

DISEÑO DE CERCHA TIPO HOWE

INTRODUCCION.-

Definición.-

La cercha es uno de los principales tipos de estructuras empleadas en ingeniería. Proporciona una solución práctica y económica a muchas situaciones de ingeniería, especialmente en el diseño de puentes y edificios. Una armadura consta de barras rectas unidas mediante juntas o nodos. Los elementos de una cercha se unen sólo en los extremos por medio de pasadores sin fricción para formar armazón rígida; por lo tanto ningún elemento continúa más allá de un nodo. Cada cercha se diseña para que soporte las cargas que actúan en su plano y, en consecuencia, pueden considerarse como una estructura bidimensional. Todas las cargas deben aplicarse en las uniones y no en los mismos elementos. Por ello cada cercha es un elemento sometido a fuerzas axiales directas (tracción o compresión).

Configuración

Una armadura simple se obtiene de adicionar barras a la armadura básica triangular. Debe observarse que una armadura simple no está necesariamente formada por triángulos. En una armadura simple el número total de barras es $b=2n-3$, donde n es el número total de nodos. Cuando varias barras se unen entre sí por sus extremos para formar una configuración en tres dimensiones, la estructura obtenida se llama cercha espacial. Las condiciones de equilibrio para cada nodo se expresarán por las tres ecuaciones:

$$\Sigma F_x=0$$

$$\Sigma F_y=0$$

$$\Sigma F_z=0$$

Para evitar la resolución de muchas ecuaciones simultáneas, los nodos deberán seleccionarse cuidadosamente para descartar aquellos que contengan más de tres fuerzas desconocidas. En un sistema estructural conformado por cerchas, se dispone de un sistema de arriostramiento lateral a fin de contrarrestar el desplazamiento longitudinal de la edificación debido a las fuerzas transversales.

Una cercha está formada por los siguientes elementos:

1. Los miembros de arriba cordón superior.
2. Los miembros de abajo cordón inferior.
3. Diagonales.
4. Verticales Montantes o pendolones dependiendo del tipo de esfuerzo.

OBJETIVO.-

Este proyecto tiene el objetivo de dimensionar tanto el entramado como la cercha de madera tipo Howe para ello se tomara las siguientes consideraciones:

Luz de cercha	17 mts.
Separación entre cerchas	6 mts.
Velocidad del viento	80 KM/hr.
Sobrecarga de nieve	50 Kg/m ²

ESPECIFICACIONES DE LA MADERA.-

Fatiga de trabajo.-

Compresión paralela a las fibras	85 Kg/cm ²
Flexión	100 Kg/cm ²
Tracción paralela a las fibras	100 Kg/cm ²
Compresión perpendicular a las fibras	25 Kg/cm ²
Esfuerzo cortante admisible	5 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad	100000 Kg/cm ²

CALCULO.-

Para el cálculo del entramado y de la cercha se seguirán los siguientes pasos y se harán uso de las formulas respectivas.

1. Determinación de todas las cargas que inciden en la cercha y dimensionamiento de todos y cada uno de los elementos que componen el entramado.
2. Calculo de los esfuerzos en todos y cada uno de los elementos que componen la cercha.
3. Dimensionamiento de todos y cada uno de los elementos que componen la cercha.
4. Diseño de uniones.
5. Verificación de los elementos tentativamente dimensionados y debilitados por las uniones diseñadas.
6. Cubicaje por cerchas.

FORMULAS.-

CALCULO DE UNA CERCHA

Se realiza en dos partes:

- 1.- Comprende el cálculo o diseño de los elementos del entramado. Se diseñan listones, cabios, correas, vigas maestras, etc.
- 2.- El diseño de la cercha propiamente dicha.

Previo a este cálculo se verifican y se estipulan los siguientes tres incisos:

A) Comprobación para que un articulado sea isostático.-

$$b + 3 = 2 \times n$$

Donde:

b = numero de barras

n = numero de nudos

B) Pendiente.-

$$\vartheta = \arctg \frac{y}{x}$$

La más económica es: $\frac{1}{2}$

Por razones de arquitectura la más difundida es: $\frac{5}{12}$

C) Presión del viento.-

$$P = C_d \times q$$

$$q = 0.00483 \times V^2$$

Donde:

P = Presión perpendicular a la superficie que ejerce el viento.

q = Presión dinámica.

C_d = Coeficiente adimensional que depende de la posición de la superficie con relación a la dirección del viento, la cual se supone horizontal.

V = Velocidad del viento.

1.- Diseño del entramado.

1.1.- Calculo de listones

$$q_c = q \times e$$

Donde:

e = espaciamiento entre listones.

q = carga muerta mas sobrecargas. Tomar en cuenta que tiene que ser la condición más desfavorable

Flexión.-

$$M = \frac{1}{10} \times q \times l^2$$

Fatiga o esfuerzo.-

$$\sigma'_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{2 \cos \alpha}$$

Donde:

σ'_{adm} = Fatiga en función al ángulo puesto que este trabaja con una flexión oblicua.

