14 P$	684	105/52	889	105/52	1.140	105/52
$T_3 = P$	600	105/52	780	105/52	1.000	105/52
<i>Pendiente 75%</i>						
$C_1 = C_2 = C_4 = 0'85 P$	467	105/52	603	105/52	773	105/52
$T_3 = 0'68 P$	374	105/52	482	105/52	618	105/52

Armaduras de madera a dos vertientes para uralita canaleta. Inclinación 40% (Mod.22).

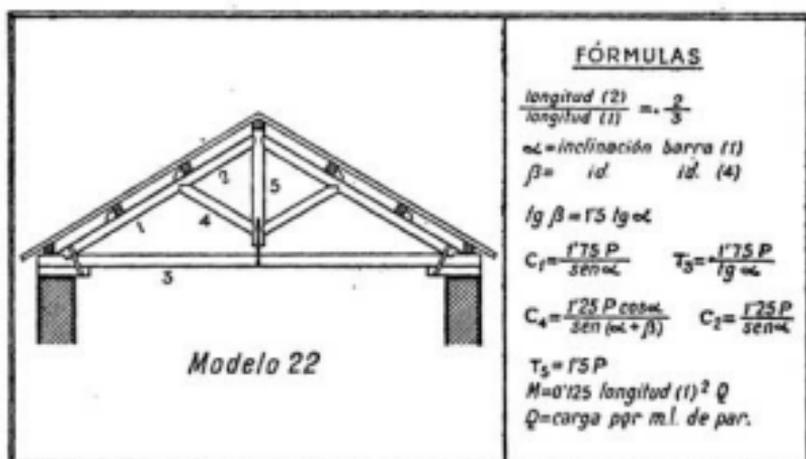
LUZ mts.	Pares. pendolón y tirante. Escuadria		Número de tornapuntas y escuadria.		Pendolón de hierro diámetro
	cms.	Pulgadas	cms.	Pulgadas	
5-6	5 x 15	2 x 6	2 de 5 x 7 1/2	2 de 2 x 3	
6-8	7 1/2 x 15	3 x 6	2 de 7 1/2 x 7 1/2	2 de 3 x 3	
8-9	7 1/2 x 18	3 x 7	2 de 7 1/2 x 9	2 de 3 x 3 1/2	
9-10	7 1/2 x 20	3 x 8	2 de 7 1/2 x 10	2 de 3 x 4	
10-12	7 1/2 x 23	3 x 9	2 de 7 1/2 x 15	2 de 3 x 6	
12-16	7 1/2 x 23	3 x 9	4 de 7 1/2 x 11	4 de 3 x 4 1/2	2 de 12 a 16
16-20	10 x 23	4 x 9	2 de 10 x 15 y 4 de 10 x 11	2 de 4 x 6 y 4 de 4 x 4 1/2	4 de 16 a 19

Correas de madera para uralita canaleta.

Distancia entre correas 1'75 m.

(Modelo 22)

LUZ mts.	ESCUADRIA	
	cms.	Pulgadas
2-3	6 x 10	2 1/2 x 4
3-3'8	5 x 15	2 x 6
3'8-4'3	5 x 18	2 x 7
4'3-4'8	6 x 18	2 1/2 x 7
4'8-5'3	6 x 20	2 1/2 x 8
5'3-5'7'5	7 1/2 x 20	3 x 8



FÓRMULAS

$$\frac{\text{longitud (2)}}{\text{longitud (1)}} = \frac{2}{3}$$

$\alpha =$ inclinación barra (1)

$\beta =$ id. id. (4)

$$\lg \beta = 15 \lg \alpha$$

$$C_1 = \frac{175 P}{\text{sen} \alpha} \quad T_5 = \frac{175 P}{\lg \alpha}$$

$$C_4 = \frac{175 P \cos \alpha}{\text{sen} (\alpha + \beta)} \quad C_2 = \frac{175 P}{\text{sen} \alpha}$$

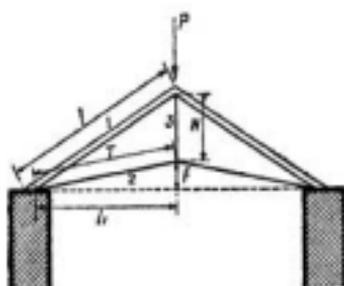
$$T_5 = 15 P$$

$$M = 0.125 \text{ longitud (1)}^2 Q$$

Q = carga ppr ml. de par.

