

300615

12
reg.



Universidad La Salle

ESCUELA DE INGENIERIA
incorporada a la U.N.A.M.

APLICACION ESTRUCTURAL DE LOS
SISTEMAS TRIODETICOS

Tesis Profesional

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a

JORGE FLAVIO GRIJALVA SANCHEZ

**TESIS CON
FALLA LE ORIGEN**

México, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

I INTRODUCCION

- a Objetivo
- b Alcance
- c Limitaciones

II GENERALIDADES

- a Tipos de sustentación
- b Discusión de efectos máximos probables

III ANALISIS APROXIMADO Y PREDISEÑO

- a Evaluación de cargas
- b Elementos mecánicos aproximados
 - b-1 Diagonales
 - b-2 Cordón superior
 - b-3 Cordón inferior
- c Prediseño

IV VERIFICACION DE PREAMALISIS CON METODO EXACTO

V DISCUSION DE CONECTORES

VI OTRAS APLICACIONES

- a Silos
- b Depósitos
- c Muros de contención

VII EVALUACION DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

I INTRODUCCION

I a Objetivo

¿Será confiable el cálculo y diseño de una estructura triodética por métodos aproximados, comparados con los resultados obtenidos por métodos exactos?

Debido a la complejidad y laboriosidad que resulta en el cálculo de una estructura triodética por métodos exactos, en ocasiones se calculan por métodos aproximados valuando los efectos máximos posibles y tomando éstos para el diseño de la estructura.

Por lo anterior en este trabajo de tesis se compararán diferentes resultados de cálculo y diseño por métodos aproximados con el obtenido por un método exacto con el objeto de conocer la confiabilidad de los métodos aproximados.

I b Alcance

La aplicación de estructuras triodéticas es muy diversa, se da en cubiertas, muros de contención, marcos estructurales, silos, depósitos,etc.

Dada la gran variedad de aplicaciones, serán motivo de este trabajo sólo las estructuras triodéticas en cubiertas, las cuales, incluso pueden tener diferentes soluciones que surgen de la combinación de los diferentes tipos de apoyos que se le dé a la estructura, además de la distribución de las barras que la integran. Los conectores locales también tienen una gama de soluciones que se tratarán en esta tesis.

Para lograr los objetivos de esta tesis se propondrán 3 diferentes tipos de apoyos en 3 estructuras triodéticas de diferentes dimensiones.

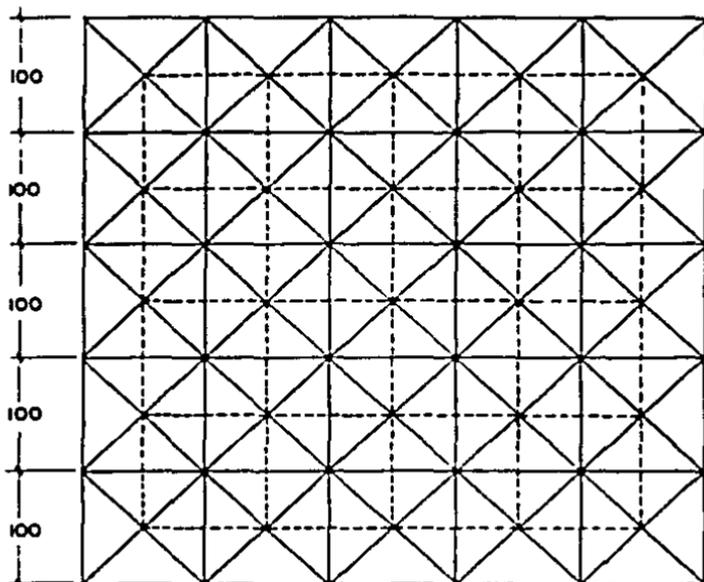
I c Limitaciones

Como se mencionó en el punto anterior, existe un gran número de soluciones diferentes para una misma estructura por lo que se evaluarán algunos casos de los posibles.

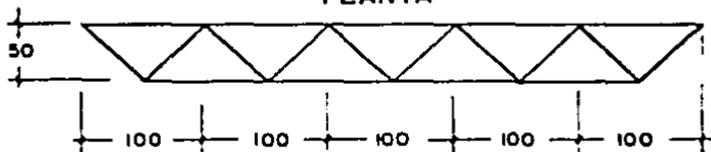
Para tal fin, se seleccionaron 3 estructuras de diferentes dimensiones con 3 tipos de apoyos distintos cada una, por lo que se tendrán 9 soluciones.

Las estructuras a calcular, tienen las siguientes características: La primera, es una estructura de 5 X 5 metros (Fig. 1) formada por cuadros de 1 X 1 metros y un peralte de 50 centímetros. La segunda, es una estructura de

ESTRUCTURA 5X5m



PLANTA



PROYECCION LATERAL

colas en cms.

SIMBOLOGIA

- Parrilla superior y diagonales
- - - Parrilla inferior

Fig. 1

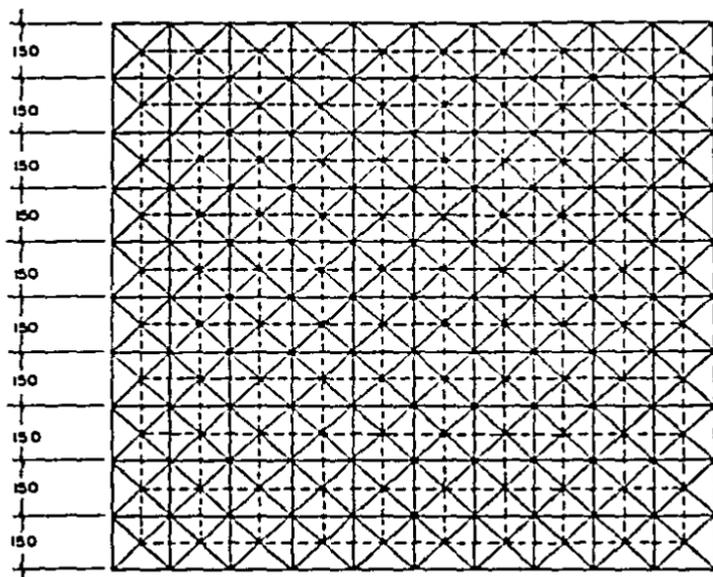
15 X 15 metros (Fig. 2) formada por cuadros de 2 X 2 metros y un peralte de 1 metro, y la última, una estructura de 24 X 24 metros (Fig. 3) formada por cuadros de 2 X 2 metros y un peralte de 2 metros.

La sustentación de la estructura influye de gran manera en la distribución de las fuerzas en las barras que la integran, la forma de sustentar una estructura también puede tener diversas soluciones por lo que se seleccionaron 3 tipos diferentes que se describen en el capítulo siguiente.

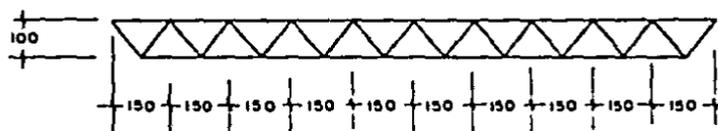
Otro factor importante que influye en la distribución de las fuerzas es la colocación relativa que se les dé a las barras que forman la estructura, en estos casos se considerarán los nudos de la parrilla superior desfasados con respecto a los de la parrilla inferior, uniéndolas con diagonales que parten de los nudos superiores hacia los inferiores.

La estructura está sujeta a una carga propia más la que se le adicione por el peso de la cubierta con que se diseñe, que en estos casos será de concreto precolado con materiales aligerados y una capa de mezcla para su impermeabilización, se omite un falso plafón de yeso, debido a que en la actualidad este tipo de estructuras se dejan descubiertas por concepto de ornamentación, la carga se aplicará únicamente sobre los nudos de la parrilla superior para la simplificación del cálculo. Existen otras fuerzas que

ESTRUCTURA 15X15 m



PLANTA



PROYECCION LATERAL

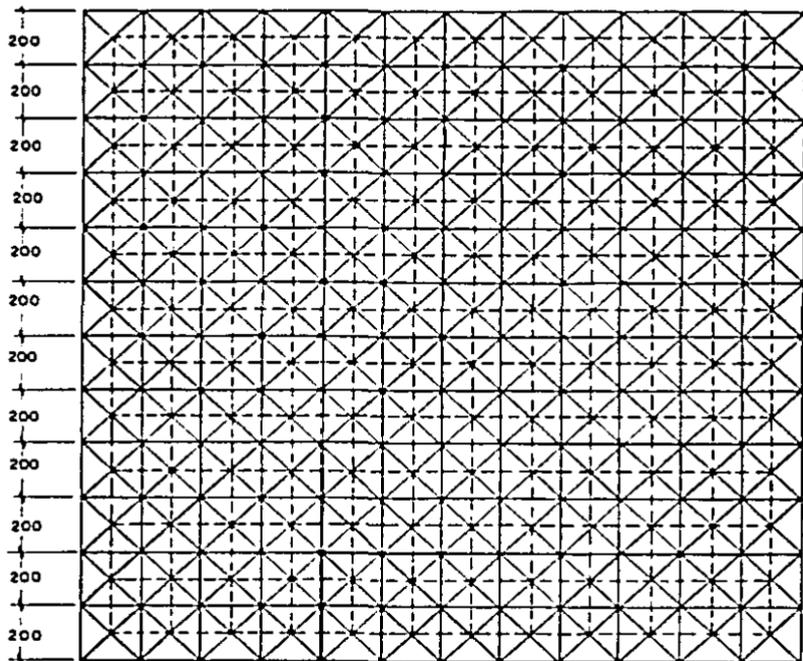
SIMBOLOGIA

cotas en cms.

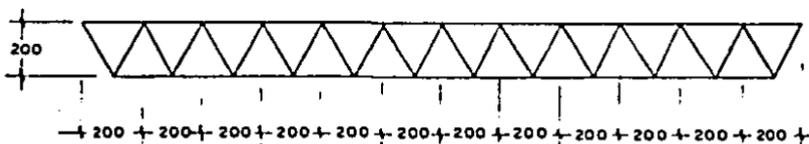
- Parrilla superior y diagonales
- Parrilla inferior

Fig. 2

ESTRUCTURA 24 X 24m



PLANTA



PROYECCION LATERAL

COTAS EN CMS.

SIMBOLOGIA

- Parrilla superior y diag.
- - - Parrilla inferior

Fig. 3

influyen en el diseño de la estructura como son el viento (en muchos casos, el más importante) y las fuerzas sísmicas que se pueden presentar según la región donde se encuentre localizada la estructura, para los fines de esta tesis no se consideran los efectos del viento ni las fuerzas sísmicas.

Un problema que se presenta en todas las estructuras triodéticas son los conectores que unen las barras en los nudos, a éstos se les debe tratar con especial cuidado, en este trabajo se discutirán los problemas que generan estos conectores y las diferentes soluciones que se les han dado.

II GENERALIDADES

II a Tipos de sustentación

El tipo de sustentación influye de manera considerable en las fuerzas que se generan en las barras que integran la estructura.

Por lo anterior y dado de que existen muchas posibilidades de sustentación diferentes, en esta tesis se valuarán solo 3 tipos de sustentación a las estructuras por analizar.

El primero será considerar a la estructura apoyada sobre 4 columnas ubicando cada una en los nudos de las esquinas de la parrilla inferior. El segundo tipo de sustentación será considerando a la estructura apoyada en todo el perímetro de la parrilla superior y el tercero apoyándola en 2 lados de la parrilla superior.

II b Discusión de efectos máximos posibles

Como es sabido, los diferentes tipos de sustentación producen correspondientes formas de distribución de las fuerzas en las barras que forman la estructura triodética, por lo que en cada una se obtendrá un diseño distinto de las barras.

En toda estructura triodética se presentan tres tipos de miembros distintos que requieren ser estudiados y diseñados por separado, éstos son:

Las diagonales que unen la parrilla superior e inferior de la estructura que trabajan a tensión ó compresión.

Los elementos de la parrilla superior que trabajan a compresión.

Los elementos de la parrilla inferior que trabajan a tensión.

En el caso de la estructura apoyada sobre cuatro columnas, sabemos que cada una de estas cargará $1/4$ del peso total que se encuentra sobre la estructura, y si la columna sólo se encuentra en contacto con un solo nudo de la estructura, podemos afirmar que las diagonales que unen ese nudo con sus respectivos alrededor son las más críticas, y de estas diagonales la que se dirige hacia el centro de la estructura, es la diagonal más crítica la cual será objeto de estudio.

Para conocer el valor de la compresión y tensión máximos en este caso, se dividirá la estructura en ejes o zonas de carga para obtener un valor aproximado de la fuerza de las barras en las parrillas superior e inferior.

En los casos de las estructuras apoyadas en dos de sus lados y perimetralmente, se determinará la carga que produce la deformación máxima (flecha) al centro de los claros de las estructuras, con esta carga se obtiene el momento máximo que actúa en la estructura con el cual se valúan las fuerzas en las barras de la parrilla superior e inferior.

Las diagonales soportarán las fuerzas cortantes de las estructuras.

III ANALISIS APROXIMADO Y PREDISEÑO

III a Evaluación de cargas

III a 1 Generalidades

Se valúan las cargas actuantes por metro cuadrado para determinar la fuerza que corresponde a cada nudo de la estructura.

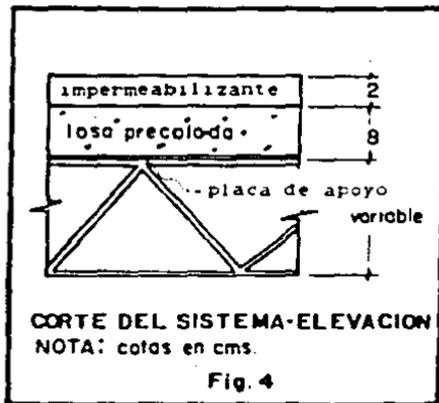
No se considerará a la estructura cubierta con un falso plafón de yeso debido a que actualmente la tendencia arquitectónica es dejar este tipo de estructuras al descubierto con fines decorativos.