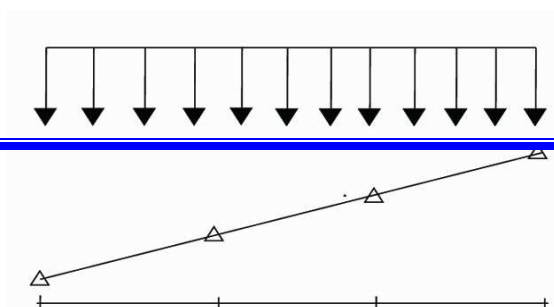
α = ángulo de la pendiente.

Modulo resistente.-

$$S = \frac{M}{\sigma'_{adm}}$$

Nota: Para disminuir la sección del listón, se colocan mas cabios entre cerchas para disminuir la luz o la separación entre listones.

1.2.- Calculo de los cabios



$$q_c = q \times 2$$

q = Carga de los listones que vienen apoyados a los cabios.

q_c = Carga que es transmitida a los cabios por los listones y la cubierta.

$$q_{Tc} = q_c \times PP_c$$

Donde:

PP_c = peso propio de los cabios.

q_{tc} = carga total de los cabios.

Flexión.-

$$M = \frac{1}{10} \times q \times l^2$$

Modulo resistente.-

$$S = \frac{M}{\sigma_{adm}}$$

Reacciones.-

$$R = \frac{1}{2} \times q_{Tc} \times l$$

Corte.-

$$\tau = \frac{3}{2} \times \frac{R}{A}$$

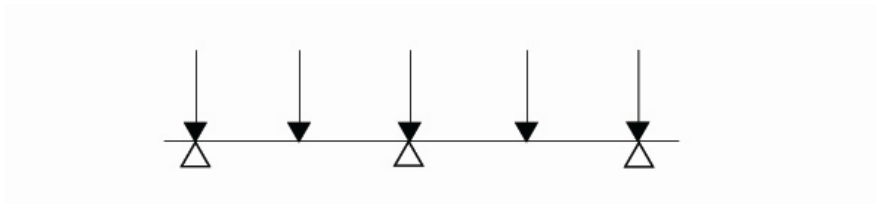
Flecha.-

$$f = \frac{4}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times I}$$

Aplastamiento.-

$$\sigma_{aplast} = \frac{2 \times R}{2.54 \times b \times h}$$

1.3.- Calculo de las correas.-



$$P = 2 \times R$$

Fatiga o esfuerzo.-

$$\sigma'_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{2 \cos \alpha}$$

Flexión.-

$$M = \frac{1}{4} \times P \times l$$

2.- Calculo de la cercha

Peso muerto.-

$PP = PP \text{ cubierta y entramado} + PP \text{ cercha}$

Luego:

$$P_1 = \frac{e \times l \times PP}{n}$$

Donde:

P_1 = Carga para determinar los esfuerzos en cada uno de los elementos.

e = espaciamiento.

l = luz.

n = numero de nudos.

Nieve.-

$$P_2 = \frac{e \times l \times P}{n}$$

Donde:

P = Peso de la nieve.

Viento.-

$$q = 0.00483 \times V^2$$

$$\vartheta = \arctg \frac{y}{x}$$

$$P = C_d \times q$$

$$H = \frac{l}{2 \times \cos \vartheta}$$

Donde:

H = cordón superior o par

Luego:

Obtener C_d del barlovento y del sotavento.

Entonces:

$$P_s = \frac{H \times C_{dsot} \times 4}{3}$$

$$P_b = \frac{H \times C_{dbar} \times 4}{3}$$

Donde:

P_s = Peso del sotavento.

P_b = Peso del barlovento.

Es con estas cargas que se determinan los esfuerzos.

CALCULO DE LA CERCHA.

Se realiza en dos partes:

A. Comprende el cálculo o el diseño de los elementos del entramado. Se diseñan listones, cabios, correas, vigas maestras.

B. El diseño de la cercha propiamente dicha.

1.- ANALISIS DE CARGA.

Comprende cargas muertas y vivas.

- Peso propio de la cubierta:
Calamina de 6 – 8 Kg/m².
- Peso propio de las cerchas.
Cerchas corrientes 0,95L Kg/m².
- Peso de la nieve.
50 Kg/m².
- Velocidad del viento.
80 Km/h.

PARTE A.

DISEÑO DEL ENTRAMADO.

Calculo de listones.

Listones: 10 Kg/m².

Calamina: 6 Kg/m^2 .
 16 Kg/m^2 .

Sobrecargas.

SC. Nieve = 50 Kg/m^2 .

SC. Viento = 80 Km/h .

$$\text{Tg } \alpha = \frac{5}{12}$$

$$\alpha = 22,62^\circ$$

$$q = 0,00483 \times 80^2$$

$$q = 30,91 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Ahora como $\alpha < 30^\circ$ se tiene:

Barlovento: $Cd = 0.007 \times \alpha - 2.10$
 $Cd = 0.007 \times 22,62 - 2.10$
 $Cd = -0,52$

Sotavento: **$Cd = -0,6$**

Con ello tenemos:

$$Pb = -0.52 \cdot 30.91 = -16.07 \text{ kg/m}^2$$

$$Ps = -0.6 \cdot 30.91 = -18.55 \text{ kg/m}^2$$

NOTA.- El signo (-) negativo, indica que en los lados de la cubierta existe succión. Entonces para nuestro calculo, la peor situación para el listón es cuando no actúa el viento ya que por lo contrario favorece al cálculo.