Fórmulas para cualquier carga	Q = 700 Kgs./ml. 200 Kgs./m ²													
	LUZ 6 MTS.		LUZ 7 MTS.		LUZ 8 MTS.		LUZ 9 MTS.		LUZ 10 MTS.		LUZ 11 MTS.		LUZ 12 MTS.	
	Esfzo	Dimn.	Esfzo	Dimn.	Esfzo	Dimn.	Esfzo	Dimn.	Esfzo	Dimn.	Esfzo	Dimn.	Esfzo	Dimn.
Pendiente 25 %														
C ₁ = 72 P	6.199	205x76	1.207	230x76	8.263	230x80	9.273	236x80	10.332	236x82	11.340	236x70	12.398	236x110
T ₅ = 7 P	6.027	105x76	7.007	105x76	8.036	105x76	9.016	105x76	10.045	105x76	11.025	105x76	12.054	105x76
C ₂ = 514 P	4.425	205x76	5.145	230x76	5.900	230x80	6.620	236x80	7.375	236x82	8.095	236x110	8.851	236x210
C ₄ = 214 P	1.842	76x76	2.142	76x76	2.456	105x76	2.756	105x76	3.070	205x76	3.370	205x76	3.685	205x76
T ₅ = 15 P	1.291	205x76	1.501	230x76	1.722	230x80	1.932	236x80	2.152	236x82	2.362	236x110	2.583	236x210
M = 0.125 Q l ²	300		400		500		660		900		1.000		1.170	
Pendiente 50 %														
C ₁ = 339 P	3.603	205x76	4.204	230x76	4.804	236x80	5.460	236x82	6.066	236x82	6.552	236x110	7.098	236x210
T ₅ = 35 P	3.234	76x76	3.773	76x76	4.312	76x76	4.800	76x76	5.390	76x76	5.880	105x76	6.370	105x76
C ₂ = 27 P	2.434	205x76	2.910	230x76	3.376	230x80	3.780	236x82	4.158	236x82	4.536	236x110	4.914	236x210
C ₄ = 133 P	1.228	76x76	1.433	105x76	1.638	105x76	1.862	105x76	2.048	105x76	2.234	105x76	2.420	236x76
T ₅ = 15 P	1.366	205x76	1.617	205x76	1.848	230x80	2.100	236x82	2.310	236x82	2.520	236x110	2.730	236x210
M = 0.125 Q l ²	340		460		590		790		950		1.140		1.400	
Pendiente 75 %														
C ₁ = 29 P	3.045	230x76	3.552	230x80	4.060	230x82	4.567	230x82	5.075	236x80	5.727	236x110	6.090	236x210
T ₅ = 23 P	2.415	76x76	2.817	76x76	3.220	76x76	3.622	76x76	4.025	105x76	4.542	105x76	4.830	105x76
C ₂ = 2 P	2.100	230x76	2.450	230x80	2.800	230x82	3.150	236x82	3.500	236x110	3.850	236x210	4.200	236x210
C ₄ = P	1.050	76x76	1.225	76x76	1.400	205x76	1.575	205x76	1.750	205x105	1.925	236x85	2.100	236x105
T ₅ = 15 P	1.575	230x76	1.837	230x76	2.100	230x82	2.362	236x82	2.625	236x110	2.887	236x110	3.150	236x210
M = 0.125 Q l ²	455		620		810		1.020		1.260		1.520		1.820	

El pedón T₅ se dimensiona con arreglo a normas constructivas.



Modelo 23.

FÓRMULAS

Longitud del tirante = T

id. id. pendolón = N

id. id. par = l

Peralte del tirante = p

Tracción en 2 = $P \times \frac{T}{2N}$

Tracción en 3 = $P \times \frac{p}{N}$

Compresión 1 = Tracción (2) $\frac{1}{T}$

Momento flector del par $M = 0.125 Pl$

Carga 700 Kg.m.l. Separación 3.5m.

