

870115

11  
24

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
ESCUELA DE INGENIERIA



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

"CALCULO Y DISEÑO DE ARMADURAS POR COMPUTADORA"

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO CIVIL**  
P R E S E N T A  
MARIO MORENO CHAVEZ  
GUADALAJARA, JAL., 1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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 .

	PAG.
INTRODUCCION.	
INTRODUCCION.	1
LIMITES.	5
LAS ARMADURAS.	7
LAS ARMADURAS Y SUS PARTES.	11
LAS ARMADURAS Y SU USO.	13
LAS ARMADURAS Y EL TECHO.	15
TIPOS DE ARMADURAS PARA TECHO.	18
LA ARMADURA TIPO.	22
VENTAJAS DE LA ARMADURA TIPO.	27
PROCEDIMIENTO DE ANALISIS Y DISEÑO.	
ANALISIS DE ARMADURAS.	32
METODO DE NUDOS.	36
METODO DE SECCIONES.	38
METODO GRAFICO.	42
- Notación para la Armadura.	43
- Ejemplo.	45
DISEÑO DE ELEMENTOS.	52
- A Tensión.	52

- A Compresión.	53
- A Flexo-Compresión.	55
DIAGRAMA DE FLUJO.	
ALCANCES DEL PROGRAMA.	57
DIAGRAMA DE FLUJO.	60
CODIFICACION.	65
EJEMPLOS.	
- Forma Manual.	78
- Con Programa.	80
CONCLUSIONES.	
CONCLUSIONES.	92
BIBLIOGRAFIA.	94

INTRODUCCION

## I N T R O D U C C I O N .

El Ingeniero Civil, ¿tan sólo un constructor, dedicado a erector casas o grandes edificios, o juega un papel más importante en la sociedad?

Es indudable que es una persona más importante en la vida de cada individuo, pues es el encargado de ofrecer seguridad desde una familia (en una casa), hasta una comunidad o ciudad (presa), debido a que en sus manos está el bienestar de toda la sociedad, pues cada obra debe ser meticulosamente estudiada; cada cálculo debe ser revisado y cada decisión aprobada, dado que no construye para el presente, sino ve muchos años adelante para que la obra sea segura también en el futuro.

Así que el ingeniero civil no es un simple director de obra, sino es una de las personas más responsables de la vida de cada persona, en cada punto de nuestro planeta.

Dentro de la ingeniería civil encontramos la ingeniería estructural, la cual se ocupa de una gran diversidad de estructuras (edificios, puentes, presas, entre muchas otras), por lo cual el ingeniero no puede abarcar todas; esto provo

ca que los ingenieros se especialicen en el estudio de estructuras particulares.

Esta tesis está enfocada a conocer una área de esta ingeniería estructural: "Las Armaduras", las cuales juegan un papel importante en nuestra sociedad, ya que se usan cada vez más con mayor frecuencia para cubrir claros que pueden variar desde unos 10 mts. hasta unos de 120 mts. (para auditorios); las armaduras son parte esencial de bodegas, gimnasios, fábricas, centros comerciales, entre otros. Estas tienen la función de proteger las construcciones y su interior, de los efectos de elementos naturales como el sol, la lluvia y el viento.

Las armaduras son estructuras que están formadas por una serie de elementos: estos están conectados entre sí en sus extremos, formando así figuras triangulares. También las podemos ver formando parte de puentes carreteros, puentes para el ferrocarril, como torres de transmisión, de radio y como plumas de gruas.

En los temas siguientes, hablaremos de las armaduras en forma más explícita; dando una definición más amplia, diferentes tipos existentes, los diferentes métodos para resolverlas, así como la armadura tipo propuesta para estu---

diarla más a fondo.

Dentro del estudio de nuestra armadura tipo, vamos a hacer uso de una máquina de gran utilidad para resolver -- nuestros problemas y cálculos: La Computadora, la cuál tiene la capacidad de almacenar grandes cantidades de información, efectuar un gran número de operaciones, operar a alta velocidad, realizar decisiones de lógica y obtener los resultados deseados.

No es sólo una máquina que viene a sustituir los métodos anticuados de cálculo, como la regla de cálculo, las tablas, nomogramas y las calculadoras de bolsillo, sino que es la herramienta que ha ocasionado un cambio radical en todas las áreas y específicamente en la nuestra, la Ingeniería Civil. No es una herramienta que reemplaza al ingeniero, sino que le permite mayor libertad en la solución de -- problemas; con los métodos anteriores sólo se pensaba en una o dos soluciones, ya que el gran número de cálculos manuales limitaban, por su laboriosidad, un número mayor. -- Con la computadora el ingeniero ahora puede pensar en un factor muy importante, el ahorro económico. Así, para un problema dado, puede cambiar las distintas variables (número de divisiones; altura de la rodilla, altura de la cumbra, de la armadura, como veremos posteriormente), y así, en

un tiempo mínimo, obtener nuevos resultados que le permitan dedicar su tiempo a buscar la estructura más conveniente que pueda redundar en mayor economía.

La armadura tipo, de la cuál hablaremos en los próximos capítulos con mayor detalle, tiene el siguiente diseño en general:



A continuación sólo daremos una reseña de los límites a los cuáles se sujeta el uso de la armadura tipo en el programa. Para mostrarle al lector, en qué casos puede ésta ser utilizada y en qué condiciones, ya que él decidirá si puede serle de importancia para sus propósitos.

## L I M I T E S .

- En cuanto a carga: solamente se admite carga uniformemente distribuida en (kg/ml), pues no admite ni -- cargas horizontales, ni cargas en la cuerda inferior en cualquier dirección, ni cargas distintas en los ' nudos, pues el mismo programa se encarga de repartir a cada nudo su carga correspondiente.
  
- Debe ser mayor la altura de cumbrera que la altura ' de rodilla, ya que la armadura tipo es de 2 aguas, ' por lo cual debe existir, al menos, lo mínimo de pen diente (1%),
  
- Sólo resuelve armaduras simétricas, por lo cual sólo da los valores resultantes de media armadura.
  
- El programa arregla las barras diagonales, de una ma nera que trabajen todas a tensión, por lo que no pue de pensarse en armaduras con arreglos propios.
  
- Sólo resuelve los esfuerzos producidos en las barras de la armadura y no diseña por sí misma, buscando la solución óptima, pues contiene los programas para di

señar cada elemento, los cuales serán tarea del usuario, para que proporcione sus propias secciones y tipo de elementos, según sus necesidades.

En los temas siguientes, mostraremos las ventajas que tiene la armadura tipo sobre otras armaduras comunmente utilizadas.

## L A S   A R M A D U R A S .

Las armaduras se consideran generalmente formadas por un sistema o conjunto de barras independientes, conectados en sus extremos de manera que formen uno o más triángulos, arreglados de manera que integran una estructura rígida, ca paz de resistir sistemas de cargas, trabajando ésta como una viga de gran tamaño.

A las uniones que forman las barras les llamaremos nudos. Estos se suponen que se comportan como verdaderas articulaciones o juntas de pasador, las cuales son libres de fricción, permitiendo así que las barras giren levemente en sus extremos (en la actualidad las conexiones con pasadores son muy poco usadas y se usan uniones atornilladas o re machadas, las cuales provocan un cierto freno al movimiento extremo de las barras).