Luego	$q = 16 + 50 = 66 \text{ kg/m}^2$
Luz del Listón	$L = 1,50 \text{ m}$
Espaciamiento entre listones	$e = 0.90 \text{ m}$

Entonces:

$$q_c = 66 \cdot 0.90$$

$$q_c = 59,40 \text{ kg/m}$$

Flexión.-

$$Mto = \frac{1}{10} \cdot q \cdot l^2$$

$$Mto = \frac{1}{10} \times 59,40 \times 1,5^2$$

$$Mto = 1337 \text{ kg} \times \text{cm}$$

Flexión oblicua.-

$$\sigma' = \frac{\sigma \text{ adm}}{2 \cdot \cos \alpha}$$

$$\sigma' = \frac{85}{2 \cdot \cos 22.62^\circ}$$

$$\sigma' = 46.04 \text{ kg/cm}^2$$

Modulo resistente.-

$$S = \frac{Mto}{\sigma'}$$

$$S = \frac{1337 \text{ Kg} \times \text{cm}}{46.04 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$S = 29,04 \text{ cm}^3$$

Por lo que se toma una escuadría de:

$$\begin{array}{l} 2'' \times 3'' \\ A = 27,52 \text{ cm}^2 \\ S = 30,58 \text{ cm}^3 \\ I = 101,95 \text{ cm}^4 \end{array}$$

Verificación:

Flexión oblicua.-

$$\sigma = \frac{b \times M_{to}}{a \times b} \left(\frac{\cos \alpha}{b} + \frac{\sin \alpha}{a} \right)$$

$$\sigma = \frac{6,67 \times 1337}{4,13 \times 6,67} \left(\frac{\cos 22,62}{6,67} + \frac{\sin 22,62}{4,13} \right)$$

$$\sigma = 75,02 \text{ Kg/cm}^2$$

Como: $\sigma < \sigma_{adm}$ **ok**

Corte.-

$$R = \frac{1}{2} \times q_{Tc} \times l$$

$$R = \frac{1}{2} \times 59,40 \times 1,5$$

$$R = 44,55 \text{ Kg}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \times \frac{R}{A}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \times \frac{44,55}{27,52}$$

$$\tau = 2,43 \text{ Kg/cm}^2$$

Como: $\tau < \tau_{adm}$ **ok**

Flecha.-

$$f = \frac{4}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times I}$$

$$f = \frac{4}{384} \times \frac{0,594 \times 150^4}{100000 \times 101,95}$$

$$f = 0,31 \text{ cm}$$

$$f_{adm} = \frac{l}{350}$$

$$f_{adm} = \frac{150}{350}$$

$$f_{adm} = 0,43 \text{ cm}$$

Como: $f_{adm} > f$ **OK**

Aplastamiento.-

Con una entrega de: 15/8 "

$$\sigma_{aplast} = \frac{2 \times R}{2.54 \times b \times h}$$

$$\sigma_{aplast} = \frac{2 \times 44,55}{2.54^2 \times 1\frac{5}{8} \times 1\frac{5}{8}}$$

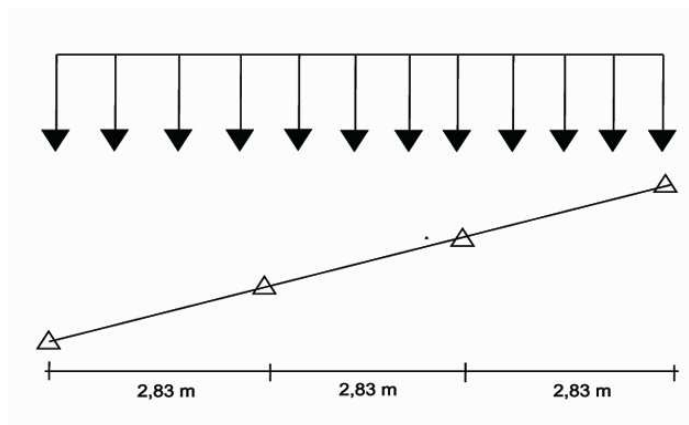
$$\sigma_{aplast} = 5,23 \text{ Kg/cm}^2$$

Como: $\sigma_{aplast} < \sigma_{adm}$ **OK**

Como se cumplió con todos los requerimientos entonces la escuadría para los listones es de:

2" x 3"

Calculo de los cabios:



$$q_c = q \times l$$

$$q_c = 66 \times 1,5$$

$$q_c = 99 \frac{Kg}{m}$$

Donde:

q = Carga de los listones que vienen apoyados a los cabios.

q_c = Carga que es transmitida a los cabios por los listones y la cubierta.

Luego:

$$q_{Tc} = q_c + PP_c$$

$$q_{Tc} = 99 \times 5$$

$$q_{Tc} = 104 \frac{Kg}{m}$$

Donde:

PP_c = Peso propio de los cabios (5 Kg/m)

q_{tc} = carga total de los cabios.