III a 2 Pesos específicos utilizados

<u>C O N C E P T O</u>	<u>P E S O (KG/M³)</u>
Impermeabilizante	2000.0
Losa precolada con aligerantes	1350.0

III a 3 Cargas actuantes

Considerando la siguiente sección (Fig. 4) como parte de la estructura:



a Impermeabilizante:

$$w = 0.01 \text{ m (2000.0 Kg/m}^3) = 20.0 \text{ Kg/m}^2$$

b Losa precolada:

$$w = 0.08 \text{ m (1350.0 Kg/m}^3) = 108 \text{ Kg/m}^2$$

c Armadura:

NOTA: Debido a que no se conoce el diseño definitivo de los elementos de la estructura, se considerará para los cálculos preliminares lo siguiente:

Para la estructura de 5 X 5 metros se considera de tubo estructural de 1/2" de diámetro Cédula 40 con un peso de 1.27 Kg/ml y un desarrollo de:

Parrilla superior	6.0 (5.0 m) = 30.0 m
Parrilla inferior	5.0 (4.0 m) = 20.0 m
Diagonales	4.0 (25.0) (0.9 m) = 90.0 m
Desarrollo :	140 ml / 25 m ² = 5.6 ml/m ²

y un peso de:

$$(1.27 \text{ Kg/ml}) (5.6 \text{ ml/m}^2) = 7.10 \text{ Kg/m}^2$$

Para la estructura de 15 X 15 metros se considera de tubo estructural de 1" de diámetro Cédula 40 con peso de 2.50 Kg/ml y un desarrollo de:

Parrilla superior	11.0 (15.0 m) = 165.0 m
Parrilla inferior	10.0 (13.5 m) = 135.0 m
Diagonales	4.0 (100.0) (1.46 m) = 584.0 m
Desarrollo :	884.0 ml / 225.0 m ² = 3.92 ml/m ²

y un peso de:

$$(3.92 \text{ ml/m}^2) (2.5 \text{ Kg/ml}) = 9.80 \text{ Kg/m}^2$$

Para la estructura de 24 X 24 metros se considera de tubo estructural de 2" de diámetro Cédula 40 con peso de 5.44 Kg/ml y desarrollo de:

Parrilla superior	13.0 (24.0 m) = 312.0 m
Parrilla inferior	12.0 (22.0 m) = 264.0 m
Diagonales	4.0 (144.0) (2.45 m) = 1411.2 m
Desarrollo :	1987.2 ml / 576.0 m ² = 3.45 ml/m ²

y un peso de:

$$(3.45 \text{ ml/m}^2) (5.44 \text{ Kg/ml}) = 18.77 \text{ Kg/m}^2$$

A estos pesos se les agregará un 10% por soldadura o tornillería en las uniones obteniendo los siguientes resultados:

Estructura 5 X 5 m	1.1 (7.1 Kg/m ²) = 7.81 Kg/m ²
Estructura 15 X 15 m	1.1 (9.8 Kg/m ²) = 10.78 Kg/m ²
Estructura 24 X 24 m	1.1 (18.77 Kg/m ²) = 20.64 Kg/m ²

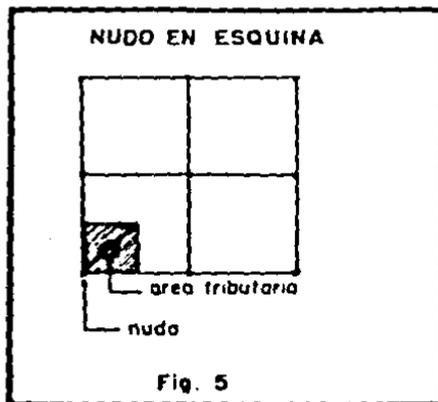
d resumen

C O N C E P T O	E S T R U C T U R A			
	5 X 5 M	15 X 15 M	24 X 24 M	U
Carga viva	40.00	40.00	40.00	Kg/m ²
Losa precolada	108.00	108.00	108.00	Kg/m ²
Armadura	7.81	10.78	20.64	Kg/m ²
<u>Impermeabilizante</u>	<u>20.00</u>	<u>20.00</u>	<u>20.00</u>	<u>Kg/m²</u>
T O T A L	175.81	178.78	188.64	Kg/m ²

III a 4 Cargas por nudo

Para simplificación del cálculo se consideran las cargas aplicadas en los nudos superiores de la estructura.

a Nudo en esquina



$$w = 1/4 (W/m^2) (\text{Área cuadro})$$

$$w (5 \times 5) = 1/4 (175.61 \text{ Kg/m}^2) (1 \text{ m}^2) = 43.95 \text{ Kg}$$

$$w (15 \times 15) = 1/4 (178.78 \text{ Kg/m}^2) (2.25 \text{ m}^2) = 100.56 \text{ Kg}$$

$$w (24 \times 24) = 1/4 (188.64 \text{ Kg/m}^2) (4.0 \text{ m}^2) = 188.64 \text{ Kg}$$

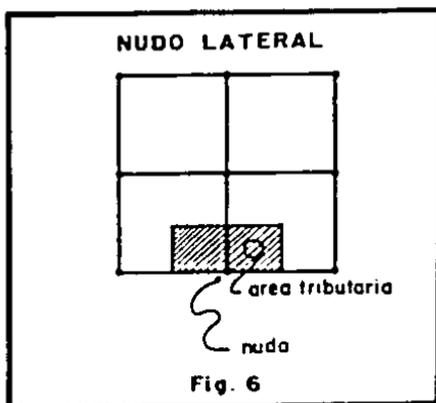
b Nudo lateral

$$w = 1/2 (W/m^2) (\text{Área cuadro})$$

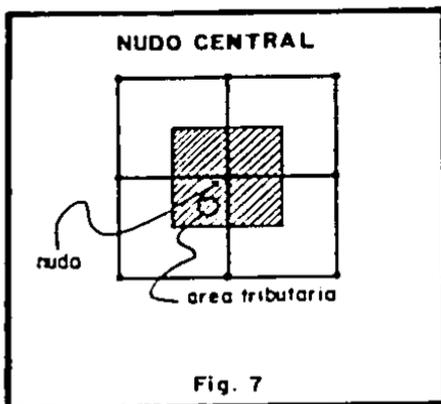
$$w (5 \times 5) = 1/2 (175.75 \text{ Kg/m}^2) (1.0 \text{ m}^2) = 87.89 \text{ Kg}$$

$$w (15 \times 15) = 1/2 (178.78 \text{ Kg/m}^2) (2.25 \text{ m}^2) = 201.13 \text{ Kg}$$

$$w (24 \times 24) = 1/2 (188.64 \text{ Kg/m}^2) (4.0 \text{ m}^2) = 377.28 \text{ Kg}$$



c Nudo central



w = 1.0 (W/m²) (área cuadro)

w (5 X 5) = (175.81 Kg/m²) (1.0 m²) = 175.81 Kg

w (15 x 15) = (176.78 Kg/m²) (2.25 m²) = 402.26 Kg

w (24 X 24) = (188.64 Kg/m²) (4.00 m²) = 754.56 Kg

d Resumen

E S T R U C T U R A

	<u>5 X 5</u>	<u>15 X 15</u>	<u>24 X 24</u>	<u>U</u>
Nudo esquina	43.95	100.56	188.64	Kg
Nudo lateral	87.89	201.13	377.28	Kg
Nudo central	175.81	402.26	754.56	Kg

III b Elementos mecánicos aproximados

III b i Diagonales

III b i a En estructura triodética apoyada en cuatro nudos

Como la estructura está apoyada sólo en cuatro nudos en los que concurren las columnas, se puede afirmar que cada columna soportará $1/4$ de la carga total que se encuentra sobre la estructura. Y si en estos nudos sólo existen cuatro elementos diagonales que le transmiten ese peso, se puede hacer el siguiente razonamiento.

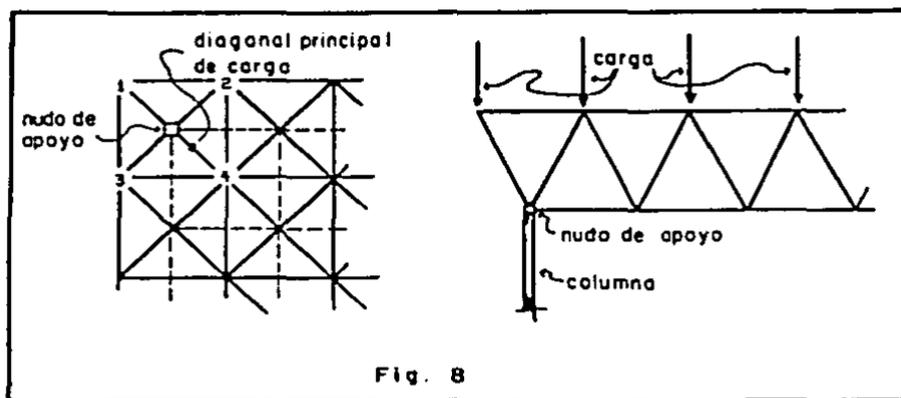


Fig. 8

La cuarta parte de la carga total de la estructura se

transmite a la columna a través de 4 diagonales, que parten de los nudos 1, 2, 3 y 4 hacia el nudo de apoyo (figura 6).

La barra que une al nudo 1 con el nudo de apoyo transmite únicamente la carga que está aplicada en el nudo 1, las barras que unen a los nudos 2 y 3 con el nudo de apoyo transmiten la mitad de la carga aplicada sobre sus respectivos nudos como máximo, dado que la otra mitad la toman las diagonales que nacen también en esos nudos. Quedando únicamente la barra que une el nudo 4 con el nudo de apoyo, con la aseveración hecha de que las cuatro barras transmiten $1/4$ de la carga total, esta barra, entonces transmitirá la diferencia de las otras tres anteriores, dejándole la mayor parte de la carga, y convirtiéndola así en la más crítica. Por esta razón, la barra que une el nudo 4 con el nudo de apoyo será la que se estudie.

En la estructura de 5 X 5 metros existen 4 nudos en esquina, 16 nudos laterales y 16 nudos centrales, por lo que la carga total sobre la estructura será:

Esquina	4 (43.95 Kg)	= 175.80 Kg
Lateral	16 (87.89 Kg)	= 1406.24 Kg
Central	16 (175.81 Kg)	= 2812.96 Kg
T O T A L		4395.00 Kg

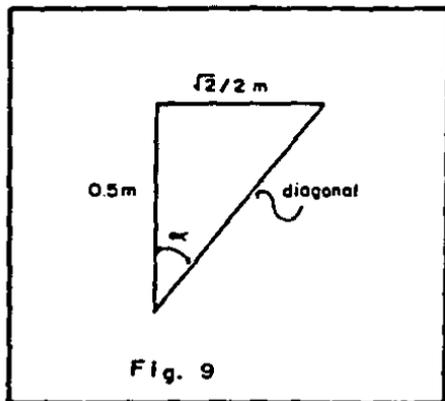
Si la carga total de la estructura es de 4395.00 Kg, sólo la cuarta parte se transmitirá al nudo en estudio, o sea 1098.75 Kg.

Como se había visto, la diagonal en estudio soportará toda la fuerza menos la de transmisión de las barras de los nudos 1, 2, y 3 al nudo de apoyo, tomando esta:

$$P_4 = 1098.75 \text{ kg} - 43.95 \text{ kg} - 87.91 \text{ kg}$$

$$P_4 = 966.89 \text{ kg}$$

Como estas fuerzas son verticales y la barra que las transmite se encuentra inclinada con respecto a la vertical, por lo tanto la fuerza real en la barra será:



$$\alpha = \text{ang tg} (\sqrt{2} / 0.50) = 54.74$$

$$P_1 = 966.89 / \cos 54.74 = 1674.88 \text{ Kg}$$

$$P_1 = 1674.88 \text{ Kg}$$

Para la estructura de 15 X 15 m existen 4 nudos en esquina
36 nudos laterales y 81 nudos centrales por lo que la carga
total sobre la estructura será:

Esquina	4 (100.56 Kg)	=	402.24 Kg
Lateral	36 (201.13 Kg)	=	7240.68 Kg
Central	81 (402.26 Kg)	=	32583.06 Kg
T O T A L			40225.98 Kg

El nudo en estudio soportará la cuarta parte de esta
carga, o sea 10056.50 Kg.