Fórmulas para cualquier carga.	Peralte $\frac{1}{4}$ de la flecha		Tirante sin peralte $F = 0$		
	LUZ 5 MTS.	LUZ 6 MTS.	LUZ 5 MTS.	LUZ 6 MTS.	LUZ 7 MTS.
	Esfzo. Dimm.	Esfzo. Dimm.	Esfzo. Dimm.	Esfzo. Dimm.	Esfzo. Dimm.
Pendiente 25%					
$T_2 = 2.66 P$	4650kg 1φ 22	5400kg 1φ 25	$T = 2 P$	3500kg φ 20	4200kg φ 22
$T_3 = 0.33 P$	570 .. 1φ 10	700 .. 1φ 10		4200kg φ 22	4900kg φ 25
$C_1 = 2.72 P$	4760 .. 230x105	5600 .. 230x152	$C_1 = 2.1 P$	3700 .. 230x105	4400 .. 230x152
$M = 0.125 Pl$	350mkg	790 ..	M	500mkg	790 ..
Pendiente 50%					
$T_2 = 1.35 P$	2600kg 1φ 18	3100kg 1φ 18	$T_2 = P$	2000kg φ 16	2300kg φ 16
$T_3 = 0.33 P$	635 .. 1φ 10	785 .. 1φ 10		2300kg φ 16	2668kg φ 18
$C_1 = 1.75 P$	2990 .. 230x105	3500 .. 230x105	$C_1 = 1.12 P$	2200 .. 230x105	2600 .. 230x105
$M = 0.125 Pl$	600mkg	865 ..	M	600 ..	865 ..
Pendiente 75%					
$T_2 = 0.9 P$	2000kg 1φ 16	2400kg 1φ 16	$T_2 = 0.67 P$	1500kg φ 14	1780kg φ 14
$T_3 = 0.33 P$	740 .. 1φ 10	870 .. 1φ 10		1780kg φ 14	2100kg φ 16
$C_1 = 1.12 P$	2500 .. 230x105	3000 .. 230x152	$C_1 = 0.83 P$	1860 .. 230x105	2200 .. 230x152
$M = 0.125 Pl$	700mkg	1000 ..	M	700 ..	1000 ..

Momentos resistentes:

$$W \times (230 \times 105) = 930$$

$$W \times (230 \times 152) = 1.350$$

$$W \times (230 \times 210) = 1.860$$

EJERCICIO DE APLICACION

EJEMPLO DE CALCULO

A continuación colocamos un ejemplo para que sirva de orientación al lector y le ayude a metodizar el cálculo.

Descomponemos la cubierta en los siete modelos de cerchas que se dibujan (C-1, C-2, C-3, MC-1, MC-2, MC-3 y C-4), señalándose en la planta con la misma indicación las que son iguales o prácticamente iguales.

Para estudiar claramente las superficies que cargan sobre cada cercha rayamos aquellas que pueden ofrecer duda (por ejemplo, las C-2 y la C-4).

A título de modelo de cálculo calculamos la armadura C-1, haciendo uso de las fichas cuyo uso recomendamos en el texto.

Comenzamos por rellenar la ficha F.1, en la que reflejamos el ángulo y su pendiente ($\tan \alpha$), la luz de la cercha, la separación entre cerchas (s) y la de correas (a).

Dibujamos a una escala cualquiera (1/100, por ejemplo) el croquis de la armadura.

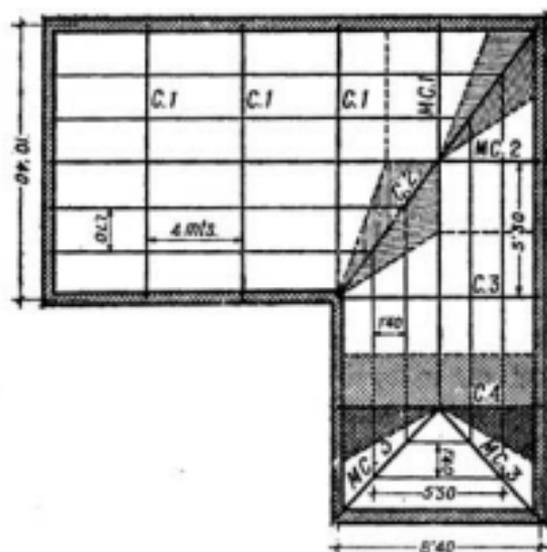
Pasamos ahora a indicar los DATOS PARA EL CALCULO, y para ello escribimos:

Primer cuadro.