Flexión.-

$$M = \frac{1}{10} \times q_c \times l^2$$

$$M = \frac{1}{10} \times 104 \times 2,83^2$$

$$M = 8329 Kg \times cm$$

Modulo resistente.-

$$S = \frac{M}{\sigma_{adm}}$$

$$S = \frac{8929}{85}$$

$$S = 97,93 cm^3$$

Por lo que se toma una escuadría de:

$$2" \times 6" \quad \begin{aligned} A &= 58,95 \text{ cm}^2 \\ S &= 140 \text{ cm}^3 \\ I &= 1002,50 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Corte.-

$$R = \frac{1}{2} \times q_{Tc} \times l$$

$$R = \frac{1}{2} \times 104 \times 2,83$$

$$R = 147,16 \text{ Kg.}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \times \frac{R}{A}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \times \frac{147,16}{58,95}$$

$$\tau = 3,745 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Como: $\tau < \tau_{adm}$ **ok**

Flecha.-

$$f = \frac{4}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times I}$$

$$f = \frac{4}{384} \times \frac{1,04 \times 283^4}{100000 \times 1002,50}$$

$$f = 0,69 \text{ cm}$$

$$f_{adm} = \frac{l}{350}$$

$$f_{adm} = \frac{283}{350}$$

$$f_{adm} = 0,81 \text{ cm}$$

Como: $f_{adm} > f$ **OK**

Aplastamiento.-

$$\sigma_{aplast} = \frac{2 \times R}{2,54 \times b \times h}$$

$$\sigma_{aplast} = \frac{2 \times 147,16}{(1,625 \times 2,54)^2}$$

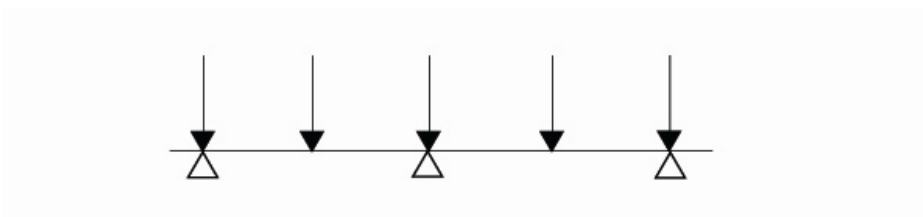
$$\sigma_{aplast} = 17,28 \text{ Kg/cm}^2$$

Como: $\sigma_{aplast} < \sigma_{adm}$ **OK**

Como se cumplió con todos los requerimientos entonces la escuadría para los cabios es de:

2" x 6"

Calculo de las correas.-



$$P = 2 \times R$$

$$P = 2 \times 147,16$$

$$P = 294,32 \text{ Kg}$$

Flexión oblicua.-

$$\sigma'_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{2 \cos \alpha}$$

$$\sigma'_{adm} = \frac{85}{2 \times \cos(22,62)}$$

$$\sigma'_{adm} = 46,04 \frac{Kg}{cm^2}$$

Flexión.-

$$M = \frac{1}{4} \times P \times l$$

$$M = \frac{1}{4} \times 294,32 \times 6$$

$$M = 44148 \text{ Kg cm}$$

Modulo resistente.-

$$S = \frac{M}{\sigma_{adm}}$$

$$S = \frac{44148}{85}$$

$$S = 958,91 \text{ cm}^3$$

Por lo que se toma una escuadría de:

$$\begin{aligned} 4" \times 12" \quad A &= 268,90 \text{ cm}^2 \\ S &= 1390 \text{ cm}^3 \\ I &= 19112 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Corte.-

$$R = \frac{1}{2} \times P$$

$$R = \frac{1}{2} \times 294,32$$

$$R = 147,16 \text{ Kg.}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \times \frac{R}{A}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \times \frac{147,16}{268,90}$$

$$\tau = 0,82 \frac{Kg}{cm^2}$$

Como: $\tau < \tau_{adm}$ **ok**

Flecha.-

$$f = \frac{1}{48} \times \frac{P \times l^3}{E \times I}$$

$$f = \frac{1}{48} \times \frac{94,32 \times 600^3}{100000 \times 19112}$$

$$f = 0,69 \text{ cm}$$

$$f_{adm} = \frac{l}{350}$$

$$f_{adm} = \frac{600}{350}$$

$$f_{adm} = 1,71 \text{ cm}$$

Como: $f_{adm} > f$ **OK**

Aplastamiento.-

$$\sigma_{aplast} = \frac{R}{A_{aplast}}$$

$$\sigma_{aplast} = \frac{147,16}{(3,63 \times 2,54)^2}$$

$$\sigma_{aplast} = 1,74 \text{ Kg/cm}^2$$

Como: $\sigma_{aplast} < \sigma_{adm}$ **OK**

Como se cumplió con todos los requerimientos entonces la escuadría para las vigas maestras es de:

4" x 12"

PARTE B.

CALCULO DE LA CERCHA.

Se analiza para las tres cargas que inciden.

- Carga muerta.
- Carga viento.
- Carga nieve.

P.P cubierta y entramado = 25 Kg/m².