Para esta estructura, la diagonal transmitirá al apoyo:

$$P_1 = 10056.50 \text{ kg} - 100.56 \text{ kg} - 201.13 \text{ kg}$$

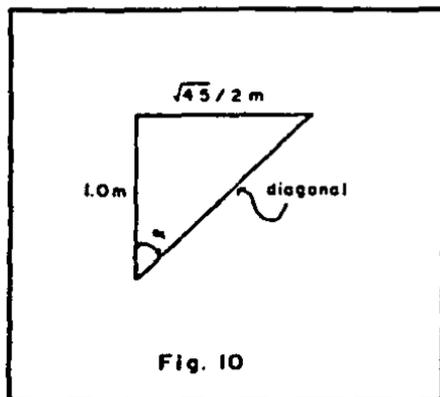
$$P_1 = 9754.81 \text{ kg}$$

Como esta barra se encontrará inclinada con respecto a la
vertical, la fuerza real en ella será:

$$\alpha = \text{ang tan} (\sqrt{4.5/2} / 1.0) = 46.69$$

$$P_1 = 9754.81 \text{ Kg} / \cos 46.69 = 14220.97 \text{ Kg}$$

$$P_1 = 14220.97 \text{ Kg}$$



Para la estructura de 24 X 24 m, existen 4 nudos en esquina, 44 nudos laterales y 121 nudos centrales, por lo que la carga total sobre la estructura será de:

Esquina	4 (188.64 Kg) =	754.56 Kg
Lateral	44 (377.28 Kg) =	16600.32 Kg
<u>Central</u>	<u>121 (754.56 Kg) =</u>	<u>91301.76 Kg</u>
T O T A L		108656.64 Kg

La diagonal crítica para esta estructura transmitirá al apoyo:

$$P_4 = 1/4 (108656.64 \text{ Kg}) - 188.64 \text{ Kg} - 377.28 \text{ Kg}$$

$$P_4 = 26598.24 \text{ Kg}$$

Y como su ubicación es inclinada con respecto a la vertical, la fuerza real en la barra será:

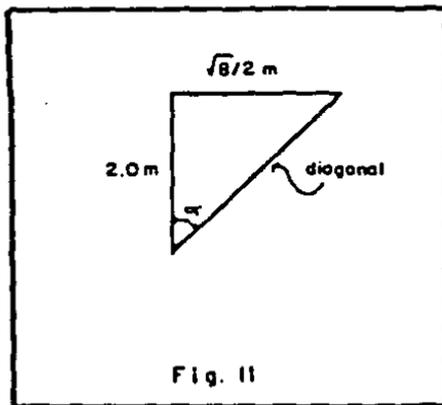


Fig. II

$$\alpha = \text{ang tan} (\sqrt{8}/2 / 2) = 35.26$$

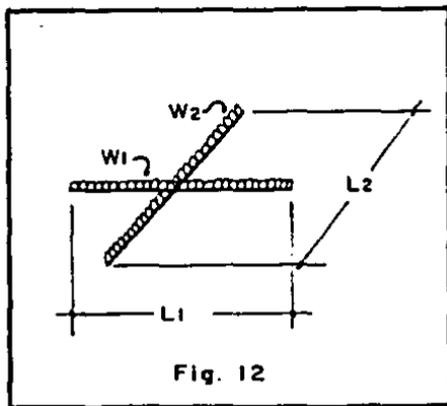
$$P_4 = (1 / \cos 35.26) (26598.24 \text{ kg}) = 32574.29 \text{ kg}$$

$$P_4 = 32574.29 \text{ kg}$$

III b i b Estructura triodética apoyada perimetralmente

En la estructura triodética apoyada perimetralmente se valuarán las fuerzas en sus barras considerando la estructura como dos vigas transversales simplemente apoyadas, las cuales

se cruzan en el centro de sus claros (Fig. 12), en donde las vigas soportarán todo el peso sobre la estructura, se puede afirmar que la máxima deformación (flechas) se produce en el centro de los claros, igualando la deformación que se produce en cada sentido, dado que son iguales se



conoce la carga que corresponde a cada sentido, entonces:

$$\frac{5}{384} (W_1 L_1 / EI) = \frac{5}{384} (W_2 L_2 / EI)$$

y si: $W_1 + W_2 = W_T$

Si las estructuras en estudio tienen planta cuadrada se deduce que:

$$L_1 = L_2$$

$$W_1 = W_2 = 1/2 (W_T)$$

Por lo que cada sentido cargará la mitad del peso total de la estructura, produciendo esta carga un cortante medio de:

$$V_{med} = W_1 L / 2 = W_2 L / 2 = W_T L / 4$$

que será la fuerza que soporten las diagonales.

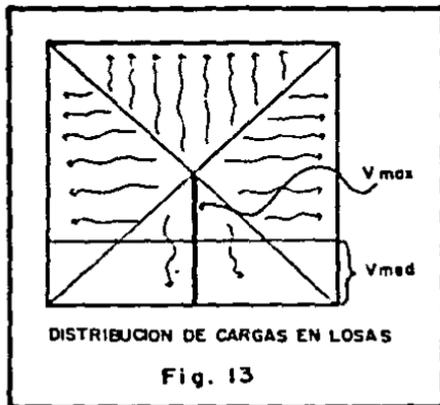
Para la estructura de 5 X 5 m la carga por metro cuadrado es 175.81 Kg/m² la cual produce un cortante medio de:

$$W_T = 175.81 \text{ Kg / m}^2$$

$$W_1 = W_2 = W_T / 2$$

$$V_{med} = (87.91 \text{ Kg/m}^2) (5.0 \text{ m}) / 2 = 219.77 \text{ kg / m}$$

Dado que la carga que corresponde a cada lado de la



estructura no es uniforme, sino triangular (Fig. 13)
el cortante máximo se presenta al centro de cada lado de la
estructura, el cual tiene un valor igual al doble del
cortante medio, por lo que el cortante máximo tendrá un valor
de:

$$V_{\max} = 2 (219.77 \text{ Kg/m}) = 439.54 \text{ Kg/m}$$

En cada metro existen dos barras inclinadas que tomarán
ese cortante por lo que cada una tomará:

$$V_{\max} = (439.54 \text{ Kg/m}) (1.0 \text{ m}) / 2 \cos 54.74 = 380.69 \text{ Kg}$$

Para la estructura de 15 X 15 metros, la carga por metro
cuadrado es:

$$W_t = 176.78 \text{ Kg/m}^2$$

la cual produce un cortante medio de:

$$V_{\text{med}} = W_t L / 4 = (176.78 \text{ Kg/m}^2) (15.0 \text{ m}) / 4$$

$$V_{\text{med}} = 670.43 \text{ Kg/m}$$

y un cortante máximo de:

$$V_{\max} = 2 V_{\text{med}} = 2 (670.43 \text{ Kg/m}) = 1340.86 \text{ Kg/m}$$

existen dos barras por cada 1.5 metros que tomarán cada una:

$$V_{\max} = (1340.66 \text{ Kg/m}) (1.5 \text{ m}) / 2 \cos 46.65$$

$$V_{\max} = 1466.07 \text{ Kg}$$

Para la estructura de 24 X 24 metros, la carga por metro cuadrado es:

$$W_t = 188.64 \text{ Kg}$$

la cual produce un cortante medio de:

$$V_{\text{med}} = W_t L / 4 = (188.64 \text{ Kg}) (24.0 \text{ m}) / 4$$

$$V_{\text{med}} = 1131.84 \text{ Kg/m}$$

y un cortante máximo de:

$$V_{\max} = 2 (1131.84 \text{ Kg/m}) = 2263.68 \text{ Kg/m}$$

existen dos diagonales inclinadas que tomarán esta fuerza a cada 2.0 metros por lo que cada barra tomará:

$$V_{\max} = (2263.68 \text{ Kg/m}) (2.0 \text{ m}) / 2 \cos 35.26$$

$$V_{\max} = 2772.28 \text{ Kg}$$

III b i c Estructura triodética apoyada en dos de sus lados

Con un razonamiento similar al del punto anterior para la

estructura apoyada en dos de sus lados, la carga total no se divide en dos direcciones, sino que toda la carga la sustenta en una sola dirección, la de los apoyos, por lo que las diagonales tomarán el cortante producido por estas cargas.

Para la estructura de 5 X 5 metros, la carga por metro cuadrado es:

$$Wt = 175.81 \text{ Kg/m}^2$$

que produce un cortante máximo de:

$$V \text{ max} = Wt L / 2 = 175.81 \text{ Kg/m}^2 (5.0 \text{ m}) / 2$$

$$V \text{ max} = 439.53 \text{ Kg/m}$$

por cada metro existen dos barras inclinadas que tomarán este cortante por lo que a cada una le corresponde:

$$V \text{ max} = (439.53 \text{ Kg/m}) (1.0 \text{ m}) / 2 \cos 54.74 = 380.69 \text{ Kg}$$

En la estructura de 15 X 15 metros, la carga por metro cuadrado es:

$$Wt = 178.78 \text{ Kg/m}^2$$

que produce un cortante máximo de:

$$V_{\max} = 176.76 \text{ Kg/m} (15.0 \text{ m}) / 2$$

$$V_{\max} = 1340.65 \text{ Kg/m}$$

por cada 1.5 metros existen 2 barras inclinadas que tomarán este cortante, por lo que cada una tomará:

$$V_{\max} = 1340.65 \text{ Kg/m} (1.5 \text{ m}) / 2 \cos 46.69$$

$$V_{\max} = 1466.07 \text{ Kg}$$

En la estructura de 24 X 24 metros, la carga por metro cuadrado es:

$$Wt = 166.64 \text{ Kg/m}^2$$

que produce un cortante máximo de:

$$V_{\max} = 166.64 \text{ Kg/m}^2 (24.0 \text{ m}) / 2$$

$$V_{\max} = 2263.68 \text{ Kg/m}$$

por cada dos metros existen dos barras inclinadas que tomarán este cortante, por lo que cada una tomará:

$$V_{\max} = 2263.68 \text{ Kg/m} (2.0 \text{ m}) / 2 \cos 35.26$$

$$V_{\max} = 2772.26 \text{ Kg}$$

III b 2 Cordón superior

III b 2 a Estructura triodética apoyada en 4 nudos.

Para obtener los esfuerzos de las barras que forman la parrilla superior de la estructura, se seccionará a la estructura en ejes de carga en un sólo sentido, y se considerarán estos ejes como vigas de carga, considerándola como un sistema flat-slab. (Ferguson-ACI 318-63).

Para la estructura de 5 X 5 m, la distribución de estos ejes se indica en la figura 14, su carga se distribuye en 3 zonas, 2 de columnas y una media, por lo que cada franja de columna soportará la mitad de la carga total, la cual produce los momentos siguientes:

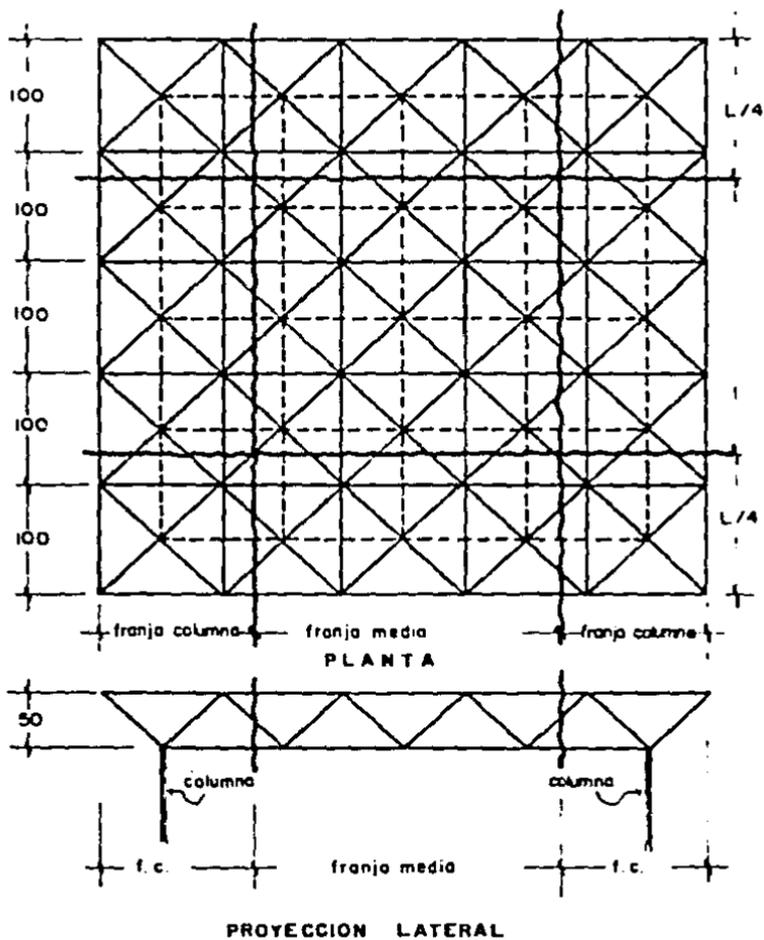
$$W = 2.50 \text{ m } (175.61 \text{ Kg/m}^2) = 439.53 \text{ Kg/m}$$

$$M(-) = 439.53 \text{ Kg/m } (0.5 \text{ m})^2 / 2 = 54.94 \text{ Kg-m}$$

$$M(+) = 439.53 \text{ Kg/m } (4.0 \text{ m})^2 / 8 - M(-) = 824.12 \text{ Kg-m}$$

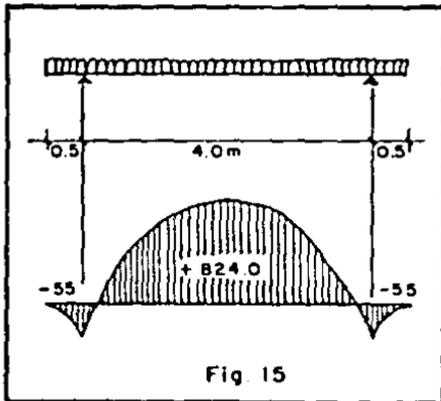
los cuales son en una dirección, cuando en la realidad actúan en las dos direcciones, por lo que los momentos se pueden reducir a M_0 , el cual está dado por la fórmula:

DIVISION EN FRANJAS DE CARGA ESTRUCTURA 5X5 m



Cotas en cms

Fig. 14



$$M_0 = 0.09 W L F (1 - 2/3 C/L)^2$$

siendo:

$$F = 1.15 - C/L$$

$$\text{si } C = 0 ; F = 1.15 \quad Y$$

$$M_0 = 0.09 W L (1.15) (1)^2$$

$$M_0 = 0.09 (439.53 \text{ kg/m}) (1.15) (4)^2$$

$$M_0 = 727.86 \text{ kg-m}$$

de donde se obtiene un factor de reducción igual a:

$$K = M_0 / E (M(-) + M(+))$$

$$K = 727.86 \text{ Kg-m} / (54.94 + 624.12) \text{ Kg-m}$$

$$K = 0.828$$

por lo que:

$$M(-) \text{ red} = 0.828 (54.94 \text{ Kg-m}) = 45.49 \text{ Kg-m}$$

$$M(+) \text{ red} = 0.828 (624.12 \text{ Kg-m}) = 516.37 \text{ Kg-m}$$

los cuales se distribuyen en la franja de columnas y central de la siguiente manera (ACI 318-63):

Momento negativo en un apoyo

Franja de columnas: 76%

Franja central: 24 %

Momento positivo:

Franja de columna: 60%

Franja central: 40%

por lo que la franja de columnas toma:

$$M(-) = 0.76 (45.49 \text{ Kg-m}) = 34.57 \text{ Kg-m}$$

$$M(+) = 0.60 (516.37 \text{ Kg-m}) = 309.82 \text{ Kg-m}$$

y la franja media toma:

$$M(-) = 0.24 (45.49 \text{ Kg-m }) = 10.92 \text{ Kg-m}$$

$$M(+) = 0.40 (682.37 \text{ Kg-m }) = 272.95 \text{ Kg-m}$$

Para efectos de diseño se tomarán los momentos positivos por ser los mayores.