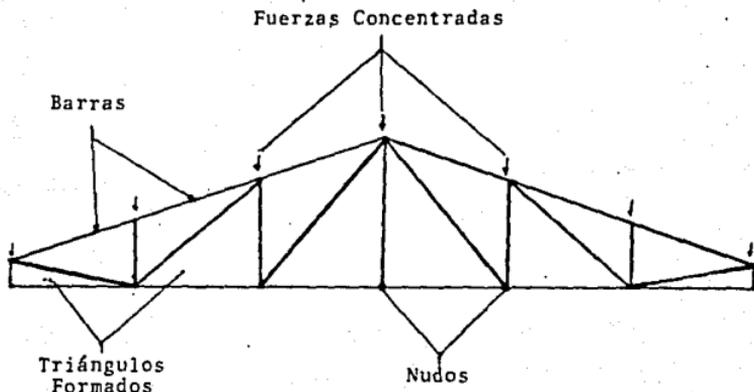
Suponemos que las cargas externas que actúan sobre la armadura se aplican como un sistema de fuerzas concentradas, aplicadas en los nudos de los elementos estructurales.

También debemos considerar que las barras son elementos rectos; sino fuera así, las cargas axiales causarían so

bre ellos, momentos de flexión.

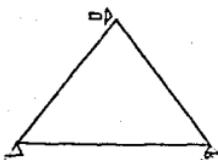
De la suposición anterior podemos deducir que todas -- las barras de la armadura son elementos sin flexión y que solamente se encuentran las barras sujetas a una fuerza normal, en la dirección del eje longitudinal de la barra, produciendo esfuerzos de tensión y compresión únicamente.

Existen casos en los cuales nos encontramos que una o varias de las fuerzas concentradas puedan actuar entre un par de nudos; en estos casos, las barras no estarán sometidas solamente a un esfuerzo de tensión o compresión, sino que también estarán sometidas a un momento de flexión.

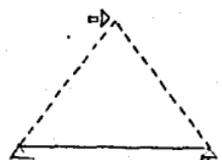


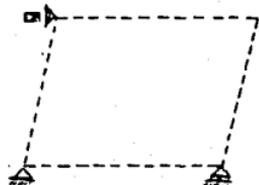
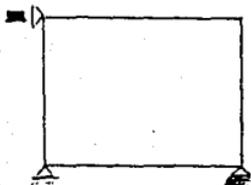
## LAS ARMADURAS Y EL TRIANGULO.

Las armaduras son estructuras muy estables debido al número de triángulos que la forman. Estos triángulos están a su vez formados por un conjunto de barras (3), las cuales pueden ser ángulos, canales, monten y vigas IPR o IPS, entre otros, pues el tipo de elemento dependerá de los esfuerzos actuales. Es importante, en las armaduras, denotar la importancia de los elementos que la componen. El triángulo es la única figura estructural estable, ya que la única manera que cambie de forma al aplicarle carga, es que alguno de los elementos que la componen sufran algún cambio, ya sea en su longitud o que sufra doblamiento o ruptura, figura (a). Mientras que figuras de más de 3 elementos, al aplicarles cargas, sufren alteración en su forma, debido a su inestabilidad, y pueden ocasionar el colapso de la estructura, esto lo podemos ver en la figura (b); por lo cual, partiendo de una figura triangular, podemos obtener una estructura rígida y así, formando una serie de triángulos, estamos construyendo una estructura de gran estabilidad.

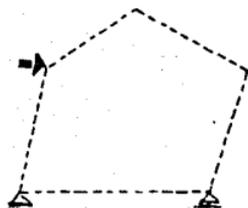
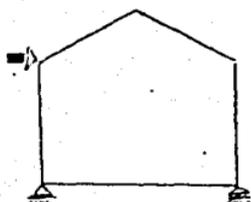


(a)





(b)



## LAS ARMADURAS Y SUS PARTES .

Las armaduras en sí constan de varias partes, a las --  
cuales les designaremos de la siguiente manera:

CLARO - es la distancia horizontal entre apoyos (muros  
o columnas, o entre un muro y una columna).

CUERDA SUPERIOR - serie de barras que forman la parte  
superior inclinada (2 aguas).

CUERDA INFERIOR - serie de barras que forman la parte  
inferior horizontal.

POSTES - barras o elementos verticales.

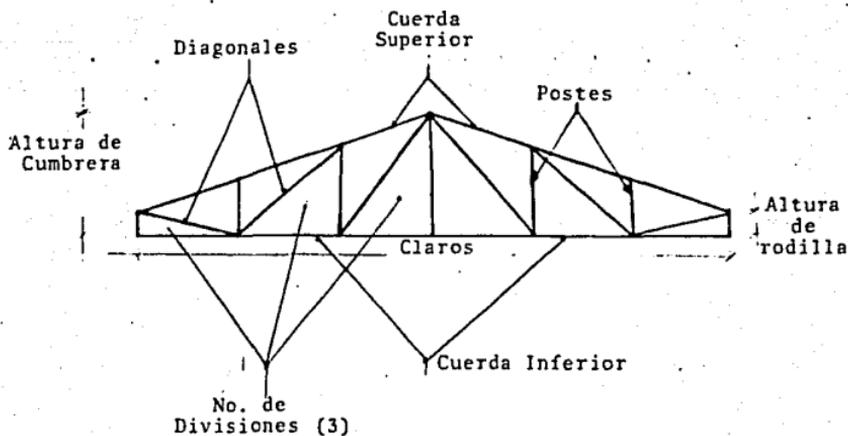
DIAGONALES - barras o elementos interiores diagonales.

ALTURA DE RODILLA - es la distancia vertical entre la  
cuerda inferior y donde comienza en el extremo  
la cuerda superior (igual a la altura de los  
postes extremos).

ALTURA DE LA CUMBRERA - es la distancia vertical desde

la cuerda inferior, hasta el centro de la cuerca superior.

No. DE DIVISIONES - se refiere al número de triángulos o paneles formados en la cuerda inferior, ya sea en media armada o en toda.



## LAS ARMADURAS Y SU USO .

Muchos se preguntan el porqué usar armaduras en vez de vigas?, bueno, la respuesta es fácil: si hablamos en términos generales, ya que las armaduras se utilizan en claros grandes en los cuales si usáramos vigas, éstas serían muy peraltadas y, por consiguiente, muy pesadas que redundan en economía. Pero si hablamos de claros en los cuales, tanto una viga y una armadura podrían ser utilizados, esto sería más difícil tomar una decisión, pues mientras que una armadura pueda llegar a pesar menos, el costo de fabricación y montaje incrementarán el costo final, mientras que para el mismo caso la viga, aunque su costo se incrementa por la cantidad de material, su costo de fabricación y montaje sería bastante menor que el de la armadura y, por consiguiente, su costo final sería muy semejante al costo final de la armadura; por lo cual, podremos decir que al aumentar los claros, aumentará el ahorro utilizando armaduras, pero el problema es ¿de dónde parte ese ahorro?, además hay otras condiciones que dificultan esta decisión, como son el peralte disponible y la estética deseada (quizá).

Algunos autores hablan de un claro económico para armaduras que varía de unos 9 a 12 mts., pero es casi imposible asignar una regla específica; lo que sí es cierto es que el

ingeniero tendrá que decidir cuando se enfrente a este problema; por una u otra, pero tendrá factores y condiciones que faciliten su decisión.

## LAS ARMADURAS Y EL TECHO .

Las armaduras, en nuestro estudio, se utilizan para soportar techos en construcciones que varían desde 10-120 mts. de claro. Estas se apoyan, ya sea sobre muros (de tabique o bloque de concreto) o bién, pueden apoyarse sobre columnas (de acero o de concreto reforzado).