Presión del viento = 150 Kgs./m² (tabla de la pág. 44, de presión del viento; tempestad violenta).

Componente normal (N) = 96 Kgs./m² (pág. 45, tabla de presiones normales; interpolando linealmente entre 90 y 103).

Componente vertical = 83 Kgs./m² (pág. 46; fórmula $P_v = P_p \sin (\alpha + 10^\circ) \cos \alpha$).



DATOS

Cubierta: Teja plana.

Cerchas: de hierro.

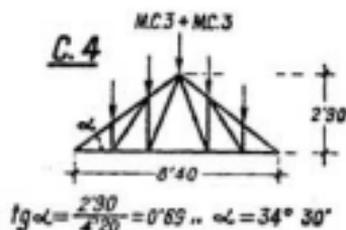
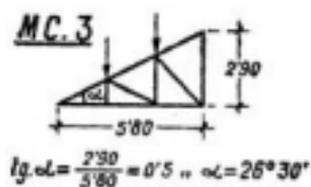
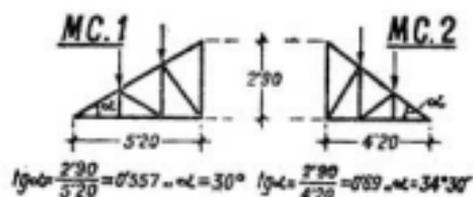
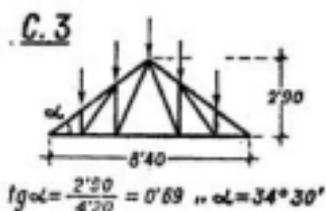
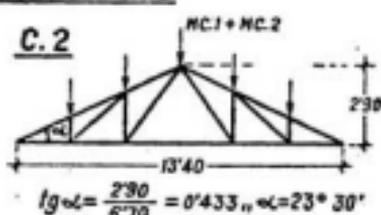
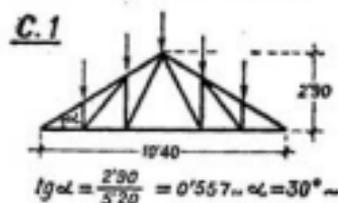
Correas: }
Cabios: } de madera.
Listones: }

Muros de carga de 30 cms.

Altura de cumbrera: 2.90 mts.

Luces: las que figuran en los esquemas.

Descomposición de la cubierta



EJERCICIO DE APLICACIÓN

Segundo cuadro.

Peso tejado y entramado = 77 Kgs./m² (pág. 42).

Nieve = 40 Kgs./m² (pág. 42; carga corriente).

Viento (acción vertical) = 83 Kgs./m² (calculada en el primer cuadro).

Peso propio cercha = 11 Kgs./m² (pág. 41).

Que arrojan un total de 211 Kgs./m².

La carga total vertical por nudo será.

$$P = C_1 \cdot s \cdot a = 211 \cdot 4 \cdot 2 = 1.688 \text{ Kgs.}$$

Al no existir cargas de cumbrera se deja sin rellenar el tercer cuadro.

En la ficha F.2 tenemos el cuadro superior derecho para el cálculo de correas.

Escribimos: $\sin \alpha = (\sin 30^\circ) = 0,500$, $\cos \alpha = (\cos 30^\circ) = 0,866$; a continuación calculamos las cargas P_y y P_x , por medio de las fórmulas de la pág. 56, siendo:

$N = 96 \text{ Kgs./m}^2$ (ya calculado).

$P_v = C_1$ — acción vertical del viento = $211 - 83 = 128 \text{ Kgs./m}^2$.
 $\cos \alpha = 0,866$.

$a =$ separación entre correas = 2 mts.

$\sin \alpha = 0,500$.

Calculados P_y y P_x se procede a calcular los momentos M_x y M_y , determinando a continuación el perfil de la correa, su peso y el de las cinco que componen la totalidad de ellas, por cercha.