Dividiendo los momentos entre el peralte de la estructura se obtiene el par de fuerzas que lo producen:

$$f \text{ tot FC} = 409.42 \text{ Kg/m} / 0.5 \text{ m} = 818.84 \text{ Kg}$$

$$f \text{ tot FM} = 272.95 \text{ Kg/m} / 0.5 \text{ m} = 545.90 \text{ Kg}$$

La franja de columnas y la franja media tienen dos barras que soportarán estas fuerzas, por lo que cada una tomara 1/2 de la fuerza total.

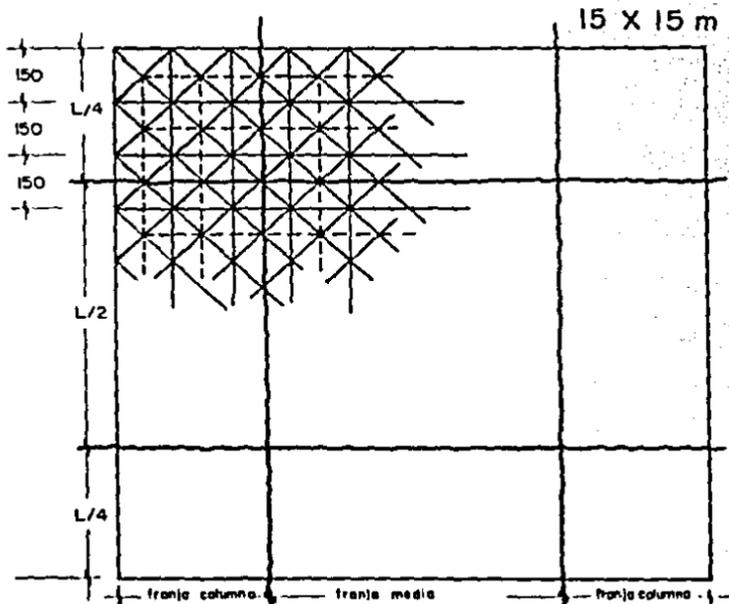
$$f \text{ FC} = 1/2 (818.84 \text{ Kg }) = 409.42 \text{ Kg}$$

$$f \text{ FM} = 1/2 (545.90 \text{ Kg }) = 272.95 \text{ Kg}$$

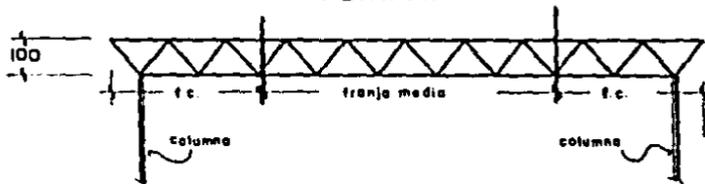
que será la fuerza en compresión que soportarán las barras del cordón superior de las franjas de columnas y media respectivamente.

La estructura de 15 X 15 m se divide en franjas como lo indica la figura 16, sobre la cual existe una carga de:

DIVISION EN FRANJAS DE CARGA ESTRUCTURA



PLANTA



PROYECCION LATERAL

Colas en cms.

Fig. 16

$$W = 15.0 \text{ m} / 2 (178.78 \text{ Kg/m}^2) = 1340.85 \text{ Kg/m}$$

que produce los momentos:

$$M(-) = 1340.85 \text{ Kg/m} (0.75 \text{ m})^2 / 2 = 377.11 \text{ Kg-m}$$

$$M(+) = 1340.85 \text{ Kg/m} (13.5 \text{ m})^2 / 8 = 377.11 \text{ Kg-m}$$

$$M(+*) = 30169.13 \text{ Kg-m}$$

los cuales se pueden reducir según el factor:

$$M_0 = 0.09 (1.15) (1340.85 \text{ Kg/m}) (13.50 \text{ m})^2$$

$$M_0 = 25292.29 \text{ Kg-m}$$

$$K = 25292.29 \text{ Kg-m} / (377.11 + 30169.13) \text{ Kg-m}$$

$$K = 0.8280$$

los momentos reducidos serán:

$$M(-) \text{ red} = 0.828 (377.11 \text{ Kg-m}) = 312.25 \text{ Kg-m}$$

$$M(+*) \text{ red} = 0.828 (30169.13 \text{ Kg-m}) = 24980.04 \text{ Kg-m}$$

que se distribuyen en las franjas:

Franja de columnas:

$$M(-) = 0.76 (312.25 \text{ Kg-m}) = 237.31 \text{ Kg-m}$$

$$M(+*) = 0.60 (24980.04 \text{ Kg-m}) = 14988.02 \text{ Kg-m}$$

Franja media:

$$M(-) = 0.24 (312.25 \text{ Kg-m}) = 74.94 \text{ Kg-m}$$

$$M(+)=0.40(24980.04 \text{ kg-m})=9992.02 \text{ kg-m}$$

se tomaran los positivos para efectos de diseño.

Las fuerzas que producen estos momentos se obtienen dividiéndolos entre el peralte de la estructura.

$$f \text{ tot FC} = 14988.02 \text{ kg-m} / 1.0 \text{ m} = 14988.02 \text{ kg}$$

$$f \text{ tot FM} = 9992.02 \text{ kg-m} / 1.0 \text{ m} = 9992.02 \text{ kg}$$

La franja de columnas tiene tres barras que soportarán la fuerza, por lo que cada una tomará:

$$f \text{ FC} = 14988.02 \text{ kg} / 3 = 4996.01 \text{ kg}$$

la franja media tiene 5 barras que tomarán:

$$f \text{ FM} = 9992.02 \text{ kg} / 5 = 1998.40 \text{ kg}$$

fuerzas que actúan a compresión en el cordón superior de la estructura.

La estructura de 24 X 24 m, se divide en franjas como se indica en la figura 17, sobre la cual existe una carga de:

$$W = 22.0 \text{ m} / 2 (188.64 \text{ kg/m}^2) = 2075.04 \text{ kg/m}$$

DIVISION EN FRANJAS DE CARGA ESTRUCTURA 24 X 24 m

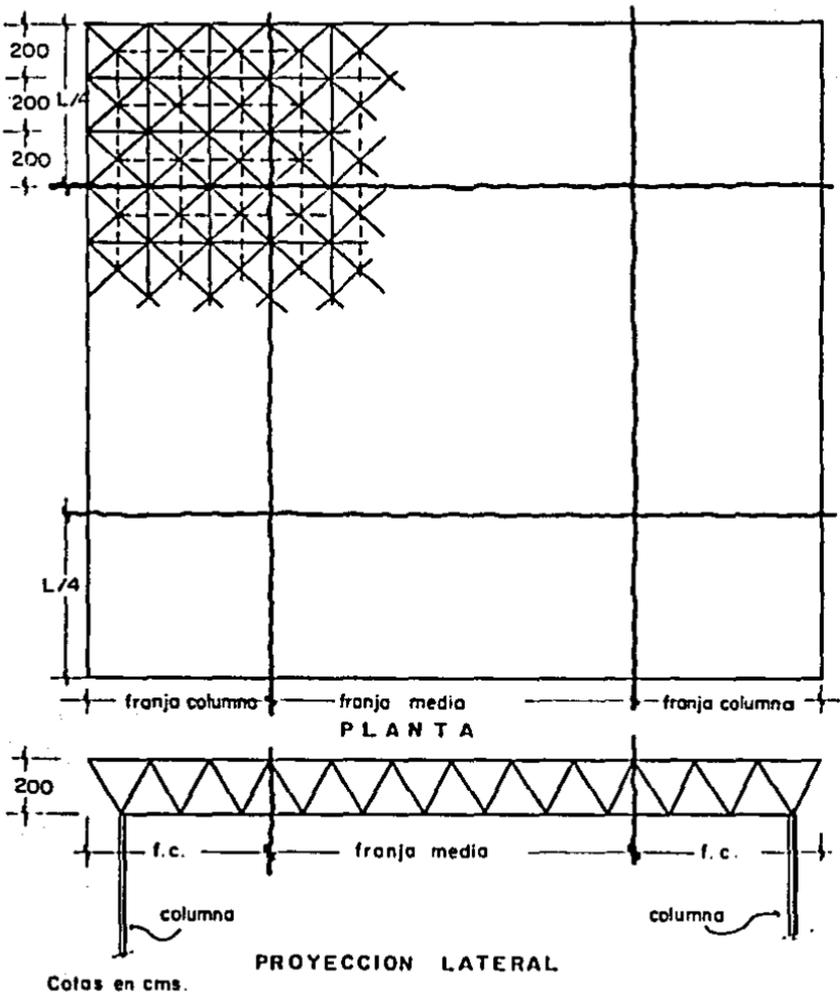


Fig. 17

que produce los momentos:

$$M(-) = 2075.04 \text{ Kg/m} (1.0 \text{ m})^2 / 2 = 1037.52 \text{ Kg-m}$$

$$M(+) = 2075.04 \text{ Kg/m} (22.0 \text{ m})^2 / 8 = 1037.52 \text{ Kg-m}$$

$$M(+) = 124502.40 \text{ Kg-m}$$

los cuales se reducen según el factor:

$$M_0 = 0.09 (1.15) (2075.04 \text{ Kg/m}) (22.0 \text{ m})^2$$

$$M_0 = 103947.05 \text{ Kg-m}$$

$$K = 103947.05 \text{ Kg-m} / (1037.52 + 124502.4) \text{ Kg-m}$$

$$K = 0.8280$$

los momentos reducidos serán:

$$M(-) \text{ red} = 0.828 (1037.52 \text{ Kg-m}) = 859.07 \text{ Kg-m}$$

$$M(+) \text{ red} = 0.828 (124502.40 \text{ Kg-m}) = 103087.99 \text{ Kg-m}$$

que se distribuyen en las franjas:

Franja de columnas

$$M(-) = 0.76 (859.07 \text{ Kg-m}) = 652.89 \text{ Kg-m}$$

$$M(+) = 0.60 (103087.99 \text{ Kg-m}) = 61852.79 \text{ Kg-m}$$

Franja media

$$M(-) = 0.24 (859.07 \text{ Kg-m}) = 206.18 \text{ Kg-m}$$

$$M(+) = 0.40 (103087.99 \text{ Kg-m}) = 41235.20 \text{ Kg-m}$$

tomando los positivos para efectos de diseño.

Las fuerzas que producen estos momentos se obtienen dividiéndolos entre el peralte de la estructura.

$$f \text{ tot FC} = 61852.79 \text{ Kg-m} / 2.0 \text{ m} = 30926.40 \text{ Kg}$$

$$f \text{ tot FM} = 41235.20 \text{ Kg-m} / 2.0 \text{ m} = 20617.60 \text{ Kg}$$

La franja de columnas tiene 4 barras que soportarán la fuerza, por lo que cada barra tomará:

$$f \text{ FC} = 30926.40 \text{ Kg} / 4 = 7731.60 \text{ Kg}$$

la franja media tiene 5 barras que tomarán:

$$f \text{ FM} = 20617.60 \text{ Kg} / 5 = 4123.52 \text{ Kg}$$

fuerzas que actúan a compresión en las barras del cordón superior de la estructura.

III b 2 b Estructura triodética apoyada perimetralmente

En el punto anterior se obtenía la carga para las estructuras apoyadas perimetralmente, la cual resultaba:

$$W = Wt / 2$$

Para la estructura de 5 X 5 m la carga es:

$$W = 175.91 \text{ kg/m}^2 / 2 = 87.91 \text{ kg/m}^2$$

la cual produce un momento máximo de:

$$M \text{ max} = 87.91 \text{ kg/m}^2 (5.0 \text{ m})^2 / 8 = 274.72 \text{ kg}$$

dividiendo el momento entre el peralte de la estructura, se obtiene el par de fuerzas que lo produce:

$$f = M / d = 274.72 \text{ kg} / 0.5 \text{ m} = 549.44 \text{ kg/m}$$

multiplicando esta fuerza por la separación entre las barras del cordón superior se obtiene la fuerza que corresponde a cada una.

$$f = 549.44 \text{ kg/m} (1.0 \text{ m}) = 549.44 \text{ kg}$$

fuerza que soportaran a compresión las barras del cordón superior.

En la estructura de 15 X 15 m, la carga es de:

$$W = 178.78 \text{ kg/m}^2 / 2 = 89.39 \text{ kg/m}^2$$

que produce un momento máximo:

$$M_{\text{max}} = 89.39 \text{ kg/m}^2 (15.0 \text{ m})^2 / 8 = 2514.09 \text{ Kg}$$

el par de fuerzas que lo producen tienen un valor de:

$$f = 2514.09 \text{ kg} / 1.0 \text{ m} = 2514.09 \text{ Kg/m}$$

multiplicando esta fuerza por la separación entre las barras de la parrilla superior:

$$f = 2514.09 \text{ kg/m} (1.5 \text{ m}) = 3771.14 \text{ kg}$$

fuerza que actúa en compresión en las barras del cordón superior.