Un aspecto muy importante es la fijación de las armaduras, ya que éstas pueden sufrir cambios longitudinales debido a contracciones o expansiones provocadas por los cambios de temperatura. Estas fijaciones, si se trata de unos 15 mts. o menos, pueden hacerse anclándose por un extremo al muro o a la columna y, por el otro extremo, usar unos pasadores de anclaje, de manera que puedan deslizar dentro de una ranura en la placa de apoyo. Si se trata de una armadura de mayor claro, deben estar las armaduras articuladas de un extremo y usando pasadores de anclaje en el otro, a fin de preveer con seguridad los alargamientos y acortamientos, debido a los cambios térmicos.

A la distancia entre 2 armaduras paralelas le llamaremos tablero. Estos tableros pueden variar en dimensión, dependiendo de condiciones de cimentación (si se trata de una

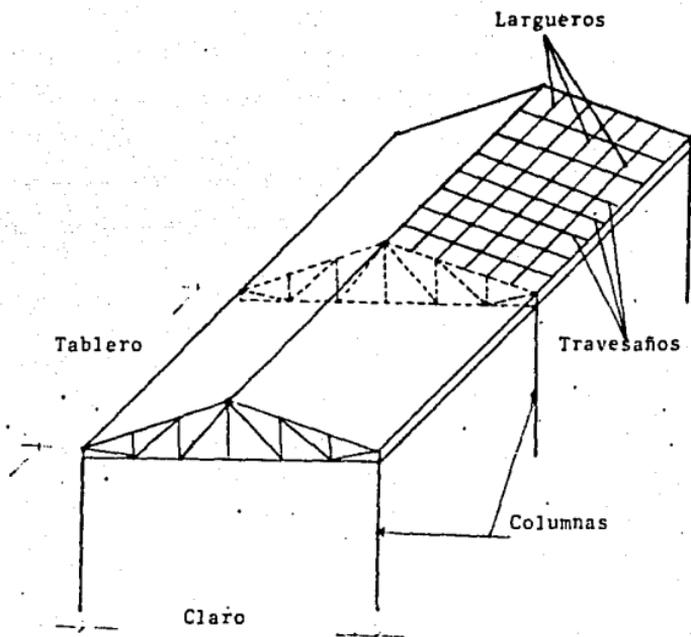
construcción a base de columnas), de tipo de techo (teja de madera o barro, de lámina metálica o de asbesto cemento) o de los espacios disponibles, lo que debe procurarse es que todos los tableros queden de la misma dimensión, para facilitarnos los cálculos y así obtener una misma armadura.

Hay autores que recomiendan unos tableros que varían desde 3.5-9 mts., para armaduras que varían desde 15-30 mts. de claro. Para claros mayores de 45 mts. se recomienda -- usar tableros desde 12-18 mts. (aquí los largueros también podrán ser armaduras que se fijen a las armaduras principales).

Para transmitir a la armadura el peso y las cargas que actúan sobre el techo, se utilizan unos elementos llamados largueros. Estos largueros son vigas longitudinales, las cuales son perpendiculares al plano de las armaduras y se apoyan sobre los nudos de las armaduras (siempre que se pueda, de otro modo, hay que fijar los largueros entre los nudos de la cuerda superior, ocasionando así el efecto de flexión del elemento).

También hay ocasiones donde el techo se apoya sobre unos elementos llamados travesaños. Estos travesaños son paralelos a las armaduras y se fijan sobre los largueros,

formando así una cuadrícula de elementos, que dan estabilidad longitudinal a todo el conjunto.



### TIPOS DE ARMADURAS PARA TECHO .

Existen diferentes tipos de armaduras: éstas las podemos clasificar en armaduras para techos o para puentes (ferrocarril o carretero). A continuación vamos a dar una descripción general de los diferentes tipos de armaduras utilizadas en techos que son a las que se enfoca nuestro estudio; las armaduras han tomado el nombre del ingeniero o arquitecto que las utilizó por primera vez.



Pratt Triangular



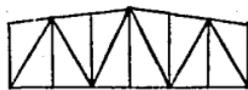
Howe Triangular



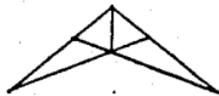
Fink



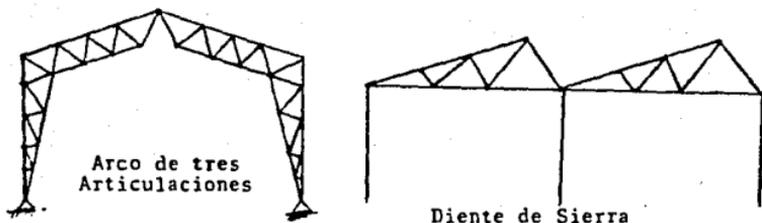
Pratt Cuadrangular



Warren Cuadrangular



De Tijera



Las armaduras mostradas en las figuras anteriores son las más comunmente utilizadas, pues su uso particular depende de las condiciones de trabajo al que va a estar sujeto el ingeniero; éstas pueden considerarse entre otras, como el tipo de cubierta a utilizar el lugar donde se va a instalar, las condiciones de clima existentes. Así que el ingeniero tiene la tarea de decidir entre todas, cuál va a escoger.

Algunas recomendaciones de autores para elegir una en particular, se puede basar en lo siguiente:

- Las armaduras Pratt y Howe triangulares de 2 aguas, son de las más comunes para techos; se utilizan donde no se requiere un gran peralte de la armadura, se dice que sus claros económicos caen dentro de los 27 a 30 mts.

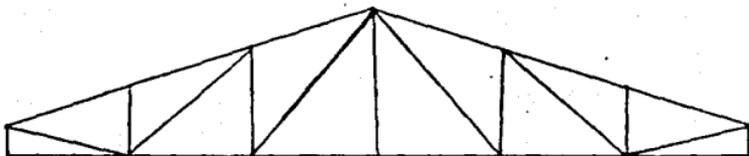
- Las armaduras Fink son utilizadas donde se requiere un mayor peralte que las anteriores y se han utilizado en claros de hasta 36 mts. Tienen la gran ventaja de que se pueden hacer tantas divisiones como sean necesarias en la cuerda superior, para apoyar los largueros.
  
- Las armaduras Pratt y Warren cuadrangulares se utilizan donde el techo requiere una pendiente muy suave (para el drenaje solamente), y se utilizan en claros de hasta 40 mts.
  
- La armadura tipo tijera se usa comunmente en construcciones de iglesias. Para claros muy grandes como de auditorios o gimnasios, se utiliza la armadura tipo arco de tres articulaciones.
  
- Para fábricas e industrias donde la luz es indispensable, se colocan armaduras tipo diente de sierra, que proporciona una buena iluminación por sus tragaluces.

Existen otras recomendaciones que hacen algunos autores sobre la inclinación de las barras, para facilitar el detallado de las conexiones en las uniones.\*

Debido a que en este estudio de las armaduras no vamos a tocar el tema de las conexiones, dejamos al lector interesado, que realice por su cuenta los estudios necesarios.

- Diseño de Estructuras Metálicas, William - Harris, pág. 356.

## LA ARMADURA TIPO .



Es una armadura utilizada con mucha frecuencia en la zona metropolitana de Guadalajara, en otras ciudades y alrededores, en construcciones de bodegas, en grandes cadenas de tiendas, en centros comerciales, entre otras.