Armadura.

En la columna (1) se copian las fórmulas analíticas de cálculo de esfuerzos sacados del modelo elegido (el M.8 en este caso).

En la columna (2), los valores de los esfuerzos en función de la pendiente, los cuales se obtienen de los gráficos del modelo.

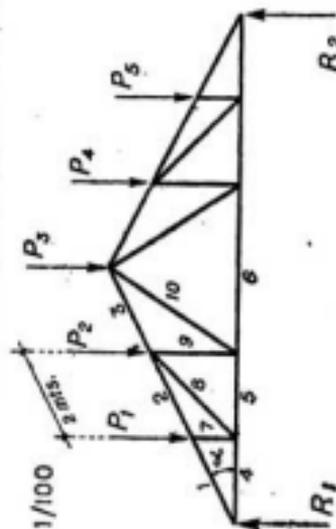
CUBIERTA DE EDIFICIO

Cercha: C.1

F-1

Inclinación = $\begin{cases} \alpha = 30^\circ \sim \\ \text{tg } \alpha = 0.577 \end{cases}$ Luz = 10.40 mts.
 Material de cubierta: Teja plana.

s = separación entre cerchas = 4 metros.
 a = id. id. correas = 2 = id.



ESCALA: 1/100

CROQUIS

(TIPO: M. 6).

DATOS PARA EL CÁLCULO

Presión del viento..... = 150 Kgs./m²
 Componente normal (N)..... = 96 id.
 Componente vertical..... = 83 id.

CARGAS (por m²)

Peso tejado y entramado..... = 77
 Nieve..... = 40
 Viento (acción vertical)..... = 83
 Peso propia cercha..... = 11

TOTAL = C_t = 211 Kgs./m²

OTRAS SOBRECARGAS

No hay.

Cargas por nudo = C_t x s. a = 211 x 4 x 2 = 1.688 Kgs. = P_n

(1) FÓRMULAS	(2) VALOR J	(3) ESFUERZOS		(4) L cms.	(5) TIPO	(6) ESCUADRIA	PESO (7) (KGS.)	F-2
		(A) J.P.	(B) Cables en combinación					
$C_1 = \frac{23 \cdot P}{260 \cdot \alpha}$	5'1	8.600	—	8.600	200	2L	16" - 32' -	$\text{sen } \alpha = 0,500$ $\text{cos } \alpha = 0,866$
$C_2 = \frac{215 \cdot P}{360 \cdot \alpha}$	5'1	8.600	—	8.600	200	"	id. 32' -	$P_y = (N + P_y \cdot \text{cos } \alpha) \cdot \theta = 198 + 129 \times 0,866 \cdot 2 =$ $= 414 \text{ Kgs./m.l.}$
$C_3 = \frac{2 \cdot P}{260 \cdot \alpha}$	4'2	7.080	—	7.080	200	"	id. 32' -	$P_x = P_y \cdot \text{sen } \alpha \cdot \theta = 129 \times 0,5 \times 2 = 129 \text{ Kgs./m.l.}$
$C_7 = P$	1' -	1.688	—	1.688	90	"	id. 32' -	$M_x = 1/8 \cdot l^2 \cdot P_y = \frac{1}{8} \times 4^2 \times 414 = 0,26 \text{ mKgs.}$
$C_9 = 15 \cdot P$	1'5	2.530	—	2.530	175	"	id. 12'07	$M_y = 1/8 \cdot l^2 \cdot P_x = \frac{1}{8} \times 4^2 \times 129 = 2,56 \text{ mKgs.}$
$T_4 = \frac{23 \cdot P}{19 \cdot \alpha}$	4'6	7.750	—	7.750	175	L	50x70x8	PERFIL = C (20) PESO ML = 25'3 Kgs.
$T_5 = \frac{2 \cdot P}{19 \cdot \alpha}$	3'6	6.060	—	6.060	175	"	id. 13'90	PESO de una correa = 101'2 Kgs.
$T_6 = \frac{115 \cdot P}{19 \cdot \alpha}$	2'8	4.700	—	4.700	360	"	id. 28'60	PESO TOTAL = 506 Kgs. (5 correas)
$T_8 = \frac{P \cdot l + 2 \cdot l \cdot \alpha}{2 \cdot l \cdot \alpha}$	1'3	2.200	—	2.200	247	"	25x40x4'5	ESFUERZOS PRODUCIDOS POR OTRAS SOBRECARGAS
$T_{10} = \frac{P \cdot l + 2 \cdot l \cdot \alpha}{2 \cdot l \cdot \alpha}$	1'7	2.880	—	2.880	320	"	id. 6'91	No hay.
							162'92 (Media cercha)	
							365'84 (Cercha completa)	
TOTAL.....							39' -	
PESO: Cartabones y roblones.....							506' -	
PESOS de correas.....							—	
id. de cables.....							20' -	
id. de placas de apoyo.....							930'84	
TOTAL.....								