En la estructura de 24 X 24 m, la carga es:

$$W = 188.64 \text{ kg/m}^2 / 2 = 94.32 \text{ kg/m}^2$$

que produce un momento máximo de:

$$M_{\text{max}} = 94.32 \text{ kg/m}^2 (24.0 \text{ m})^2 / 8 = 6791.04 \text{ Kg}$$

dividiendo el momento entre el peralte de la estructura se

obtiene el par de fuerzas que lo producen.

$$f = 6791.04 \text{ Kg} / 2.0 \text{ m} = 3395.52 \text{ Kg/m}$$

que multiplicada por la separación de las barras:

$$f = 3395.52 \text{ Kg/m} (2.0 \text{ m}) = 6791.04 \text{ Kg}$$

fuerza que actúa en compresión en las barras del cordón superior.

III b 2 c Estructura triodética apoyada en dos de sus lados

En la estructura de 5 X 5 m, actúa una carga de:

$$W = 175.81 \text{ Kg/m}^2$$

que produce un momento máximo de:

$$M_{\text{max}} = 175.81 \text{ Kg/m}^2 (5.0 \text{ m})^2 / 8 = 549.41 \text{ Kg}$$

dividido entre el peralte de la estructura se obtiene el par de fuerzas que lo producen:

$$f = 549.41 \text{ Kg} / 0.5 \text{ m} = 1098.82 \text{ Kg/m}$$

multiplicando esta fuerza por la separación entre las barras se obtiene la fuerza en cada barra:

$$f = 1096.82 \text{ Kg/m} (1.0 \text{ m}) = 1096.82 \text{ Kg}$$

que trabajan a compresión en las barras del cordón superior.

Para la estructura de 15 X 15 m, la carga que actúa es:

$$W = 178.78 \text{ Kg/m}^2$$

que produce un momento máximo de:

$$M \text{ max} = 178.78 \text{ Kg/m}^2 (15.0 \text{ m})^2 / 8 = 5028.19 \text{ Kg}$$

dividido entre el peralte de la estructura se obtiene el par de fuerzas que lo producen

$$f = 5028.19 \text{ Kg} / 1.0 \text{ m} = 5028.19 \text{ Kg/m}$$

multiplicando esta fuerza por la separación entre las barras se obtiene la fuerza en cada una:

$$f = 5028.19 \text{ Kg/m} (1.5 \text{ m}) = 7542.28 \text{ Kg}$$

que actúa en compresión en las barras del cordón superior.

En la estructura de 24 X 24 m, actúa una carga de:

$$W = 188.64 \text{ Kg/m}$$

que produce un momento máximo de:

$$M_{\text{max}} = 188.64 \text{ Kg/m}^2 (24.0 \text{ m})^2 / 8 = 13582.08 \text{ kg}$$

dividido entre el peralte de la estructura se obtiene el par de fuerzas que lo producen:

$$f = 13582.08 \text{ kg} / 2.0 \text{ m} = 6791.04 \text{ Kg/m}$$

multiplicando esta fuerza por la separación entre las barras, obtenemos la fuerza en cada una:

$$f = 6791.04 \text{ Kg/m} (2.0 \text{ m}) = 13582.08 \text{ kg}$$

que actúa en compresión en las barras del cordón superior.

III b 3 Cordón inferior

III b 3 a Estructura triodética apoyada en 4 nudos

Cuando se calcularon las fuerzas para el cordón superior en este tipo de estructuras, se obtuvo un par de fuerzas que producían el momento máximo. una fuerza del par corresponde al cordón superior y la otra al cordón inferior.

Estas fuerzas con la misma magnitud se aplican al cordón inferior, sólo que en este caso las barras de la parrilla inferior trabajan a tensión.

Por lo que las fuerzas en el cordón inferior de las estructuras son las que a continuación se indican:

- Estructura 5 X 5 m.

f tot FC = 818.84 Kg

f tot FM = 545.90 Kg

la franja de columnas la componen 1.5 barras por lo que la fuerza por barra será:

f FC = 818.84 Kg / 1.5 = 545.89 Kg

la franja media tiene dos barras en el cordón inferior, por lo que cada barra tomara:

$$f \text{ FM} = 545.90 \text{ Kg} / 2 = 272.95 \text{ Kg}$$

- Estructura 15 X 15 m

$$f \text{ tot FC} = 14998.02 \text{ Kg}$$

$$f \text{ tot FM} = 9992.02 \text{ Kg}$$

en el cordón inferior, la franja de columnas tiene 3 barras y la franja media 4, por lo que cada barra tomará:

$$f \text{ FC} = 14998.02 \text{ Kg} / 3 = 4999.34 \text{ Kg}$$

$$f \text{ FM} = 9992.02 \text{ Kg} / 4 = 2498.01 \text{ Kg}$$

- Estructura 24 X 24 m

$$f \text{ tot FC} = 30926.40 \text{ Kg}$$

$$f \text{ tot FM} = 20617.60 \text{ Kg}$$

en el cordón inferior, la franja de columnas tiene 3 barras y la franja media tiene 6, por lo que cada barra tomará:

$$f \text{ FC} = 30926.40 \text{ Kg} / 3 = 10308.80 \text{ Kg}$$

$$f \text{ FM} = 20617.60 \text{ Kg} / 6 = 3436.27 \text{ Kg}$$

III b 3 b Estructura triodética apoyada perimetralmente

La fuerza que soportan las barras del cordón inferior de las estructuras apoyadas perimetralmente, es la misma que en el cordón superior, sólo que en este caso las barras trabajan a tensión, por lo que las fuerzas en las barras del cordón inferior son:

- Estructura 5 X 5 m

f : 549.44 Kg

- Estructura 15 X 15 m

f : 3771.14 Kg

- Estructura 24 X 24 m

f : 6791.04 Kg

III b 3 c Estructura triodética apoyada en dos de sus lados.

La fuerza que actúa en el cordón inferior de las estructuras apoyadas en dos de sus lados es igual a la del cordón superior sólo que actúan a tensión.

- Estructura 5 X 5 m

f = 1098.82 Kg

- Estructura 15 X 15 m

f = 7542.29 Kg

- Estructura 24 X 24 m

f = 13582.06

RESUMEN

FUERZAS MAXIMAS EN LAS BARRAS

	T I P O D E A P O Y O		
	4 COLUMNAS	PERIMETRAL	2 LADOS
Estructura 5 X 5 m			
Cordón superior	404.42 Kg	549.44 Kg	1098.82 Kg
Cordón inferior	545.89 Kg	549.44 Kg	1098.82 Kg
Diagonales	1674.88 Kg	380.69 Kg	380.65 Kg
Estructura 15 X 15 m			
Cordón superior	4996.01 Kg	3771.14 Kg	7542.28 Kg
Cordón inferior	4996.01 Kg	3771.14 Kg	7542.28 Kg
Diagonales	14220.97 Kg	1466.07 Kg	1466.07 Kg
Estructura 24 X 24 m			
Cordón superior	7731.60 Kg	6791.04 Kg	13582.08 Kg
Cordón inferior	10308.80 Kg	6791.04 Kg	13582.08 Kg
Diagonales	32574.29 Kg	2772.28 Kg	2772.28 Kg

III c Prediseño con acero estructural $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

III c a Prediseño estructura 5 X 5 m

III c a i Estructura apoyada en cuatro columnas

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 404.42 kg, la longitud de cada barra es 100.0 cm.

Se propuso usar tubo estructural de 1/2" ced 40 con área de 1.61 cm^2 y $r = 0.66 \text{ cm}$

si $K = 1$

$$K L / r = 1.0 (100.0 \text{ cm}) / 0.66 \text{ cm} = 151.52$$

$$F_a = 457.36 \text{ kg/cm}^2$$

el cual tiene una capacidad de

$$\text{Cap } C = 457.36 \text{ kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 736.35 \text{ kg}$$

$$\text{Cap} > 404.42 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección propuesta.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de

545.89 Kg.

$$f_s = 1518.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_{s \text{ nec}} = 545.89 \text{ Kg} / 1518 \text{ Kg/cm}^2 = 0.36 \text{ cm}^2$$

el tubo estructural de 1/2" ced 40 tiene capacidad a tensión de:

$$\text{Cap T} = 1518 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 2443.98 \text{ Kg} > 545.89 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 1674.88

$$L = 86.60 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (86.60 \text{ cm}) / 0.66 \text{ cm} = 131.21$$

$$F_a = 610.11 \text{ Kg/cm}^2$$

y una capacidad de:

$$\text{Cap C} = 610.11 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 982.28 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} < 1674.88 \text{ Kg}$$

por lo que hay que incrementar la sección. se propone utilizar tubo de 3/4" cédula 40 con peso de 1.69 kg/ml, $A=2.15 \text{ cm}^2$ y $r=0.85 \text{ cm}$, solo en las diagonales.

El peso original de la estructura se había calculado con tubo de 1/2", por lo que el tubo de 3/4" incrementaría el peso a:

Diagonales: $4.0 (25.0) (0.9m) = 90.0 m$

Cordones: 50 m

y un peso por metro cuadrado de:

Diagonales: $(90 ml) (1.69 Kg/ml) / 25 m^2 = 6.08 Kg/m^2$

Cordones: $(50 ml) (1.27 Kg/ml) / 25 m^2 = 2.54 Kg/m^2$

mas 10% por tornilleria o soldadura:

$1.1 (6.08 Kg/m^2 + 2.54 Kg/m^2) = 9.48 Kg/m^2$

llegando a un peso total de la estructura de:

Entortado:	40.00 Kg/m ²
Losa Precolada:	108.00 Kg/m ²
Armadura:	9.48 Kg/m ²
<u>Carga Viva</u>	<u>20.00 Kg/m²</u>
TOTAL	177.48 Kg/m ²

la carga inicial era de 175.81 Kg/m², lo que representa un factor de proporcionalidad de:

$$177.48 \text{ Kg/m}^2 / 175.81 \text{ Kg/m}^2 = 1.0095$$

La fuerza en el cordón superior se incrementa a:

$$f = 1.0095 (404.42 \text{ Kg }) = 408.26 \text{ Kg}$$

el tubo de 1/2" tiene capacidad a compresión de:

$$\text{Cap C} = 736.35 \text{ Kg} > 408.26 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

La fuerza en el cordón inferior se incrementa a:

$$f = 1.0095 (545.89 \text{ Kg }) = 551.07 \text{ Kg}$$

el tubo de 1/2" tiene capacidad a tensión de:

$$\text{Cap T} = 2443.98 \text{ Kg} > 551.07 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 1674.88 Kg que se incrementa a:

$$f = 1.0095 (1674.88 \text{ Kg }) = 1690.79 \text{ Kg}$$

usando tubo de 3/4" cédula 40:

$$K L / r = 1.0 (86.60 \text{ cm}) / 0.85 \text{ cm} = 101.88$$

$$F_a = 895.08 \text{ kg/cm}^2$$

y una capacidad de:

$$\text{Cap C} = 895.08 \text{ kg/cm}^2 (2.15 \text{ cm}^2) = 1924.42 \text{ kg}$$

$$\text{Cap C} > 1690.79 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección.

III c a 2 Estructura apoyada perimetralmente

Se propone usar tubo estructural de 1/2" ced 40 con área de 1.61 cm² y r = 0.66 cm.

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 549.44 kg.

$$L = 100 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (100.0 \text{ cm}) / 0.66 \text{ cm} = 151.52$$

$$F_a = 457.36 \text{ kg/cm}^2$$

y una capacidad igual a:

$$\text{Cap C} = 457.36 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 736.35 \text{ kg} > 549.44 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 549.44 Kg.

$$\text{As nec} = 549.44 \text{ kg} / 1518 \text{ kg/cm}^2 = 0.36 \text{ cm}^2$$

el tubo de 1/2" ced 40 tiene una capacidad a tensión de:

$$\text{Cap T} = 1518 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 2443.98 \text{ Kg} > 549.44 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 380.69 Kg.

$$L = 86.60 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (86.60 \text{ cm}) / 0.66 \text{ cm} = 131.21$$

$$F_a = 610.11 \text{ Kg/cm}^2$$

el tubo de 1/2" ced 40 tiene capacidad a compresión de:

$$\text{Cap C} = 610.11 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 982.27 \text{ Kg} > 380.69 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

III c a 3 Estructura apoyada en dos de sus lados

Se propone usar tubo estructural de 1/2" ced 40 con área de 1.61 cm² y r = 0.66 cm.

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 1096.62 Kg.

$$L = 100 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (100.0 \text{ cm}) / 0.66 \text{ cm} = 151.52$$

$$F_a = 457.36 \text{ kg/cm}^2$$

el tubo de 1/2" ced 40 tiene capacidad de:

$$\text{Cap C} = 457.36 \text{ kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 736.35 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} < 1096.62 \text{ Kg}$$

por lo que hay que aumentar el perfil.

Proponiendo usar tubo estructural de 3/4" ced 40 con área igual a 2.15 cm² , r = 0.85 cm peso de 1.69 kg/ml.