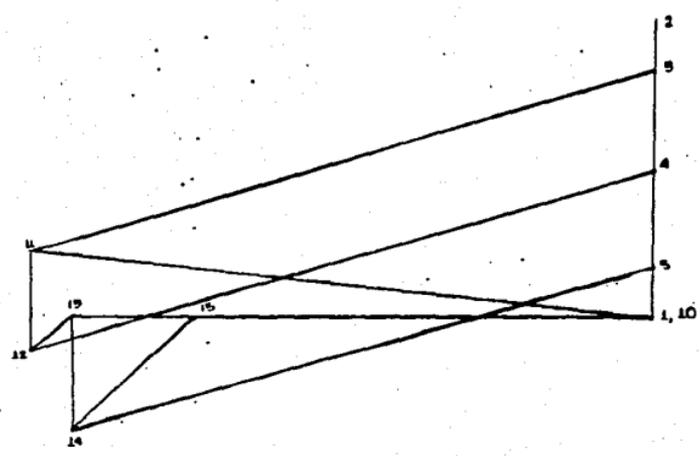
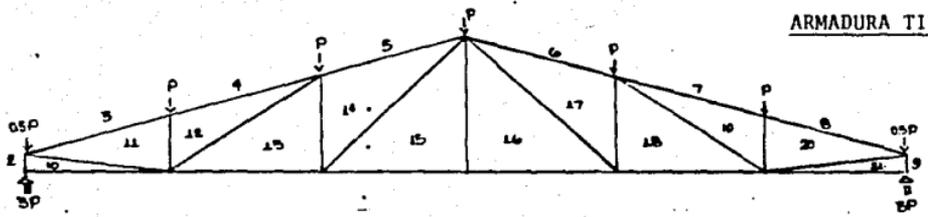
Se puede decir que es un tipo de combinación de la armadura Pratt triangular y la armadura Howe cuadrangular, sólo que tiene ventajas sobre éstas, que la hacen actualmente más comercial.

Una de sus características notorias es que sus diagonales no están todas hacia la misma dirección (en media armadura); esto se debe a que las diagonales forman el elemento más largo de cada uno de los triángulos que forman la arma-

dura y con lo cual, al cambiar la dirección en una diagonal específica, hacemos que todas las diagonales trabajen a tensión, con lo cual obtenemos ahorro y, a la vez, nos facilita el diseño. Así, cada elemento trabaja siempre a como está diseñado a trabajar. Esto es: la cuerda superior y los postes trabajan a compresión, mientras la cuerda inferior y las diagonales trabajarán a tensión; esto puede reducirnos el número de diseños de elementos, si pensamos en un sólo diseño para la cuerda superior, la inferior, los postes y las diagonales, así sólo tendremos que buscar el elemento más desfavorable en cada caso.

Otra característica es la rodilla, llamado así al elemento vertical o poste extremo a cada lado de la armadura. Esta parte fundamental de la armadura tipo nos proporciona una ventaja sobre la armadura Pratt y Howe, ya que reduce los esfuerzos de las barras que llegan a ella, los cuales, después se distribuyen por el resto de la armadura. Mientras que la Pratt y Howe, bajo las mismas condiciones, producen mayores esfuerzos; estos los podemos ver en las tablas y figuras siguientes:

ARMADURA TIPO

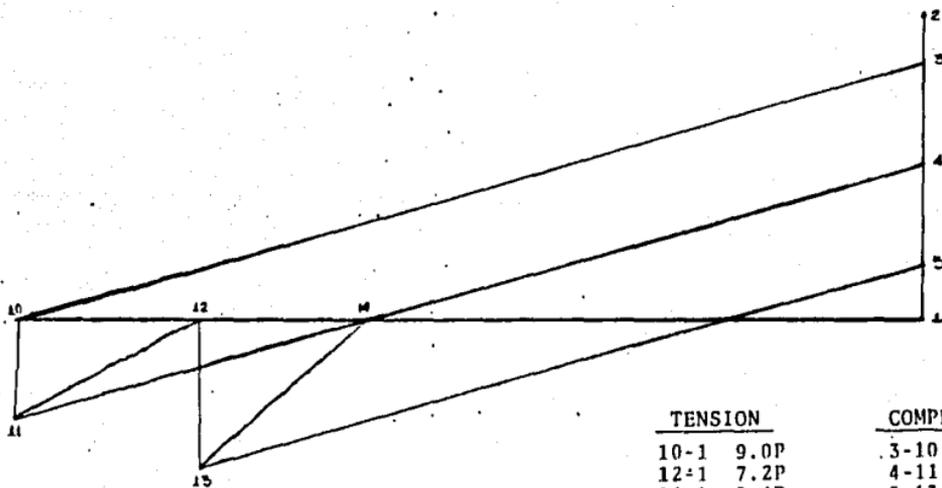
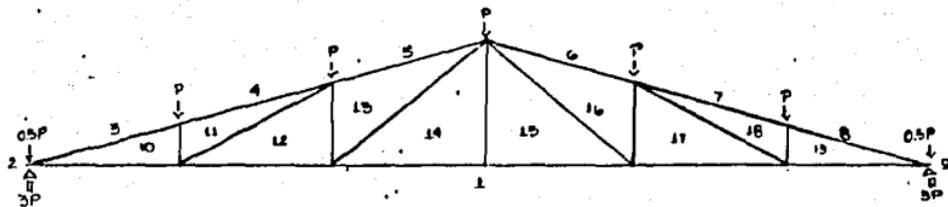


TENSION

10-1	0
13-1	5.9P
15-1	4.6P
10-11	6.4P
12-13	0.5P
14-13	1.7P

COMPRESION

3-11	6.6P
4-12	6.6P
5-14	6.6P
2-10	3.0P
11-12	1.0P
13-14	1.2P



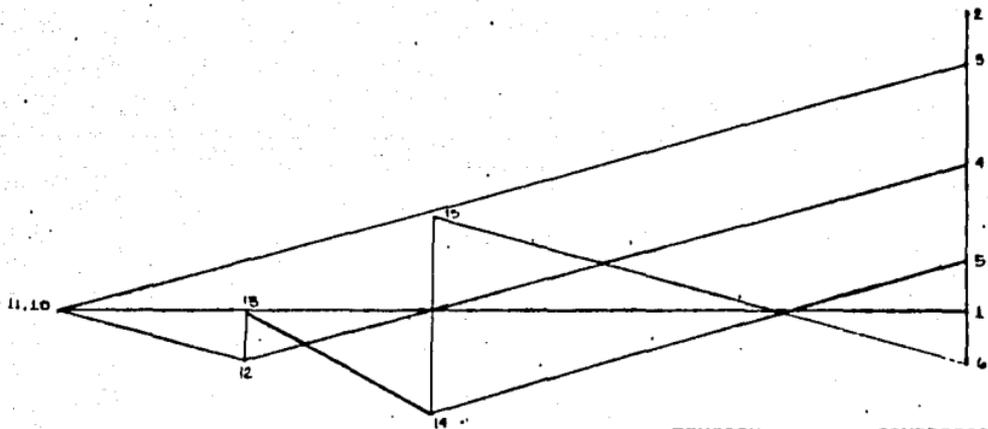
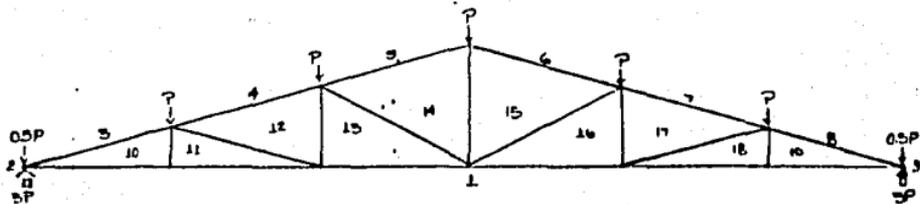
Nota: 14-15 = 0

TENSION

10-1	9.0P
12-1	7.2P
14-1	5.4P
11-12	2.1P
13-14	2.3P

COMPRESSION

3-10	9.3P
4-11	9.3P
5-13	7.4P
10-11	1.0P
12-13	1.5P



Nota: 10-11 = 0

TENSION		COMPRESSION	
10-1	9.0P	3-10	9.4P
11-1	9.0P	4-12	7.5P
13-1	7.2P	5-14	5.5P
12-13	0.5P	13-14	2.1P
14-15	2.0P	11-12	1.9P

VENTAJAS DE LA ARMADURA TIPO .