P.P cercha = 0,95L=0,95x17 = 16,15 Kg/m².

$$41,15 \text{ Kg/m}^2 \cong 42 \text{ Kg/ m}^2$$

Carga total de la cercha.

$$C_{cercha} = 41,15 \times 6 \times 17$$

$$C_{cercha} = 4197,30 \text{ Kg.}$$

Carga total por nudo.

$$C_{nudo} = \frac{C_{cercha}}{nudos - 1}$$

$$C_{nudo} = \frac{4197,30}{7 - 1}$$

$$C_{nudo} = 700 \text{ Kg.}$$

- Sobre carga nieve = 50 Kg/m².

$$P_2 = \frac{6 \times 17 \times 50}{6}$$

$$P_2 = 850 \text{ Kg.}$$

- **Viento**

Viento = 80 Kg/h

$$\alpha = 22,6^\circ$$

$$P_b = 0,00483xV^2 = 30,91 \text{ Kg/m}^2.$$

De tabla tenemos:

$$\begin{aligned}\text{Barlovento: } Cd &= 0.007 \times \alpha - 2.10 \\ Cd &= 0.007 \times 22,62 - 2.10 \\ Cd &= -0,52\end{aligned}$$

$$\text{Sotavento: } Cd = -0,6$$

Con ello tenemos:

$$q_B = -16.07 \text{ kg/m}^2$$

$$q_s = -18.55 \text{ kg/m}^2$$

$$P_B = \frac{9,20 \times 6 \times (-16,07)}{3} = -295,69 \text{ kg/m}^2$$

$$P_s = \frac{9,20 \times 6 \times (-18,55)}{3} = -341,32 \text{ kg/m}^2$$

Tabla de esfuerzos combinados:

Pre-Diseño:

Con la barra más solicitada dimensionaremos el ancho de toda la cercha, para las barras 11 y 12.

Para esto tenemos la barra 1 y 6 con una fuerza de compresión de $N = 10142,3$ Kg. y una longitud de 3,06 m.

Barra 1 – 6.

1^{er} tanteo:

$$d = 3'' \left(3 \frac{5}{8}'' = 3,625''\right)$$

$$\lambda = \frac{l}{d}$$

$$\lambda = \frac{306}{3,625 \times 2,54}$$

$$\lambda = 33,23$$

De la ecuación:

$$C_k = 0,7025 \times \sqrt{\frac{E}{f_c}}$$

$$C_k = 0,7025 \times \sqrt{\frac{100000}{85}}$$

$$C_k = 24,10$$

Se cumple que: $24,10 < 33,23 < 50$

Entonces tenemos:

Una columna larga.

$$N = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$10142,3 = 0,329 \times \frac{100000 \times A}{33,23^2}$$

$$A = 340,41 \text{ cm}^2$$

Por lo que se obtiene una escuadría de:

$$4" \times 16" \quad A = 362,42 \text{ cm}^2$$

Verificando:

$$N_{adm} = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 10798,10 \text{ Kg} \quad \text{Donde:} \quad N_{adm} > N \quad \text{OK}$$

Barra 2 – 5.

Fuerza de compresión $N = 8138,54 \text{ Kg}$.
Longitud = 306 cm.

$$d = 3" \left(3 \frac{5}{8}" = 3,625"\right)$$

$$\lambda = \frac{l}{d}$$

$$\lambda = \frac{306}{3,625 \times 2,54}$$

$$\lambda = 33,23$$

Entonces tenemos:

$$N = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$8138,54 = 0,329 \times \frac{100000 \times A}{33,23^2}$$

$$A = 273,16 \text{ cm}^2$$

Por lo que se obtiene una escuadría de:

$$4" \times 14" \quad A = 315,66 \text{ cm}^2$$

Verificando:

$$N_{adm} = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 9404,91 \text{ Kg}$$

Donde: $N_{adm} > N$ **OK**

Barra 3 – 4.

Fuerza de compresión $N = 6102,77 \text{ Kg}$.

Longitud = 306 cm.

$$d = 3'' \left(3 \frac{5}{8}'' = 3,625'' \right)$$

$$\lambda = \frac{l}{d}$$

$$\lambda = \frac{306}{3,625 \times 2,54}$$

$$\lambda = 33,23$$

Entonces tenemos:

$$N = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$6101,77 = 0,329 \times \frac{100000 \times A}{33,23^2}$$

$$A = 204,83 \text{ cm}^2$$

Por lo que se obtiene una escuadría de:

$$4'' \times 10'' \quad A = 222,13 \text{ cm}^2$$

Verificando:

$$N_{adm} = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 6618,24 \text{ Kg}$$

Donde: $N_{adm} > N$ **OK**

Barra 14 – 20.

Fuerza de compresión $N = 1993,63 \text{ Kg}$.

Longitud = 306 cm.

$$d = 3'' \left(3 \frac{5}{8}'' = 3,625''\right)$$

$$\lambda = \frac{l}{d}$$

$$\lambda = \frac{306}{3,625 \times 2,54}$$

$$\lambda = 33,23$$

Entonces tenemos:

$$N = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$1993,63 = 0,329 \times \frac{100000 \times A}{33,23^2}$$

$$A = 66,91 \text{ cm}^2$$

Por lo que se obtiene una escuadría de:

$$4'' \times 4'' \quad A = 84,75 \text{ cm}^2$$

Verificando:

$$N_{adm} = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 2525,08 \text{ Kg}$$

Donde: $N_{adm} > N \quad \mathbf{OK}$

Barra 16 – 18.

Fuerza de compresión $N = 2449,05$ Kg.