En la evaluación de cargas, las barras de la estructura de 5 X 5 metros se valuaron como de 1/2". Siendo la barra de 3/4" más pesada, aumentará el peso de la estructura y las barras en la siguiente proporción:

El nuevo peso por metro cuadrado será:

$$W \text{ armadura} : 1.69 \text{ Kg/ml } (5.6 \text{ ml/m}^2) = 9.46 \text{ Kg/m}^2$$

mas 10% por soldadura o tornillería:

$$W \text{ armadura} : 1.1 (9.46 \text{ Kg/m}^2) = 10.41 \text{ Kg/m}^2$$

llegando a un peso total de:

Entortado	40.00 kg/m ²
Losa precolada	108.00 kg/m ²
Armadura	10.41 kg/m ²
<u>Carga viva</u>	<u>20.00 kg/m²</u>
T O T A L	178.41 kg/m ²

el peso considerado inicialmente era:

$$W \text{ tot} : 175.81 \text{ Kg/m}^2$$

lo que da un factor de incremento proporcional de:

$$178.41 \text{ Kg/m} / 175.61 \text{ Kg/m} = 1.0148$$

en el cordón superior la fuerza incrementada en las barras será:

$$f = 1.0148 (1098.82 \text{ Kg}) = 1115.08 \text{ Kg}$$

usando tubo estructural de 3/4" ced 40

$$L = 100 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (100.0 \text{ cm}) / 0.65 \text{ cm} = 117.65$$

$$F_a = 746.50 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 746.50 \text{ Kg/cm}^2 (2.15 \text{ cm}^2) = 1604.98 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap} > 1115.08 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja con una fuerza a tensión de 1098.82 Kg que se incrementa a:

$$f = 1.0148 (1098.82 \text{ Kg}) = 1115.08 \text{ Kg}$$

$$\text{As nec} = 1115.08 \text{ Kg} / 1518 \text{ Kg/cm}^2 = 0.73 \text{ cm}^2$$

el tubo de 1/2" ced 40 tiene capacidad de:

$$\text{Cap T} = 1.61 \text{ cm}^2 (1518 \text{ Kg/cm}^2) = 2443.98 \text{ Kg} > 1115.08 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 380.69 Kg que se incrementa a:

$$f = 1.0148 (380.69 \text{ Kg}) = 386.28 \text{ Kg}$$

usando tubo de 1/2" ced 40

$$L = 86.60 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (86.60 \text{ cm}) / 0.66 \text{ cm} = 131.21$$

$$F_a = 610.11 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 610.11 \text{ kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 982.27 \text{ Kg} > 386.28 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección

III c b Prediseño estructura 15 X 15 m

III c b 1 Estructura apoyada en cuatro columnas

Se propone usar tubo estructural de 1" ced 40 con área de 3.19 cm² y r = 1.07 cm.

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza en cada barra de 4996.01 kg.

$$L = 150 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (150 \text{ cm}) / 1.07 \text{ cm} = 140.19$$

$$F_a = 534.48 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 534.48 \text{ Kg/cm}^2 (3.19 \text{ cm}^2) = 1704.99 \text{ Kg}$$

la capacidad a compresión del tubo de 1" es menor que la fuerza que actúa en la barra, por lo que hay que aumentar la sección del tubo. esto repercute en el peso de la estructura, ya que inicialmente se consideró de 1", lo que incrementaría el peso en la siguiente proporción:

Se considera tubo estructural de 2 1/2" ced 80 con área de 14.53 cm², r = 2.41 cm y peso de 11.41 Kg/ml, con lo que se obtiene un peso por metro cuadrado de:

$$W \text{ armadura} = 3.92 \text{ ml/m}^2 (11.41 \text{ Kg/ml}) = 44.73 \text{ Kg/m}^2$$

mas 10% de soldadura o tornilleria:

$$W \text{ armadura} = 1.1 (44.77 \text{ Kg/m}^2) = 49.20 \text{ Kg/m}^2$$

lo que da un peso total de:

Entortado	40.00 Kg/m ²
Losa precolada	106.00 Kg/m ²
Armadura	49.20 Kg/m ²
<u>Carga viva</u>	<u>20.00 Kg/m²</u>
T O T A L	217.20 Kg/m ²

si el peso anterior era de 176.78 Kg, se obtiene un incremento en las cargas de:

$$217.20 \text{ Kg/m}^2 / 176.78 \text{ Kg/m}^2 = 1.21$$

La fuerza en el cordón superior quedará incrementada a:

$$f = 1.21 (4996.01 \text{ Kg}) = 6045.17 \text{ Kg}$$

$$L = 150 \text{ cm usando tubo de 2" ced 40}$$

$$K L / r = 1.0 (150.0 \text{ cm}) / 2.0 \text{ cm} = 75.0$$

$$F_a = 1118.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1118.0 \text{ Kg/cm}^2 (6.93 \text{ cm}^2) = 7747.74 \text{ Kg} > 6045.17$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 4996.01 Kg que se incrementa a:

$$f = 1.21 (4996.01 \text{ Kg}) = 6045.17 \text{ Kg}$$

el tubo de 2" ced 40 tiene capacidad de:

$$\text{Cap T} = 1518 \text{ Kg/cm}^2 (6.93 \text{ cm}^2) = 10519.74 \text{ Kg} > 6437.20$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 14220.97 Kg, que se incrementa a:

$$f = 1.21 (14220.97 \text{ Kg}) = 17207.37 \text{ Kg}$$

usando tubo de 2 1/2" ced 80

$$L = 145.77 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (145.77 \text{ cm}) / 2.41 \text{ cm} = 60.49$$

$$F_a = 1222.08 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1222.08 \text{ Kg/cm}^2 (14.53 \text{ cm}^2) = 17720.16 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 17207.37 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

111 c b 2 Estructura apoyada perimetralmente

Se propone utilizar tubo estructural de 2" ced 40 con $A=6.93 \text{ cm}^2$, peso de 5.44 kg/ml y $r=2.0 \text{ cm}$, que produce un incremento en el peso de la estructura de:

$$W \text{ armadura} = 3.92 \text{ ml/m}^2 (5.44 \text{ Kg/ml}) = 21.32 \text{ kg/m}^2$$

mas 10% por soldadura o tornilleria:

$$W \text{ armadura} = 1.1 (21.32) = 23.45 \text{ Kg/m}^2$$

con lo que se obtiene un peso total de:

Entortado:	40.00 kg/m ²
Losa Precolada	108.00 kg/m ²
Armadura	23.45 kg/m ²
<u>Carga Viva</u>	<u>20.00 kg/m²</u>
TOTAL	191.45 kg/m ²

si el peso anterior era de 178.78 Kg/m^2 , se obtiene un incremento en las cargas y fuerzas de:

$$191.45 \text{ kg/m}^2 / 178.78 \text{ kg/m}^2 = 1.0709$$

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 3771.14 Kg, la cual se incrementa a:

con 2" ced 40 se las fuerzas se incrementan 1.0709

$$f = 1.0709 (3771.14 \text{ Kg}) = 4038.51 \text{ Kg}$$

$$L = 150 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (150 \text{ cm}) / 2.0 \text{ cm} = 75.0$$

$$F_a = 1118.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1118.0 \text{ Kg/cm}^2 (6.93 \text{ cm}^2) = 7747.74 \text{ Kg} > 4038.51$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 3771.14 Kg, que se incrementa a:

$$f = 1.0709 (3771.14 \text{ Kg}) = 4038.51 \text{ Kg}$$

el tubo de 1" ced 40 tiene una capacidad a tensión de:

$$\text{Cap T} = 1518 \text{ Kg/cm}^2 (3.19 \text{ cm}^2) = 4842.42 \text{ Kg} > 4038.51$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 1466.07 Kg que se incrementa a:

$$f = 1.0709 (1466.07 \text{ Kg}) = 1570.01 \text{ Kg}$$

$$L = 145.77 \text{ cm}$$

usando tubo de 1" ced 40

$$K L / r = 1.0 (145.77 \text{ Kg}) / 1.07 \text{ cm} = 136.26$$

$$F_a = 565.18 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 565.18 \text{ Kg/cm}^2 (3.19 \text{ cm}^2) = 1802.92 > 1570.01 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

III c b 3 Estructura apoyada en dos de sus lados

Se propone usar tubo estructural de 2" ced 40.

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 7542.26 kg, que se incrementa a:

$$f = 1.0709 (7542.26 \text{ Kg}) = 8077.02 \text{ Kg}$$

$$L = 150.0 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (150.0 \text{ cm}) / 2.0 \text{ cm} = 75.0$$

$$F_a = 1116 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1116.0 \text{ Kg/cm}^2 (6.93 \text{ cm}^2) = 7747.74 \text{ Kg} < 8077.02$$

la capacidad a compresión es menor que la fuerza de trabajo en la barra, por lo que es necesario incrementar la sección de acero.

Se propone usar tubo de 2" ced 80 con Área de 9.53 cm² y r = 1.95 cm con peso de 7.46 kg/ml. El peso considerado sobre la estructura inicialmente se incrementará, así como las fuerzas en las barras.

La estructura con este nuevo perfil pesará:

$$W \text{ armadura} = 3.92 \text{ ml/m}^2 (7.46 \text{ kg/ml}) = 29.32 \text{ Kg/m}^2$$

mas 10% por soldadura o tornilleria:

$$W \text{ armadura} = 1.1 (29.32 \text{ Kg/m}^2) = 32.25 \text{ Kg/m}^2$$

lo que da un peso total de:

Entortado	40.00 kg/m ²
Losa precolada	108.00 kg/m ²
Armadura	32.25 kg/m ²
<u>Carga viva</u>	<u>20.00 kg/m²</u>
T O T A L	200.25 kg/m ²

El peso anterior era de 178.78 Kg. con lo que el incremento en la carga es:

$$200.25 \text{ kg/m}^2 / 178.78 \text{ Kg/m}^2 = 1.12$$

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de

7542.28 kg que se incrementa a:

$$f = 1.12 (7542.28 \text{ kg}) = 8447.35 \text{ Kg}$$

$$L = 150.0 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (150.0 \text{ cm}) / 1.95 \text{ cm} = 76.92$$

$$F_a = 1103.56 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1103.56 \text{ kg/cm}^2 (9.53 \text{ cm}^2) = 10516.93 \text{ kg}$$

$$\text{Cap C} > 8447.35 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 7542.28 kg, que se incrementa a:

$$f = 1.12 (7542.28 \text{ kg}) = 8447.35 \text{ Kg}$$

usando tubo de 2" ced 40 que tiene capacidad de:

$$\text{Cap T} = 1518.0 \text{ kg/cm}^2 (6.93 \text{ cm}) = 10519.74 \text{ kg} > 8447.35$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 1466.07 kg, que se incrementa a:

$$f = 1.12 (1466.07 \text{ kg}) = 1641.99 \text{ Kg}$$

usando tubo de 1" Ced 40:

$$L = 145.77 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (145.77 \text{ cm}) / 1.07 \text{ cm} = 136.26$$

$$F_a = 565.16 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 565.16 \text{ Kg/cm}^2 (3.19 \text{ cm}^2) = 1802.92 \text{ Kg} > 1641.99$$

por lo que se acepta la sección.

III c c Prediseño estructura de 24 X 24 m

III c c 1 Estructura apoyada en cuatro columnas

Se propone usar tubo estructural de 3" ced 80 en los cordones superior e inferior y 3" ced 160 en las diagonales. Como inicialmente se consideró la carga con estructura de 2", ésta se incrementará en la siguiente proporción.

Desarrollo

Cordón superior	312 ml / 576 m ² = 0.54 ml/m ²
Cordón inferior	264 ml / 576 m ² = 0.46 ml/m ²
Diagonales	1411.2 ml / 576 m ² = 2.45 ml/m ²

y un peso de:

Cordón superior	0.54 ml/m ² (15.3 Kg/m ²) = 8.26 Kg/m ²
Cordón inferior	0.46 ml/m ² (15.3 Kg/m ²) = 7.04 Kg/m ²
<u>Diagonales</u>	<u>2.45 ml/m² (21.3 Kg/m²) = 52.19 Kg/m²</u>
T O T A L	67.49 Kg/m ²

más el 10% por tornillería o soldadura

W armadura = 1.1 (67.49 Kg/m²) = 74.24 Kg/m²

que genera un peso total de:

Entortado	40.00 Kg/m ²
Losa precolada	108.00 Kg/m ²
Armadura	74.24 Kg/m ²
<u>Carga viva</u>	<u>20.00 Kg/m²</u>
T O T A L	242.24 Kg/m ²

lo que da un incremento en la carga de:

$$242.24 \text{ Kg/m}^2 / 188.64 \text{ Kg/m}^2 = 1.2841$$

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 7731.60 Kg que se incrementa a:

$$f = 1.2841 (7731.60 \text{ Kg}) = 9928.15 \text{ Kg}$$

usando tubo estructural de 3" ced 40 con un área de 14.39 cm²
y r = 2.96 cm

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (200.0 \text{ cm}) / 2.96 \text{ cm} = 67.57$$

$$F_a = 1173.01 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1173.01 \text{ Kg/cm}^2 (14.39 \text{ cm}^2) = 16879.61 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 9928.15 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 10308.80 kg que se incrementa a:

$$f = 1.2641 (10308.80 \text{ Kg}) = 13237.53 \text{ Kg}$$

el tubo de 3" ced 40 tiene capacidad a tensión de:

$$\text{Cap T} = 1516.0 \text{ kg/cm}^2 (14.39 \text{ cm}^2) = 21844.02 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap T} > 13237.53 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 31881.22 kg que se incrementa a:

$$f = 1.2641 (31881.22 \text{ Kg}) = 40936.67 \text{ Kg}$$

usando tubo de 4" ced 120 con área de 36.1 cm² y r = 3.7 cm

$$L = 244.95 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (244.95 \text{ cm}) / 3.7 \text{ cm} = 66.20$$

$$F_a = 1182.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1182.60 \text{ kg/cm}^2 (36.1 \text{ cm}^2) = 42691.86 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 40936.67 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

III c c 2 Estructura apoyada perimetralmente

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 6791.04 kg que se incrementa a:

$$f = 1.2841 (6791.04 \text{ Kg}) = 8720.37 \text{ Kg}$$

el tubo de 3" ced 40 tiene capacidad de:

$$L = 200.0 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (200.0 \text{ cm}) / 2.96 \text{ cm} = 67.57$$

$$F_a = 1173.01 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1173.01 \text{ Kg/cm}^2 (14.39 \text{ cm}^2) = 16879.61 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 8720.37 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 6791.04 kg, que se incrementa a:

$$f = 1.2841 (6791.04 \text{ Kg}) = 8720.37 \text{ Kg}$$

el tubo de 3" ced 40 tiene capacidad de:

$$\text{Cap T} = 1516.0 \text{ kg/cm}^2 (14.39 \text{ cm}^2) = 21844.02 \text{ kg}$$

$$\text{Cap T} > 8720.37 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 2772.28 Kg que se incrementa a:

$$f = 1.2841 (2772.28 \text{ Kg}) = 3559.68 \text{ Kg}$$

$$L = 244.95 \text{ cm}$$

usando tubo de 2" ced 40

$$K L / r = 1.0 (244.95 \text{ cm}) / 2.0 \text{ cm} = 122.48$$

$$F_a = 697.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 697.68 \text{ kg/cm}^2 (6.93 \text{ cm}^2) = 4834.92 \text{ kg}$$

$$\text{Cap C} > 3559.68 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección.