Comparando los resultados obtenidos de la armadura tipo respecto a la armadura Pratt y Howe, Más utilizadas para techos a 2 aguas), bajo las mismas circunstancias de claro, carga y pendiente.

<u>T I P O</u>	<u>PRATT</u>	<u>HOWE</u>
En la cuerda superior (comp).		
6.6	9.3	9.4
6.6	9.3	7.5
6.2	7.4	5.5
En la cuerda inferior (tens):		
0	9.00	9.00
5.00	7.20	9.00
4.60	5.40	7.20

Diagonales (tens).

6.4		
0.5	2.1	2.1 (comp)
1.7	2.3	1.9 (comp)

Postes (comp).

3.0		
1.0	1.0	0
1.2	1.5	0.5 (tens)
0	0	2.0 (tens)

NOTA : todos los valores están en función de una cte.  
de carga (p).

De los anterior podemos concluir lo siguiente:

- 1.- En cuanto a la cuerda superior, todos los elementos son de la misma longitud por lo que hay que diseñar de acuerdo al de menor esfuerzo; aquí la Tipo presenta dos ventajas: uno que es la de menor magnitud y la otra es que sus miembros son de magnitudes muy similares, por lo que se puede pensar en un mismo elemento

para toda la cuerda.

- 2.- En cuanto a la cuerda superior, también todos los elementos presentan la misma longitud y la armadura tipo, los menores esfuerzos.
- 3.- En las diagonales no importa mucho la longitud, dado que se está diseñando por tensión y lo que gobierna es el esfuerzo actuante, por lo que nos interesa la de menor carga y la Tipo es la más conveniente. En este caso, la Howe representa ser más laboriosa para diseñar, por estar sus elementos sometidos a compresión. De cualquier manera, sin considerar el elemento extra que tiene la armadura tipo, ésta es la de menor carga.
- 4.- En los postes sí existe diferencia de longitudes, pero muy pequeñas y de poca atención. Aquí las cargas son muy semejantes en cuanto a la Tipo y Pratt, sólo que la Tipo presenta un elemento más en el extremo (la rodilla).

De todo lo anterior, se puede concluir que la armadura Tipo tiene menores cargas aplicadas en cada caso, lo cual representa secciones menores y más ligeras. Bien es cierto que tiene dos elementos más por media armadura, pero consi-

derando los esfuerzos menores y el ahorro en la fabricación y las ventajas antes consideradas, éstos son compensados y, considerando que estos dos elementos contribuyen a que haya mayor rigidez en el extremo de la armadura, se puede decir que la armadura Tipo es superior.

Otra ventaja notable es la facilidad que presenta la armadura Tipo sobre la Pratt y Howe a la hora de fabricación. Las armaduras Pratt y Howe triangulares presentan el problema de detallado mayor en sus extremos donde se debe de conectar dos elementos, debido a la inclinación de la cuerda superior, de los diferentes miembros en cantidad (quizá), y en dimensión que llegan de la cuerda superior e inferior, del espacio para ser la conexión y de la necesidad de que los ejes centroidales de cada miembro coincidan en un punto (para evitar excentricidades), hace que la fabricación sea laboriosa y difícil.

Por el contrario, la armadura Tipo facilita el trabajo, ya que el espacio de trabajo es mayor, los ángulos entre elementos también y, si se trata de elementos compuestos que llegan al nudo, el poste puede formarse por medio de elementos en cajón (comunmente usados), lo cual resuelve el problema.

Debido a que no tocaremos como antes mencionamos, el tema de detalles y conexiones, no nos profundizaremos más en el tema.

PROCEDIMIENTO DE ANALISIS Y DISEÑO

## ANÁLISIS DE ARMADURAS

Este análisis se puede efectuar por medio de dos métodos algebraico y otro es el método gráfico.

Dentro del método algebraico (llamado así por encontrar los esfuerzos en las barras mediante el uso de ecuaciones de la estática y operaciones algebraicas), existen dos métodos: el método de nudos y el método de secciones. Este último tiene dos variantes: por medio de momentos o por medio del cortante. Dentro del método gráfico (llamado así por encontrar los esfuerzos de las barras por simples dibujos o trazos de polígonos de fuerzas), veremos el método de cremona.

Antes de ver los métodos en forma general (particularizando en el método gráfico del cual parte nuestra investigación), veremos a continuación unos conceptos básicos, que nos ayudarán a comprender más rápidamente los métodos antes mencionados.

### CUERPO LIBRE.

Si tenemos una estructura cualquiera (armadura) y la

cortamos con una línea imaginaria, a la sección así -- aislada del resto de la estructura le llamaremos cuerpo libre.

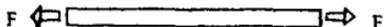
El diagrama de cuerpo libre es el que representa al -- cuerpo libre con todas sus fuerzas que actúan sobre él, estas pueden ser cargas externas, reacciones o fuerzas internas (aunque éstas sean desconocidas en magnitud y sentido).

El cuerpo libre es una figura estable, ya que si la es tructura de que forma parte está en equilibrio, entonces todas las fuerzas que actúen sobre el cuerpo libre también deben estarlo.

Por lo cual, para conocer cualquier barra desconocida, basta con aplicar las ecuaciones de equilibrio de la estática que son  $\Sigma F$  horizontales = 0,  $\Sigma F$  verticales = 0 y  $\Sigma$  momentos = 0. Así pues, se puede obtener tantos -- cuerpos libres como barras desconocidas tengamos para conocer sus esfuerzos, siempre que sean  $\leq 3$  incógnitas por cada cuerpo libre.

## TENSION Y COMPRESION.

Se dice que un cuerpo se encuentra a tensión cuando las fuerzas que actúan sobre él, tratan de deformarlo; esto es, tratan de alargarlo tirando de sus extremos:



Un elemento a compresión es aquel al cual las fuerzas que actúan sobre él tratan de comprimirlo de sus extremos; esto es, tratan de reducir su longitud original:



## CONVENCION DE SIGNOS.

Cualquier convención es adecuada para hacer un estudio particular, siempre y cuando se sujete a ella, para los fines de nuestro estudio. La convención adoptada será:

- Para la tensión (+).
- Para la compresión (-).

Esta convención es muy práctica, ya que sólo basta acordarse que si el elemento está en tensión, la longitud del elemento trata de incrementarse (+), y si el elemento está en compresión, basta recordar que la longitud del elemento trata de reducirse (-).