En la columna (3.A), los valores de J. P (es decir, de los coeficientes de la columna 2 por la carga por nudo P).

En la columna (3.B), las cargas de cumbrera, que en este caso no existen, pero que de existir se obtienen de las fórmulas analíticas del cuadro del modelo elegido.

En la columna (3.C), la suma de las dos últimas indicadas y que corresponderá al esfuerzo total a que está sometida la barra.

En la columna (4) se disponen las longitudes de cada barra en centímetros, las cuales se obtienen por analogía con las ya calculadas en cada modelo o aplicando si la pendiente de la cercha es 0,5, directamente los modelos calculados interpolando entre los valores de la carga por nudo.

En la columna (5), el tipo de barra que se elige.

En la columna (6), la escuadría necesaria.

En la columna (7), los pesos por m/l. y total de cada barra.

En la parte inferior, a la derecha, se disponen los esfuerzos que producen otras cargas.

En la parte inferior de la hoja se refleja el peso total de la cercha.

INDICE

PRÓLOGO... ..	7
---------------	---

GENERALIDADES

Definiciones.—Pendiente de las cubiertas.—Composición de las cubiertas	11- 12
Nomenclatura y designación de las principales cubiertas y de las líneas y piezas que las componen: Líneas.—Nomenclatura de los elementos que forman la obra de cubierta.—Piezas de cubierta.—Composición de las cubiertas	13- 17
Breve reseña de organización: Cubierta de teja plana.—Cubierta de encaje.—Cubierta de teja árabe o lomada.—Cubierta de pizarra.—Cubiertas de fibrocemento	18- 21
Breve reseña de organización de las barras de entramado: Correas.—Cabios.—Cordón superior.—Cordón inferior.—Barras de relleno.—Arriostrado de los cuchillos (Contravientos).—Apoyos.—Empalmes.—Ensambladuras... ..	22- 30
Armaduras soldadas: Armaduras de nudos articulados.—Armaduras de perfiles simples y simples cartelas.—Armaduras de perfiles dobles y cartelas sencillas.—Armaduras de doble cartela.—Armaduras dobles o gemelas.—Armaduras de nudos rígidos.—Reglas fundamentales para el cálculo de uniones soldadas	31- 37

DATOS PARA EL CALCULO

Datos para el cálculo de armaduras de hierro: Peso propio de la armadura.—Peso de la nieve.—Peso de los elementos de cubierta.—Peso del cielo raso.—Presión del viento	41- 46
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

Breves ideas fundamentales para el cálculo de cuchillos triangulados... ..	47- 49
Ligero esbozo de los métodos de cálculo: <i>Método de Cremona o de las figuras recíprocas.</i> — <i>Método de Ritter.</i> — <i>Cálculo de enlistonado.</i> — <i>Cálculo de cabios.</i> — <i>Cálculo de correas.</i> <i>Acero</i>	50- 63

MANEJO DE LOS GRAFICOS, ABACOS Y TABLAS
QUE SE INSERTAN A CONTINUACION

Nomenclatura	67- 68
Cerchas tipo de madera	69
Gráficos de Cerchas, Abacos y Tablas	70-114

EJERCICIO DE APLICACION

Ejemplo de cálculo: <i>Primer cuadro.</i> — <i>Segundo cuadro.</i> — <i>Armadura</i>	117-122
---------------------------------------------------------------------------------------------	---------