III c c 3 Estructura apoyada en dos lados

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 13582.08 kg, que se incrementa a:

$$f = 1.2841 (13582.08 \text{ Kg}) = 17440.75 \text{ Kg}$$

usando tubo de 3° ced 80 con un área de 19.46 cm² con radio de giro de r = 2.89 cm:

$$L = 200.0 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (200.0 \text{ cm}) / 2.89 \text{ cm} = 69.20$$

$$F_a = 1160.60 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1160.60 \text{ Kg/cm}^2 (19.46 \text{ cm}^2) = 22585.28 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 17440.75 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 13582.08 kg que se incrementa a:

$$f = 1.2841 (13582.08 \text{ Kg}) = 17440.75 \text{ Kg}$$

usando tubo estructural de 3° ced 40 que tiene capacidad a tensión de:

$$\text{Cap T} = 1518.0 \text{ Kg/cm}^2 (14.39 \text{ cm}^2) = 21844.02 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap T} > 17440.75 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 2772.28 Kg, que se incrementa a:

$$f = 1.2841 (2772.28 \text{ Kg}) = 3559.68 \text{ Kg}$$

usando tubo de 2" ced 40:

$$L = 244.95 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (244.95 \text{ cm}) / 2.0 \text{ cm} = 122.48$$

$$F_a = 697.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 697.68 \text{ kg/cm}^2 (6.93 \text{ cm}^2) = 4834.92 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 3559.68 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección.

RESUMEN

SECCIONES OBTENIDAS DEL PREDISEÑO

	T I P O D E A P O Y O		
	4 COLUMNAS	PERIMETRAL	2 LADOS
Estructura 5 X 5 m			
Cordón superior	1/2" ced 40	1/2" ced 40	3/4" ced 40
Cordón inferior	1/2" ced 40	1/2" ced 40	1/2" ced 40
Diagonales	3/4" ced 40	1/2" ced 40	1/2" ced 40
Estructura 15 X 15 m			
Cordón superior	2" ced 40	2" ced 40	2" ced 80
Cordón inferior	2" ced 40	1" ced 40	2" ced 40
Diagonales	2 1/2" ced 80	1" ced 40	1" ced 40
Estructura 24 X 24 m			
Cordón superior	3" ced 40	3" ced 40	3" ced 80
Cordón inferior	3" ced 40	3" ced 40	3" ced 40
Diagonales	4" ced 120	2" ced 40	2" ced 40

IV VERIFICACION DE PREANALISIS CON METODO EXACTO

IV 1 Cálculo por métodos exactos

Calculando las estructuras por métodos exactos usando procesamiento electrónico de cálculo así como las áreas y pesos de las barras obtenidas en el prediseño, se obtienen las siguientes fuerzas críticas:

	T I P O D E A P O Y O		
	<u>4 COLUMNAS</u>	<u>PERIMETRAL</u>	<u>2 LADOS</u>
Estructura 5 X 5 m			
Cordón superior	360.45 kg	533.06 kg	1096.72 kg
Cordón inferior	517.21 kg	533.06 kg	1076.95 kg
Diagonales	1656.11 kg	330.41 kg	370.50 kg
Estructura 15 X 15 m			
Cordón superior	4452.77 kg	3658.76 kg	7538.82 kg
Cordón inferior	4733.55 kg	3658.76 kg	7319.19 kg
Diagonales	14061.60 kg	1272.42 kg	1426.97 kg
Estructura 24 X 24 m			
Cordón superior	6890.90 kg	6588.68 kg	13553.25 kg
Cordón inferior	9767.24 kg	6588.68 kg	13311.79 kg
Diagonales	31523.95 kg	2406.10 kg	2698.34 kg

IV 2 Diseño definitivo de las estructuras

IV 2 a Diseño estructura 5 X 5 m

IV 2 a 1 Estructura apoyada en 4 columnas

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 360.45 Kg, usando tubo estructural de 1/2" ced 40:

$$L = 100.0 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (100.0 \text{ cm}) / 0.66 \text{ cm} = 151.51$$

$$F_a = 457.43 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 457.43 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 736.46 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 360.45 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 517.21 Kg, usando tubo de 1/2" ced 40:

$$\text{Cap T} = 1518.0 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 2443.98 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap T} > 517.21 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 1656.11 Kg, usando tubo de 3/4" ced 40:

$$L = 86.60 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (86.60 \text{ cm}) / 0.85 \text{ cm} = 101.88$$

$$F_a = 895.08 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 895.08 \text{ Kg/cm}^2 (2.15 \text{ cm}^2) = 1924.42 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 1656.11 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

IV 2 a 2 Estructura apoyada perimetralmente

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 533.06 Kg, usando tubo de 1/2" ced 40:

$$L = 100.0 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (100.0 \text{ cm}) / 0.66 \text{ cm} = 151.51$$

$$F_a = 457.43 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 457.43 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 736.46 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 533.06 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de

533.06 Kg, usando tubo de 1/2" ced 40:

$$\text{Cap T} = 1518.0 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 2443.98 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap T} > 533.06 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 330.41 Kg, usando tubo de 1/2" ced 40:

$$L = 86.60 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (86.60 \text{ cm}) / 0.66 \text{ cm} = 131.21$$

$$F_a = 610.11 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 610.11 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 982.28 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 330.41 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

IV 2 a 3 Estructura apoyada en 2 lados

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 1096.72 kg, usando tubo de 3/4" ced 40:

$$L = 100.0 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (100.0 \text{ cm}) / 0.85 = 117.64$$

$$F_a = 746.60 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 746.60 \text{ Kg/cm}^2 (2.15 \text{ cm}^2) = 1605.19 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 1096.72 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 1076.95 kg, usando tubo de 1/2" ced 40:

$$\text{Cap T} = 1516.0 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 2443.96 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap T} > 1076.95 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 370.50 kg, usando tubo de 1/2" ced 40:

$$L = 86.60 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (86.60 \text{ cm}) / 0.66 \text{ cm} = 131.21$$

$$F_a = 610.11 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 610.11 \text{ Kg/cm}^2 (1.61 \text{ cm}^2) = 982.26 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 370.50 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

IV 2 b Diseño estructura de 15 X 15 m

IV 2 b 1 Estructura apoyada en 4 columnas

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 4452.77 Kg, usando tubo de 1 1/2" ced 40:

$$L = 150 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (150.0 \text{ cm}) / 1.58 \text{ cm} = 94.93$$

$$F_a = 956.63 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 956.63 \text{ Kg/cm}^2 (5.16 \text{ cm}^2) = 4936.21 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 4452.77 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 4733.55 Kg, usando tubo de 1 1/2" ced 40:

$$\text{Cap T} = 1518.0 \text{ Kg/cm}^2 (5.16 \text{ cm}^2) = 7832.88 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap T} > 4733.55 \text{ Kg}$$

Por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 14061.60 Kg, usando tubo de 2 1/2" ced 80:

$$L = 145.77 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (145.77 \text{ cm}) / 2.35 \text{ cm} = 62.03$$

$$F_a = 1211.79 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} > 1211.79 \text{ kg/cm}^2 (14.53 \text{ cm}^2) = 17607.31$$

$$\text{Cap C} > 14061.60 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección.

IV 2 b 2 Estructura apoyada perimetralmente

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 3658.76 Kg, usando tubo de 1 1/2" ced 40:

$$L = 150.0 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (150.0 \text{ cm}) / 1.58 \text{ cm} = 94.93$$

$$F_a = 956.63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 956.63 \text{ kg/cm}^2 (5.16 \text{ cm}^2) = 4936.21 \text{ kg}$$

$$\text{Cap C} > 3658.76 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 3658.76 Kg, usando tubo de 1" ced 40:

$$\text{Cap T} = 1518.0 \text{ kg/cm}^2 (3.19 \text{ cm}^2) = 4842.42 \text{ kg}$$

Cap T > 3658.76 Kg

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 1272.42 kg, usando tubo de 1" ced 40:

L = 145.77 cm

$K L / r = 1.0 (145.77 \text{ cm}) / 1.07 \text{ cm} = 136.23$

$F_a = 615.85 \text{ Kg/cm}^2 (3.19 \text{ cm}^2) = 1964.56 \text{ Kg}$

Cap C > 1272.42 Kg

por lo que se acepta la sección.

IV 2 b 3 Estructura apoyada en 2 lados

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 7538.82 kg, usando tubo de 2" ced 80:

L = 150 cm

$K L / r = 1.0 (150.0 \text{ cm}) / 2.0 \text{ cm} = 75.00$

$F_a = 1118.0 \text{ Kg/cm}^2$

$\text{Cap C} = 1118.0 \text{ Kg/cm}^2 (6.93 \text{ cm}^2) = 7747.74 \text{ Kg}$

Cap C > 7538.82 Kg

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 7392.19 kg, usando tubo de 1 1/2" ced 40:

$$\text{Cap T} = 1516.0 \text{ kg/cm}^2 (5.16 \text{ cm}^2) = 7632.66 \text{ kg}$$

$$\text{Cap T} > 7392.19 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 1426.97 kg, usando tubo de 1 1/2" ced 40:

$$L = 145.77 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (145.77 \text{ cm}) / 1.56 \text{ cm} = 92.25$$

$$F_a = 929.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 929.75 \text{ kg/cm}^2 (5.16 \text{ cm}^2) = 5055.51 \text{ kg}$$

$$\text{Cap C} > 1426.97 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección.

IV 2 c Diseño estructura 24 X 24 m

IV 2 c 1 Estructura apoyada en 4 columnas

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 6890.90 Kg, usando tubo de 2" ced 80:

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (200.0 \text{ cm}) / 1.95 \text{ cm} = 102.56$$

$$F_a = 888.96 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 888.96 \text{ kg/cm}^2 (9.53 \text{ cm}^2) = 8471.79 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 6890.90 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 9767.24 Kg, usando tubo de 2" ced 40:

$$\text{Cap T} = 1518.0 \text{ kg/cm}^2 (6.93 \text{ cm}^2) = 10519.74 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap T} > 9767.24 \text{ kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 31523.95 kg, usando tubo de 4" ced 80:

L : 244.55 cm

$K L / r = 1.0 (244.55 \text{ cm}) / 3.8 \text{ cm} = 64.36$

Fa = 1195.48 kg/cm²

Cap C = 1195.48 kg/cm² (28.5 cm²) = 34071.18 kg

Cap C > 31523.95 kg

por lo que se acepta la sección.

IV 2 c 2 Estructura apoyada perimetralmente

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 6588.68 Kg, usando tubo de 2" ced 80:

L : 200.0 cm

$K L / r = 1.0 (200.0 \text{ cm}) / 1.95 \text{ cm} = 102.56$

Fa = 888.96 kg/cm²

Cap C = 888.96 kg/cm² (9.53 cm²) = 8471.19 kg

Cap C > 6588.68 kg

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 6588.68 Kg, usando tubo de 2" ced 40:

Cap T : 1518.0 kg/cm² (6.93 cm²) = 10519.74 kg

Cap T > 6588.68 Kg

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 2406.10 Kg, usando tubo de 1 1/2" ced 40:

L : 244.55 cm

$K L / r = 1.0 (244.55 \text{ cm}) / 1.58 \text{ cm} = 154.78$

Fa = 530.10 Kg/cm²

Cap C = 530.10 Kg/cm² (5.16 cm²) = 2735.32 Kg

Cap C > 2406.10 Kg

por lo que se acepta la sección.

IV 2 c 3 Estructura apoyada en 2 lados

El cordón superior trabaja a compresión con una fuerza de 13553.25 Kg, usando tubo de 2 1/2" ced 80:

L : 200.0 cm

$K L / r = 1.0 (200.0 \text{ cm}) / 2.35 \text{ cm} = 85.11$

Fa = 1038.90 Kg/cm²

Cap C = 1038.90 Kg/cm² (14.53 cm²) = 15095.22 Kg

Cap C > 13553.25 Kg

por lo que se acepta la sección.

El cordón inferior trabaja a tensión con una fuerza de 13311.79 Kg, usando tubo de 2" ced 80:

$$\text{Cap T} = 1518.0 \text{ Kg/cm}^2 (9.53 \text{ cm}^2) = 14466.54 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap T} > 13311.79 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

Las diagonales trabajan a compresión con una fuerza de 2698.34 Kg, usando tubo de 1 1/2" ced 40:

$$L = 244.55 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (244.55 \text{ cm}) / 1.58 \text{ cm} = 154.78$$

$$F_a = 530.10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 530.10 \text{ Kg/cm}^2 (5.16 \text{ cm}^2) = 2735.32 \text{ Kg}$$

$$\text{Cap C} > 2698.34 \text{ Kg}$$

por lo que se acepta la sección.