#### SUPOSICIONES PARA EL DISERO.

Al calcular las armaduras, debe tenerse en cuenta las siguientes suposiciones. Estas quizás ya hayan sido mencionadas anteriormente, por lo que se verán brevemente aquí:

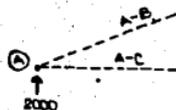
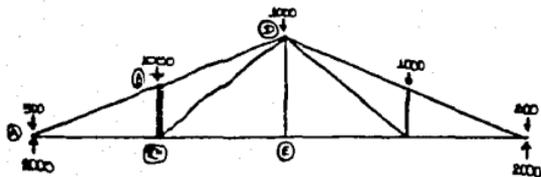
- Las cargas externas actúan en los nudos.
- Los nudos actúan como perfectas articulaciones.
- Las barras son elementos rectos sin deformaciones.
- El cortante producto de las cargas externas es resistido por medio del sistema del alma de la armadura.
- Las deformaciones causadas por las cargas externas en la armadura, no tienen la magnitud suficiente para causar cambios apreciables en las dimensiones o formas de la armadura.

### METODO DE NUDOS .

El método de nudos consiste primeramente en tomar toda la armadura como un cuerpo libre y así obtener las reacciones en los apoyos, producto de las cargas externas. Después es recomendable empezar por un extremo de la armadura cualquiera y aislar cada nudo como un cuerpo libre independiente, teniendo como máximo dos incógnitas por nudo y así, al aplicar las condiciones de equilibrio ( $\sum F_x=0$  y  $\sum F_v=0$ ) determinar las fuerzas desconocidas que llegan al nudo. Así, vamos resolviendo nudo por nudo, recorriéndonos hacia la derecha (si empezamos por el extremo izquierdo) o viceversa; -- siempre continuando con el nudo siguiente que tenga dos incógnitas. Cuando llegamos a un par de nudos que tienen más de dos incógnitas, es recomendable seguir del otro extremo (o usar el método de secciones, como veremos), resolviendo nudo por nudo, hasta llegar al nudo o a los nudos que antes no se podían resolver.

Este método es recomendable siempre y cuando se quiere resolver todas las barras de la armadura, sólo tiene el inconveniente de ser muy laborioso y, por lo mismo, puede incurrirse en un error aritmético..

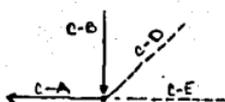
No es recomendable cuando sólo se busca el valor de una o varias barras, ya que tendría que irse resolviendo nudo por nudo, hasta llegar a las barras deseadas; en estos casos, es recomendable utilizar el método de secciones.



NUDO A



NUDO B

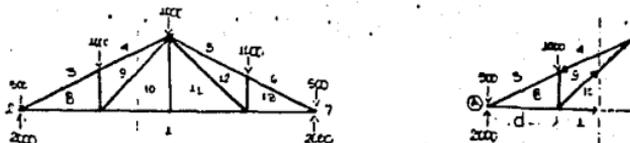


NUDO C

### METODO DE SECCIONES

Como ya se comentó anteriormente, este método tiene 2 versiones: siendo el más utilizado y conocido el método de momentos, el otro llamado método por cortante es menos utilizado.

METODO DE MOMENTOS - consiste en hacer pasar un trazo imaginario que corte a la armadura en 2 cuerpos libres, cortando por supuesto la barra o barras que deseamos conocer (supongamos que queremos conocer la barra 9-10 de la fig.).



A continuación se toma uno de los cuerpos libres, ya sea el de la derecha o el de la izquierda del corte -- (en este caso tomaremos el del lado izquierdo), buscando un nudo por donde pase la línea de acción, de ser posible de las otras 2 fuerzas desconocidas (punto A),

así se hace momentos en ese punto ( $\Sigma M=0$ ), quedando una ecuación con una sola incógnita, la que buscamos :  
 $(1000 \cdot d = B9-10v \cdot d; \text{ donde } B9-10 = 1000)$ .

Este punto es, a veces, difícil de encontrar y, si se carece de experiencia, puede buscarse primero un punto en donde se resuelva una de las otras barras del corte y después buscar un punto donde ya sólo nos queda la incógnita que deseamos conocer. Se puede hacer uso -- también de las otras 2 ecuaciones de equilibrio, si nos ayudan a facilitar nuestro trabajo.

Este método es bastante recomendable cuando sólo se de sea conocer una o más barras de la armadura y éstas se encuentran alejadas del extremo de las armaduras, resultando el método de nudos muy laboriosos.

METODO DE CORTANTES - se usa para armaduras en la cual tanto la cuerda superior como la inferior sean paralelas, esto es que sean horizontales. Este método sigue el principio de equilibrio basado en la ecuación  $\Sigma Fy=0$ .

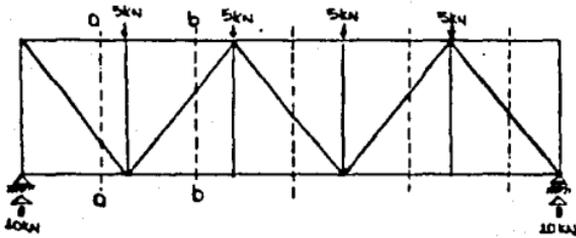
El método consiste, al igual que el de momentos, en obtener el cuerpo libre de una sección, cortando la barra que deseamos conocer, dado que en armaduras de --

cuerdas paralelas sólo existe una diagonal por panel, entonces la suma de las fuerzas cortantes externas resultante del cuerpo libre debe ser igual a la componente vertical del elemento diagonal y en sentido opuesto (figuras a y b).

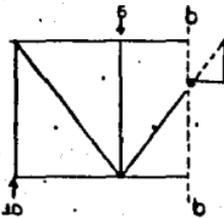
Dado el sentido vertical de la barra, se puede saber si ésta se encuentra sometida a tensión o a compresión (figura c).

También se puede aplicar el método a armaduras con cuerdas no paralelas, siempre y cuando existan dos diagonales y se conozca el valor vertical de una de ellas.

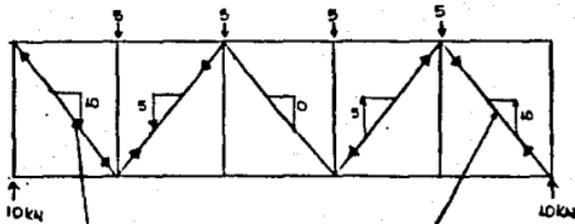
Aunque el método no nos dá, en forma directa, el resultado deseado, nos ayuda a conocer el valor vertical de las barras diagonales, las cuales pueden ser de gran utilidad, por ejemplo: si se desean resolver todas las barras de una armadura y se va a emplear el método de nudos. Así pues, podemos decir que es un método auxiliar, en vez de un método de solución.



(a)



(b)



(c)

Tensión

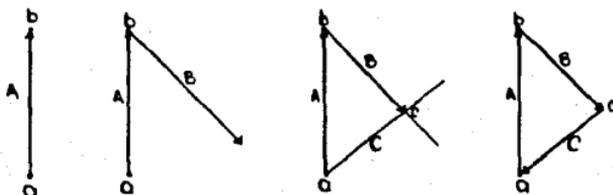
Compresión

## METODO GRAFICO .

Este método nos toca estudiarlo más detalladamente, ya que es la esencia de nuestro programa (que veremos en el próximo capítulo), es un método bastante simple, pues sólo se ocupa conocer algunos conceptos básicos de estática y saber dibujar con precisión.