Longitud = 367 cm.

$$d = 3'' \text{ (} 3 \frac{5}{8}'' = 3,625'' \text{)}$$

$$\lambda = \frac{l}{d}$$

$$\lambda = \frac{367}{3,625 \times 2,54}$$

$$\lambda = 39,86$$

De la ecuación:

$$C_k = 0,7025 \times \sqrt{\frac{E}{f_c}}$$

$$C_k = 0,7025 \times \sqrt{\frac{100000}{85}}$$

$$C_k = 24,10$$

Se cumple que: $24,10 < 39,86 < 50$

Entonces tenemos:

$$N = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$2449,05 = 0,329 \times \frac{100000 \times A}{33,23^2}$$

$$A = 118,27 \text{ cm}^2$$

Por lo que se obtiene una escuadría de:

$$4'' \times 6'' \quad A = 131,51 \text{ cm}^2$$

Verificando:

$$N_{adm} = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 2723,20 \text{ Kg}$$

Donde: $N_{adm} > N$ **OK**

TRACCION.-

Barra 7 - 8 - 11 - 12.

Fuerza de tracción N = 9372,87 Kg.

Longitud = 283 cm.

Para esfuerzos traccionables se reduce un 20%, entonces:

$$f_t = 0,80 \times 85$$

$$f_t = 0,68 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_{necesaria} = \frac{N}{f_t}$$

$$A_{necesaria} = \frac{9372,87}{68}$$

$$A_{necesaria} = 137,84 \text{ cm}^2$$

Por lo que se obtiene una escuadría de:

$$4" \times 8" \quad A = 175,37 \text{ cm}^2$$

Verificando:

$$N_{adm} = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 11925,16 \text{ Kg}$$

Donde: $N_{adm} > N$ **OK**

Barra 9 - 10.

Fuerza de tracción N = 7530,47 Kg.

Longitud = 230 cm.

$$A_{necesaria} = \frac{N}{f_t}$$

$$A_{necesaria} = \frac{7530,47}{68}$$

$$A_{necesaria} = 110,74 \text{ cm}^2$$

Por lo que se obtiene una escuadría de:

$$4" \times 6" \quad A = 131,51 \text{ cm}^2$$

Verificando:

$$N_{adm} = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 8942,68 \text{ Kg}$$

Donde: $N_{adm} > N$ **OK**

Barra 17.

Fuerza de tracción $N = 3113,29 \text{ Kg}$.

Longitud = 230 cm.

$$A_{necesaria} = \frac{N}{f_t}$$

$$A_{necesaria} = \frac{3113,29}{68}$$

$$A_{necesaria} = 45,78 \text{ cm}^2$$

Por lo que se obtiene una escuadría de:

$$3" \times 4" \quad A = 61,40 \text{ cm}^2$$

Verificando:

$$N_{adm} = 0,329 \times \frac{E \times A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 4175,20 \text{ Kg}$$

Donde: $N_{adm} > N$ **OK**

Barra 13 - 21.

Fuerza de tracción $N = 0 \text{ Kg}$.

Por lo que se obtiene una escuadría de:

$$3" \times 4" \quad A = 61,40 \text{ cm}^2$$

DISEÑO DE UNIONES.

Para este diseño se tomo en cuenta las siguientes consideraciones:

$$P_{10} = k \times \sigma_{adm} \times l \times d \times 2,54^2$$

Donde se adopta un diámetro y una longitud para todas las uniones de:

$$d = \frac{7}{8} = 0,875"$$

$$L = 4" = 3\frac{5}{8} = 3,625"$$

$$K = \frac{l}{d}$$

$$K = \frac{3,625}{0,875}$$

$$K = 4,143$$

Interpolando:

4	–	0,974
4,5	–	0,938

$$4,5 - 4 = 0,50$$

$$4,5 - 4,143 = 0,36$$

$$0,974 - 0,938 = 0,036$$

$$0,50 \quad - \quad 0,036$$

$$0,36 \quad - \quad x$$

Entonces:

$$x = \frac{0,036 \times 0,36}{0,50} = 0,026$$

$$k_{4,143} = 0,026 + 0,938 = 0,964$$

$$P_{10} = k \times \sigma_{adm} \times l \times d \times 2,54^2$$

$$P_{10} = 0,964 \times 85 \times 3,625 \times 0,875 \times 2,54^2$$

$$P_{10} = 1676,80 \text{ Kg.}$$

Calculo del número de pernos en las uniones.

Para este cálculo se utiliza los esfuerzos máximos obtenidos, sin tomar en cuenta los signos de tracción o compresión.