RESUMEN

TIPO DE APOYO

4 COLUMNAS PERIMETRAL 2 LADOS

Estructura 5 X 5 m

Cordón superior	1/2" ced 40	1/2" ced 40	1/2" ced 40
Cordón inferior	1/2" ced 40	1/2" ced 40	1/2" ced 40
Diagonales	3/4" ced 40	1/2" ced 40	1/2" ced 40

Estructura 15 X 15 m

Cordón superior	1 1/2" ced 40	1 1/2" ced 40	2" ced 40
Cordón inferior	1 1/2" ced 40	1" ced 40	1 1/2" ced 40
Diagonales	2 1/2" ced 80	1" ced 40	1 1/2" ced 40

Estructura 24 X 24 m

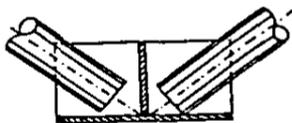
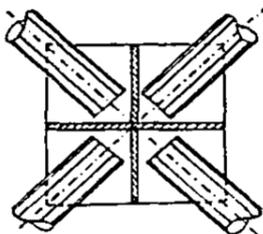
Cordón superior	2" ced 80	2" ced 80	2 1/2" ced 80
Cordón inferior	2" ced 40	2" ced 40	2" ced 80
Diagonales	4" ced 80	1 1/2" ced 40	1 1/2" ced 40

V Discusión de conectores

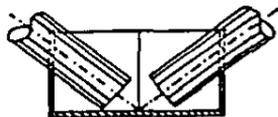
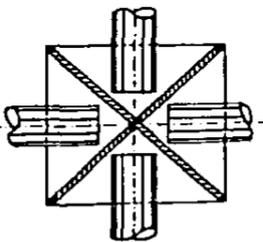
La forma de unir las barras en los nudos es un aspecto importante que se debe considerar al construir este tipo de estructuras, pues los nudos son un punto crítico donde se unen dos o más barras que tienen diferentes fuerzas que trabajan a tensión y compresión, por lo que la unión de las barras en ese punto ha sido un problema en constante estudio.

Para unir las barras en los nudos se presenta una gama de soluciones, se pueden dividir en hechas en campo o prefabricadas. De las hechas en campo, se pueden soldar las barras entre sí haciéndoles los cortes necesarios para acoplarlas, esta solución es bastante laboriosa constructivamente, pues los cortes difícilmente son exactos al realizarlos en campo. La solución más usual hecha en campo es usando placas a las cuales se unen con soldadura las barras.

Las estructuras triodéticas por estar formadas por elementos de longitudes constantes y fáciles de manejar, se prestan para que su construcción sea rápida, por lo que se prefabrican conectores de placas alabeadas o ángulos soldados entre sí en forma de cruz, algunos con perforaciones hechas para que por medio de tornillería se unan las barras de la estructura para un rápido ensamble. En la figura 16 se

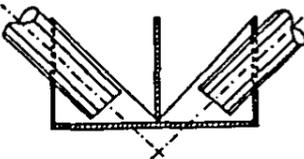
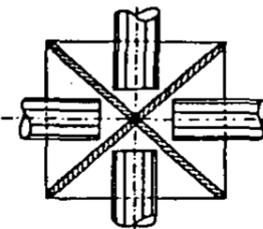


Los ejes de los tubos concurren a un mismo punto.



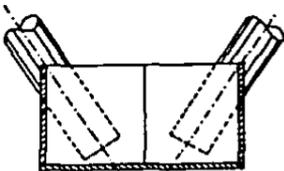
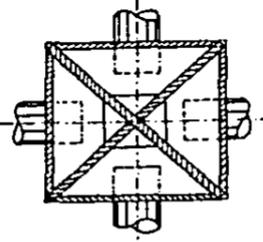
Los ejes de los tubos concurren a un mismo punto.

Se necesita una base muy grande para la soldadura necesaria.



Los ejes de los tubos no concurren a un mismo punto.

Se necesita una base muy grande para la soldadura necesaria.



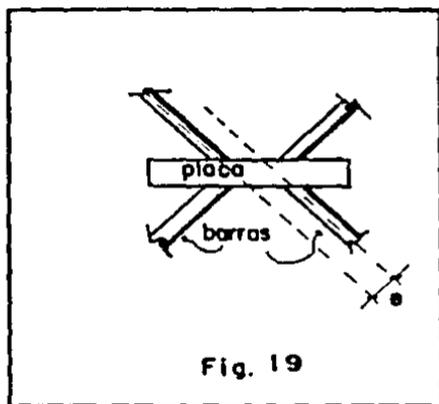
Los ejes de los tubos no concurren a un mismo punto.

Se necesita una base muy grande para la soldadura necesaria.

Fig. 18

muestran diferentes tipos de conectores.

Al diseñar la estructura es muy importante verificar que constructivamente se pueda realizar, pues en muchas ocasiones por un mismo punto se cruzan dos o más barras pero en la construcción dos elementos no pueden ocupar el mismo sitio. Este problema se soluciona cortándolos y uniéndolos a placas en el punto de cruce (Fig. 19) lo que genera excentricidades



en las fuerzas de las barras que no se consideran en el cálculo de las estructuras, ya que al construir las, las condiciones de trabajo de las estructuras son diferentes a las que inicialmente se habían supuesto.

Para ejemplificar el diseño de un conector, se diseñará

para la estructura de 15 X 15 m un conector al que se unirán tubos de 2" ced 40. con $A_s = 6.9 \text{ cm}^2$, $r = 2.0 \text{ cm}$, $e = 0.39 \text{ cm}$. se diseñará para la máxima capacidad del tubo, esto debido a que a cada nudo llega una fuerza diferente y no se puede uniformizar, por otra parte en caso de haber una sobrecarga se lograría que falle primero el tubo antes que el conector.

Cordones superior e inferior:

$$K L / r = 1.0 (150.0 \text{ cm}) / 2.0 \text{ cm} = 75.0$$

$$F_a = 1118.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1118.0 \text{ Kg/cm}^2 (6.9 \text{ cm}^2) = 7714.20 \text{ Kg}$$

Diagonales:

$$L = 145.77 \text{ cm}$$

$$K L / r = 1.0 (145.77 \text{ cm}) / 2.0 \text{ cm} = 72.89$$

$$F_a = 1133.77 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cap C} = 1133.77 \text{ Kg/cm}^2 (6.9 \text{ cm}^2) = 7823.01 \text{ Kg}$$

Soldadura:

$$e = 0.39 - (2.54/16) = 0.23 \text{ cm}$$

$$\text{Cap} = 0.23 (900) (0.7071) = 146.37 \text{ Kg/cm}$$

Cordones superior e inferior:

L nec/cordón = 7714.20 Kg / 4 / 146.37 Kg/cm

L nec/cordón = 13.17 cm

Diagonales:

L nec/cordón = 7823.01 Kg / 4 / 146.37 Kg/cm

L nec/cordón = 13.36 cm

Dimensiones de la placa:

Se propone utilizar placa de 1/4"

Placa base:

$$b = 2 ((L \text{ sold.} + d/2 + d/2) \cos 45 + e/2)$$

$$b = 2 ((13.17 + 3 + 3) \cos 45 + 0.32) = 27.75 \text{ cm}$$

$$b = 29 \text{ cm}$$

Placa en cruz:

$$b = 2 (b_1 + b_2) + e \text{ placa}$$

$$b = 2 (6 \cos 46.69 + 13.36 \cos 43.31) + 0.64 = 28.31 \text{ cm}$$

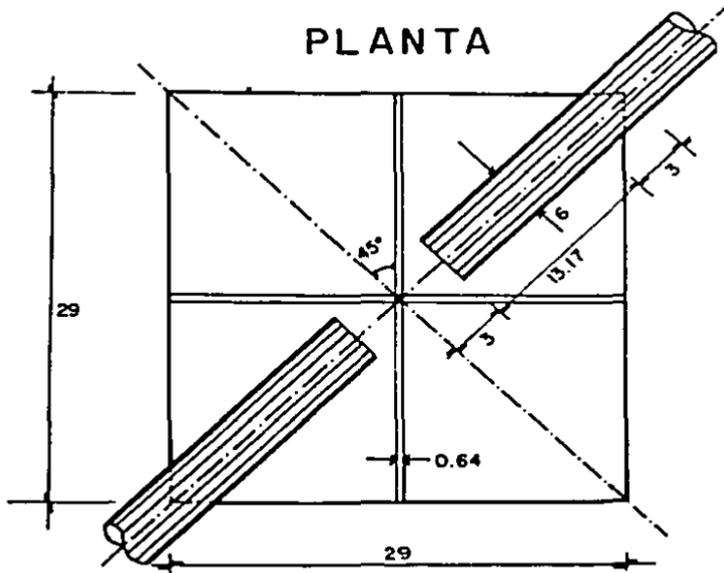
$$b = 29 \text{ cm}$$

$$h = h_1 + h_2$$

$$h = 3 / \sin 46.69 + 13.36 \cos 46.69 = 13.28$$

$$h = 14 \text{ cm}$$

PLANTA



PROYECCION LATERAL

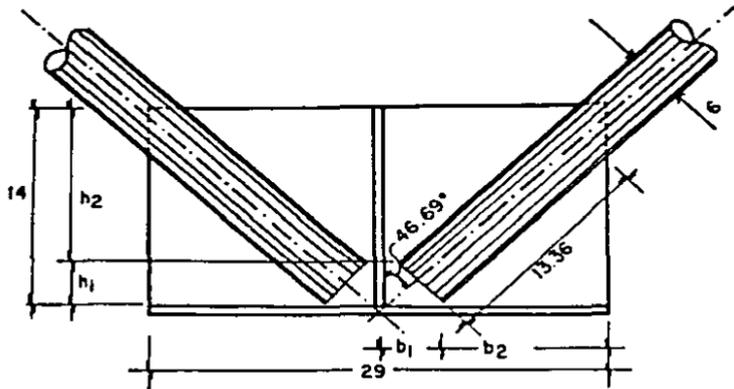


Fig. 20

Cotas en cms.

VI Otras aplicaciones

VI a Silos

En las paredes de los silos de almacenamiento se generan grandes fuerzas debido a los productos que se guardan en ellos; si éstos se construyen de concreto reforzado requieren de gran espesor en sus paredes para contener la cantidad de acero necesario para soportar las fuerzas que se generan en ellos. Por otra parte es necesaria una obra falsa muy grande y costosa para poder realizar el colado, que habrá que retirarla después de hecho este.

Las estructuras triodéticas por su parte, tienen como característica el poder soportar grandes cargas o fuerzas en sus elementos, no requieren de un gran espesor de concreto para recubrirlas, pueden llegar a ser más resistentes además de no requerir de obra falsa grande y costosa en su construcción.

VI b Depósitos

Los depósitos, gimnasios, teatros, salas, construidos

tradicionalmente por armaduras, largueros, contraventeos, montenes, etc; sus cubiertas se pueden sustituir por estructuras triodéticas, logrando los mismos objetivos, pero mejorando la estética del lugar.

VI c Muros de contención

Los muros de contención contruidos de piedra, presentan el riesgo de fisuramiento o fallas en sus paredes debido a los asentamientos que se producen en el terreno al ser tan pesados. Los contruidos de concreto reforzado, requieren de una obra falsa muy grande y costosa en su construcción que despues habrá que retirarla. Las estructuras triodéticas son ligeras, resistentes además no requieren obra falsa muy grande y costosa en su construcción.

VII EVALUACION DE RESULTADOS

Las fuerzas calculadas por métodos exactos disminuyen con respecto a las obtenidas por métodos aproximados en la siguiente forma:

APOYO EN 4 COLUMNAS

	<u>METODO APROXIMADO</u>	<u>METODO EXACTO</u>
Estructura 5 X 5 m		
Cordón superior	402.42 kg	360.45 kg
Cordón inferior	545.89 kg	517.21 kg
Diagonales	1674.88 kg	1656.11 kg
Estructura 15 X 15 m		
Cordón superior	4996.01 kg	4452.77 kg
Cordón inferior	4996.01 kg	4733.55 kg
Diagonales	14220.97 kg	14061.60 kg
Estructura 24 X 24 m		
Cordón superior	7731.60 kg	6890.90 kg
Cordón inferior	10308.80 kg	9767.24 kg
Diagonales	31881.22 kg	31523.95 kg

APOYO PERIMETRAL

METODO APROXIMADO METODO EXACTO

Estructura 5 X 5 m

Cordón superior	549.44 Kg	533.06 Kg
Cordón inferior	549.44 Kg	533.06 Kg
Diagonales	380.69 Kg	330.41 Kg

Estructura 15 X 15 m

Cordón superior	3771.14 Kg	3658.76 Kg
Cordón inferior	3771.14 Kg	3658.76 Kg
Diagonales	1466.07 Kg	1272.42 Kg

Estructura 24 X 24 m

Cordón superior	6791.04 Kg	6588.68 Kg
Cordón inferior	6791.04 Kg	6588.68 Kg
Diagonales	2772.28 Kg	2406.10 Kg

APOYO EN 2 LADOS

METODO APROXIMADO METODO EXACTO

Estructura 5 X 5 m

Cordón superior	1098.82 Kg	1096.72 Kg
Cordón inferior	1098.82 Kg	1076.75 Kg
Diagonales	380.65 kg	370.50 kg

Estructura 15 X 15 m

Cordón superior	7542.28 Kg	7538.82 Kg
Cordón inferior	7542.28 Kg	7319.19 Kg
Diagonales	1466.07 Kg	1426.97 Kg

Estructura 24 X 24 m

Cordón superior	13582.08 Kg	13553.25 Kg
Cordón inferior	13582.08 kg	13311.79 Kg
Diagonales	2772.28 Kg	2698.34 Kg

CONCLUSIONES

1. Las fuerzas en las barras calculadas por métodos exactos son ligeramente menores a las obtenidas por métodos aproximados, la diferencia es poco considerable, por lo que se pueden utilizar ambos métodos indistintamente, quedando en termino conservador al aplicar métodos aproximados.

2. Al ser los resultados obtenidos por métodos exactos menores a los de métodos aproximados, en algunos casos las secciones de las estructuras disminuyen, logrando una estructura más económica.

3. Es importante elegir los conectores más convenientes para lograr que la estructura se construya y trabaje en las condiciones del cálculo.

4. Es Recomendable, siempre que sea posible, utilizar en los cálculos métodos exactos, debido a que de esta forma se trabaja con resultados reales, logrando así una estructura más económica y óptima.

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

Manual de Construcción en Acero (Tomo 1)

Instituto Mexicano de la construcción en acero, A. C.

LIHUSA

Teoría Elemental del Concreto Reforzado

Phil M. Ferguson

CECSA

Estructuras de Acero, Comportamiento y Diseño

Oscar de Buen y Lopez de Heredia

LIHUSA