Primero vamos a ver el concepto de polígono de fuerzas, éste es en sí la esencia del método, un polígono de fuerzas no es más que un sistema de fuerzas que, aplicadas a un punto (nudo), se descomponen y se ordenen en una figura poligonal cada una con su magnitud (escala), y su dirección. Como el sistema de fuerzas está en equilibrio, esto es la suma de fuerzas horizontales, es igual a cero, como también la suma de las verticales es igual a cero, el polígono cierra en una figura exacta, dado que sólo podemos tener dos incógnitas o fuerzas desconocidas por polígono; dibujamos la fuerza (o fuerzas) conocidas, partiendo de cualquier punto supongamos (a), después donde termina la línea (A) que comenzó en el punto (a), iniciamos el trazo de recta de la siguiente fuerza en un punto (b), si no conocemos su magnitud sólo trazamos su dirección (línea B), al trazar la tercer recta, como no conocemos tampoco su magnitud pero si su

dirección, (línea C) y dado que esta debe cerrar en el punto (a), ya que es una figura en equilibrio, cortamos la línea (B) en un punto (c) y así encontramos nuestro polígono de fuerzas. Como la fuerza conocida está a escala, podemos conocer la magnitud de nuestras incógnitas.



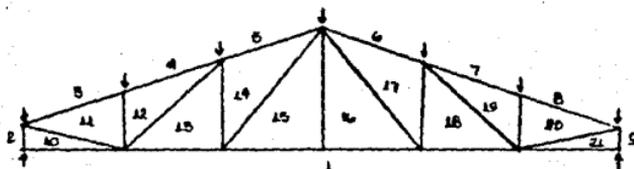
Este polígono de fuerzas habrá que repetirlo para cada nudo, dado que ya encontramos en el primer nudo 2 valores de barras antes desconocidos, procedemos al siguiente nudo que tenga solamente dos incógnitas y repetimos el proceso.

#### NOTACION PARA LA ARMADURA :

Debido a que sería bastante fastidioso estar dibujando cada polígono de cada nudo separado y dado que los resultados obtenidos de un polígono anterior son necesarios en el siguiente, podemos facilitar el trabajo superponiendo todos

los polígonos. El único inconveniente es su notación para distinguirlos. Para esto, usaremos una notación especial, la cual presentaremos a continuación para facilitarnos el trabajo y la identificación de las barras.

Supongamos la armadura tipo:



La notación consiste en lo siguiente:

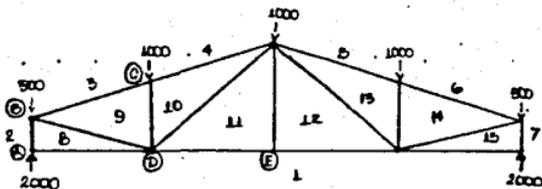
- Obtenidas las reacciones, empezamos a enumerar desde el 1 (siempre llamándole 1 a la cuerda inferior), seguimos por el perímetro o exterior con la numeración de acuerdo con las manecillas del reloj y enumerando entre cada par de fuerzas, hasta terminar de nuevo en la cuerda inferior.
- Después empezamos a enumerar cada triángulo formado en el interior siguiendo con la numeración anterior, comenzando con el triángulo a la izquierda y siguiendo

do con su más próximo a su derecha, hasta terminar.

Así ya podemos identificar cada elemento de la armadura, por ejemplo: la barra 3-11, la 12-13, la 15-1, etc.

A continuación veremos un ejemplo que nos ayude a entender mejor la superposición de polígonos y la nomenclatura adoptada.

EJEMPLO :



En este ejemplo, lo primero que hacemos es obtener las reacciones, como se muestra, después enumeramos nuestros elementos como vimos anteriormente. Como es una armadura simétrica, sólo bastará resolver la mitad de ellas, pues la otra mitad tendrán sus barras las mismas magnitudes, debido

a la simetría.

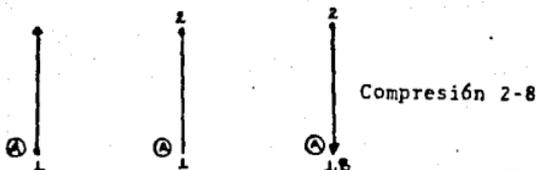
SOLUCION - primero debemos comenzar de un extremo, ya que aquí conocemos la reacción y sólo hay dos incógnitas. Segundo, como regla siempre debemos seguir un orden en el nudo y para todos los nudos, este orden será comenzar a dibujar la fuerza conocida y seguir alrededor del nudo en sentido de las manecillas del reloj.

NUDO A :

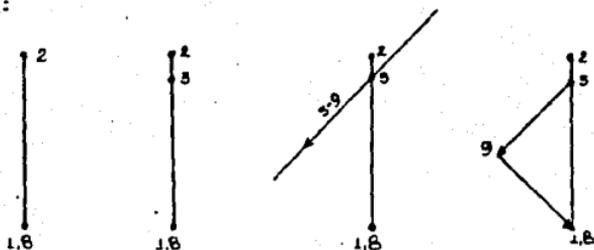
- 1.- Colocamos nuestro punto 1 y subimos en dirección de la reacción su magnitud a escala (donde termina la línea comienza el punto 2).
- 2.- Aquí, en el punto 2, trazamos otra vertical que va de 2 al 8 (como podemos ver nuestro polígono, que en este caso es una recta, ya cerró, dado que la siguiente barra es horizontal y su magnitud deberá ser cero) el cual coincide con el punto 1.

Para conocer si la barra está actuando a tensión o compresión, sólo debe observarse la dirección de su fuerza (haciendo centro en el nudo A, vemos que la barra 2-8 va hacia el nudo, por lo que trata de

comprimirlo, por lo que esta a compresión).



NUDO B :



Dado que es el siguiente nudo que contiene sólo dos incógnitas.

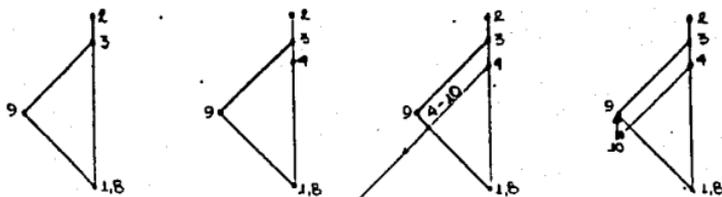
- 1.- Aquí, nuestra barra ahora es 8-2 (en vez de 2-8) ya que vemos en sentido del reloj, nuestra siguiente barra es la barra 2-3 que parte de 2 y la trazamos en sentido vertical hasta el valor de su magnitud (hasta el punto 3).
- 2.- Nuestra siguiente barra a trazar es la barra 3-9,

la cual parte del punto 3 hasta un punto 9 (imaginario ahorita), sólo trazamos su dirección pues su magnitud es desconocida.

- 3.- Nuestra siguiente barra es la barra 9-8, la cual sabemos que debe cerrar en el punto 8, por lo que la trazamos en dirección y donde intersecte con la línea de la barra 3-9, ahí será el punto 9 buscado. Ya con la escala adoptada, encontramos la magnitud de estas barras.

Para conocer si se encuentran las barras a tensión o compresión, nos referimos al dibujo principal y, haciendo centro en el nudo B, vamos en sentido del reloj revisando barra por barra y viendo su dirección en el diagrama de polígonos, así pues tenemos las barras 8-2 comp. (comprobando lo anterior), -- 3-9 comp. (ya que se acerca al nudo), 9-8 tens. -- (se aleja del nudo).