$$\#pernos = \frac{\text{esfuerzo max.}}{P_{10}}$$

Barra 1 – 6

$$\#pernos = \frac{\text{esfuerzo max.}}{P_{10}}$$

$$\#pernos = \frac{10142,3}{1676,8} = 6,01$$

$$\#pernos \equiv 6$$

Barra 2 – 5

$$\#pernos = \frac{\text{esfuerzo max.}}{P_{10}}$$

$$\#pernos = \frac{8138,54}{1676,8} = 4,853$$

$$\#pernos \equiv 5$$

Barra 3 – 4

$$\#pernos = \frac{\text{esfuerzo max.}}{P_{10}}$$

$$\#pernos = \frac{6102,77}{1676,8} = 3,639$$

$$\#pernos \equiv 4$$

Barra 7 – 8 – 11 - 12

$$\#pernos = \frac{\text{esfuerzo max.}}{P_{10}}$$

$$\#pernos = \frac{9372,87}{1676,8} = 5,589$$

$$\#pernos \equiv 6$$

Barra 9 – 10

$$\#pernos = \frac{\text{esfuerzo max.}}{P_{10}}$$

$$\#pernos = \frac{7530,47}{1676,8} = 4,49$$

$$\#pernos \equiv 5$$

Barra 13 – 21

$$\#pernos = \frac{\text{esfuerzo max.}}{P_{10}}$$

$$\#pernos = \frac{0}{1676,8} = 0$$

Pero por norma se debe colocar **#pernos \equiv 2**

Barra 14 – 20

$$\#pernos = \frac{\text{esfuerzo max.}}{P_{10}}$$

$$\#pernos = \frac{1993,63}{1676,8} = 1,188$$

#pernos \equiv 2

Barra 15 – 19

$$\#pernos = \frac{\text{esfuerzo max.}}{P_{10}}$$

$$\#pernos = \frac{761,69}{1676,8} = 0,45$$

#pernos \equiv 2

Barra 16 – 18

$$\#pernos = \frac{\text{esfuerzo max.}}{P_{10}}$$

$$\#pernos = \frac{2449,05}{1676,8} = 1,46$$

#pernos \equiv 2

Barra 17

$$\#pernos = \frac{esfuerzo\ max.}{P_{10}}$$

$$\#pernos = \frac{3113,29}{1676,8} = 1,856$$

#pernos \equiv 2

Verificación de los elementos tentativamente dimensionados, debilitados por las uniones.

$$A_n = A - A_T$$

Donde:

A = área completa sin taladrar.

$$A_T = N \times d_l \times l \times (2,54)^2$$

Donde:

A_T = área taladrada para n pernos

d_l = diámetro con holgura

$$d_l = d + \frac{1}{16}''$$

Como el diámetro es 7/8" en todas las uniones entonces d_l = 1,042"

Entonces:

Barra 1 – 6

P = 10142,3 Kg.

Escuadría: 4"x16"

Área sin taladrar: A = 362,42 cm²

Diámetro de holgura: d_l = 1,042"

Longitud: dimensión real de 16" = 15,5"

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 15,5 \times (2,54)^2$$

A_T = 208,40 cm²

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 362,42 - 208,40$$

$$A_n = 154,02 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 154,02$$

$$P_{adm} = 13091,7 \text{ Kg.}$$

Como: $P_{adm} > P$ **OK**

Barra 2 – 5

$$P = 8138,54 \text{ Kg}$$

Escuadría: 4"x14"

$$\text{Área sin taladrar: } A = 315,66 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro de holgura: } d_l = 1,042''$$

$$\text{Longitud: dimensión real de } 14'' = 13,5''$$

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 13,5 \times (2,54)^2$$

$$A_T = 181,51 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 315,66 - 181,51$$

$$A_n = 134,15 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 134,15$$

$$P_{adm} = 11402,75 \text{ Kg.}$$

Como: $P_{adm} > P$ **OK**

Barra 3 – 4

$$P = 8024 \text{ Kg}$$

$$\text{Ecuadría: } 4'' \times 10''$$

$$\text{Área sin taladrar: } A = 222,13 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro de holgura: } d_l = 1,042''$$

$$\text{Longitud: dimensión real de } 10'' = 9,5''$$

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 9,5 \times (2,54)^2$$

$$A_T = 127,73 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 222,13 - 127,73$$

$$A_n = 94,4 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 94,4$$

$$P_{adm} = 8024 \text{ Kg.}$$

$$\text{Como: } P_{adm} > P \quad \mathbf{OK}$$

Barra 7 – 8 – 11 - 12

$$P = 9372,87 \text{ Kg}$$

$$\text{Ecuadría: } 4'' \times 8''$$

$$\text{Área sin taladrar: } A = 175,37 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro de holgura: } d_l = 1,042''$$

$$\text{Longitud: dimensión real de } 8'' = 7,5''$$

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 7,5 \times (2,54)^2$$

$$A_T = 100,84 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 175,37 - 100,84$$

$$A_n = 74,53 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 74,53$$

$$P_{adm} = 6335,05 \text{ Kg.} \quad \text{Como: } P_{adm} < P \quad \mathbf{X}$$

Entonces se procede a aumentar la escuadría:

Barra 7 – 8 – 11 - 12

$$P = 9372,87 \text{ Kg}$$

Escuadría: 4"x12"

$$\text{Área sin taladrar: } A = 268,90 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro de holgura: } d_l = 1,042''$$

$$\text{Longitud: dimensión real de } 12'' = 11,5''$$

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 11,5 \times (2,54)^2$$

$$A_T = 154,62 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 268,90 - 154,62$$

$$A_n = 114,28 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 114,28$$

$$P_{adm} = 9713,8 \text{ Kg.} \quad \text{Como: } P_{adm} < P \quad \mathbf{OK}$$

Nueva escuadría de las Barras 7 – 8 – 11 – 12 es:

4"x12"

Barra 9 - 10

$$P = 7530,47 \text{ Kg}$$

Escuadría: 4"x6"

Área sin taladrar: $A = 131,51 \text{ cm}^2$

Diámetro de holgura: $d_l = 1,042''$

Longitud: dimensión real de $6'' = 5,63''$

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 5,63 \times (2,54)^2$$

$$A_T = 75,69 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 131,51 - 75,69$$

$$A_n = 55,82 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 55,82$$

$$P_{adm} = 4744,7 \text{ Kg.} \quad \text{Como: } P_{adm} < P \quad X$$

Entonces se procede a aumentar la escuadría:

Barra 9 - 10

$P = 7530,47 \text{ Kg}$

Escuadría: $4'' \times 10''$

Área sin taladrar: $A = 222,13 \text{ cm}^2$

Diámetro de holgura: $d_l = 1,042''$

Longitud: dimensión real de $10'' = 9,5''$

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 9,5 \times (2,54)^2$$

$$A_T = 127,73 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 222,13 - 127,73$$

$$A_n = 94,4 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 94,4$$

$$P_{adm} = 8024 \text{ Kg.} \quad \text{Como: } P_{adm} < P \quad \text{OK}$$

Nueva escuadría de las Barras 9 – 10 es:

4"x10"

Barra 13 - 21

$$P = 0 \text{ Kg}$$

Escuadría: 4"x2"

$$\text{Área sin taladrar: } A = 37,99 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro de holgura: } d_l = 1,042''$$

$$\text{Longitud: dimensión real de } 2'' = 1,63''$$

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 1,63 \times (2,54)^2$$

$$A_T = 21,92 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 37,99 - 21,92$$

$$A_n = 16,08 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 16,08$$

$$P_{adm} = 1366,8 \text{ Kg.} \quad \text{Como: } P_{adm} < P \quad \text{OK}$$

Barra 14 - 20

$$P = 1993,63 \text{ Kg}$$

Escuadría: 4"x4"

$$\text{Área sin taladrar: } A = 84,75 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro de holgura: } d_l = 1,042''$$

Longitud: dimensión real de 4" = 3,63"

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 3,63 \times (2,54)^2$$

$$A_T = 48,80 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 84,75 - 48,67$$

$$A_n = 36,08 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 36,08$$

$$P_{adm} = 3066,8 \text{ Kg.} \quad \text{Como: } P_{adm} < P \quad \mathbf{OK}$$

Barra 15 - 19

$$P = 761,69 \text{ Kg}$$

Escuadría: 4"x2"

$$\text{Área sin taladrar: } A = 37,99 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro de holgura: } d_l = 1,042''$$

Longitud: dimensión real de 2" = 1,63"

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 1,63 \times (2,54)^2$$

$$A_T = 21,92 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 37,99 - 21,92$$

$$A_n = 16,08 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 16,08$$

$P_{adm} = 1366,8 \text{ Kg.}$

Como: $P_{adm} < P$ **OK**

Barra 16 - 18

$P = 2449,05 \text{ Kg}$

Escuadría: 4"x6"

Área sin taladrar: $A = 131,51 \text{ cm}^2$

Diámetro de holgura: $d_l = 1,042''$

Longitud: dimensión real de 6" = 5,63"

$A_T = 2 \times 1,042 \times 5,63 \times (2,54)^2$

$A_T = 75,69 \text{ cm}^2$

$A_n = A - A_T$

$A_n = 131,51 - 75,69$

$A_n = 55,82 \text{ cm}^2$

$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$

$P_{adm} = 85 \times 55,82$

$P_{adm} = 4744,7 \text{ Kg.}$

Como: $P_{adm} < P$ **OK**

Barra 17

$P = 3113,29 \text{ Kg}$

Escuadría: 4"x3"

Área sin taladrar: $A = 61,40 \text{ cm}^2$

Diámetro de holgura: $d_l = 1,042''$

Longitud: dimensión real de 3" = 2,63"

$A_T = 2 \times 1,042 \times 2,63 \times (2,54)^2$

$A_T = 35,36 \text{ cm}^2$

$A_n = A - A_T$

$$A_n = 61,40 - 35,36$$

$$A_n = 26,04 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 26,04$$

$$P_{adm} = 2213,4 \text{ Kg.} \quad \text{Como: } P_{adm} < P \quad \mathbf{X}$$

Entonces se procede a aumentar la escuadría:

Barra 17

$$P = 3113,29 \text{ Kg}$$

Escuadría: 4"x6"

$$\text{Área sin taladrar: } A = 131,51 \text{ cm}^2$$

$$\text{Diámetro de holgura: } d_l = 1,042''$$

$$\text{Longitud: dimensión real de } 6'' = 5,63''$$

$$A_T = 2 \times 1,042 \times 5,63 \times (2,54)^2$$

$$A_T = 75,69 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - A_T$$

$$A_n = 131,51 - 75,69$$

$$A_n = 55,82 \text{ cm}^2$$

$$P_{adm} = \sigma_{adm} \times A_n$$

$$P_{adm} = 85 \times 55,82$$

$$P_{adm} = 4744,7 \text{ Kg.} \quad \text{Como: } P_{adm} < P \quad \mathbf{OK}$$

Nueva escuadría de las Barras 17 es:

4"x6"