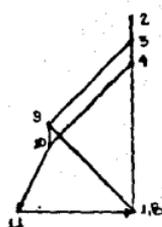
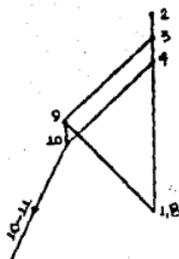
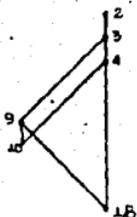
NUDO C :



- 1.- Aquí, la primera barra conocida es la 9-3, por lo que partiendo de 3, trazamos la fuerza 3-4 en sentido vertical, hasta el valor de su magnitud.
- 2.- La siguiente barra 4-10, parte de 4 y la trazamos solamente en dirección.
- 3.- Nuestra siguiente barra 10-9 sabemos que debe cerrar en el punto 9, por lo cual trazamos una vertical en 9 y donde cruce con la recta 4-10, ahí será el punto 10 buscado.

Solo queda encontrar sus magnitudes, para su sentido, aplicamos el mismo criterio que vimos anteriormente, hacemos centro en el nudo C y encontramos que la barra 4-10 comp., 10-9 comp.

NUDO D :



1.- Aquí, ya conocemos la barra 1-8, la 8-9 y la 9-10, partiendo del punto 10, trazamos una paralela a la barra 10-11 en dirección solamente.

2.- Nuestra siguiente barra es la 11-1, la cual debe cerrar en 1, por lo que trazamos una horizontal -- que parte de 1 y donde cruce con la línea 10-11, ahí será el punto 11 buscado.

Se procede a obtener la magnitud y sentido de las barras (10-11 comp., 11-1 tens).

#### NUDO E :

Aquí partimos de la barra 1-11, sólo que por simple observación podemos ver que la barra 11-12 vale cero debido a que es la única con componente vertical y la barra 12-1 es igual en magnitud y sentido que la 1-11, por la simetría de la armadura.

Así pues, todas las barras a la derecha del centro -- serán igual en magnitud y sentido que los de la izquierda, debido a la simetría de la armadura.

Con este ejemplo, se espera que el método haya quedado

libre de cualquier duda, los principios usados en este ejemplo, son básicos y mismos que se deben emplear para una armadura con mayor dificultad.

Debe de ponerse mucho cuidado a la hora de elaborar el diagrama de polígonos, ya que la exactitud de los resultados dependerán de la precisión del dibujo.

## DISEÑO DE ELEMENTOS .

Dentro de los elementos que componen la armadura, tenemos elementos trabajando a tensión, compresión y a flexo---compresión, por lo cual nos toca diseñarlo. Debido a que cada tema mencionado es muy extenso y necesita de un estudio particular de cada uno, sólo haremos uso de las fórmulas y especificaciones que del estudio se deducen.

### DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSION :

Cuando se diseña un elemento a tensión, además de la apariencia que tiene en la armadura, debe pensarse en dos factores importantes al seleccionar un elemento, en la relación de esbeltez y en los detalles de conexión.

La relación de esbeltez recomendada por el AISC, excepto para elementos redondos, es de:

$L/r \leq 240$  para miembros principales.

$L/r \leq 300$  para miembros secundarios.

En cuanto a los detalles de conexiones, es importante

conectar el miembro de manera que la carga se distribuya con la mayor uniformidad posible y que los ejes centroidales de los miembros coincidan para que no haya excentricidades (afectables), que produzcan flexión.

Los esfuerzos permisibles a tensión en miembros son:  
 $F_t = 0.60 F_y$  en la sección neta, excepto en agujeros para pasadores.

$F_t = 0.45 F_y$  para miembros compuestos y en la sección neta de miembros con agujeros para pasadores.

Los esfuerzos actuantes en un miembro uniforme recto sometido a una carga axial, están dados por:

$$f_t = P/A.$$

Donde:

$f_t$  = Esf. actuante.

$A$  = Area de la sección transversal.

$P$  = Carga aplicada.

$F_y$  = Punto de cadencia del acero.

#### DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESION :

Dentro de estos elementos, la longitud juega un papel muy importante, pues los esfuerzos permisibles están

en función de ella, así como también el radio de giro del elemento seleccionado. Con lo que, a medida que incrementamos la longitud (a radio de giro constante), menor será el esfuerzo admisible y viceversa. Por lo cual, es recomendable contar con miembros cortos al diseñarlos por compresión.

La relación de esbeltez especificada por el AISC es de  $KL/r \leq 200$ , para todos los miembros sujetos a compresión.

Los esfuerzos admisibles para miembros a compresión son:

- En la sección total de miembros a compresión cuando  $KL/R$  (máxima)  $\leq Cc$ , de cualquier segmento sin adosar es:

$$F_a = \frac{[1 - \frac{(KL/r)^2}{2Cc^2}] F_y}{5/3 + \frac{3(KL/r)}{8Cc} + \frac{(KL/r)^3}{8Cc^3}}$$

donde:

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$$

- En la sección de miembros cargados axialmente cuando  $KL/r > C_c$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2}$$

El esfuerzo actuante para miembros a compresión:

$$f_a = P/A.$$

donde:

P = carga aplicada.

A = área transversal.

$C_c$  = relación de esbeltez de la columna que separa el pandeo elástico del inelástico.

E = mod. de elasticidad del acero ( $2'039,000 \text{ kg/cm}^2$ )

#### DISEÑO DE ELEMENTOS A FLEXO-COMPRESION :

A estos elementos también se les conoce como elementos viga-columna, ya que trabajan como ello. Cuando sobre el elemento existe un esfuerzo de compresión, se diseña como una columna y al estar aplicado sobre él cargas laterales, las cuales provocan flexión, trabaja como viga, sólo que la presencia de carga axial amplifi-

fica los efectos de flexión en el elemento, provocando un momento adicional. Por lo cual, debe analizarse y estudiarse cuidadosamente este caso.

Las especificaciones para el diseño de elementos a flexo-compresión, basados en los principios anteriores, deben satisfacer lo siguiente:

Cuando  $f_a/F_a \leq 0.15$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

Cuando  $F_a/F_a > 0.15$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mfb}}{(1-f_a/F'e)} F_b \leq 1.0$$

Y también 
$$\frac{f_a}{0.6 F_y} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

donde:

$F_a$  = esf. axial permitido.

$F_b$  = esf. en compresión permitido.

$F'e$  = esf. de Euler dividido por un factor de seg.

$C_m$  = coeficiente que depende de la curvatura causada en la columna por los momentos aplicados.

DIAGRAMA DE FLUJO

### ALCANCES DEL PROGRAMA

Alcances - al hablar de límites, estamos refiriéndonos a qué tanto puede hacerse, o hasta qué valores puede aceptar el programa, o en sí, los seguros de éste. El programa está elaborado de una forma que funciona para cualquier conjunto de valores dados; éstos son solamente 5, los cuales son suficientes para resolver los esfuerzos en la armadura, estos valores pedidos serán el claro, la altura de cumbrera y de rodilla, el número de divisiones en media armadura y la carga por metro lineal. Se han colocado seguros, los cuales algunos son valores subjetivos del programador, para no caer en el error de teclear mal algún dato. Estos son:

$$4 \leq \text{claro} \leq 70 \text{ mts.}$$

$$0.15 \leq \text{A.Rod.} \leq 10 \text{ mts.}$$

$$\text{A.Rod.} \leq \text{A.Cumb.} \leq 20 \text{ mts.}$$

$$2 \leq \text{N.Div.} \leq 14$$

$$10 \leq W \leq 10,000 \text{ kg/ml.}$$

En cuanto a carga, pues habrá que hacer un estudio detallado para encontrar el peso por ml., considerando el claro, la pendiente, las cargas de viento (la presión y succión), las cargas de nivel (si existen), la carga viva y la

carga muerta (causada por los polines, travesaños, techos y peso propio de la armadura; ésta puede tomarse como un primer tanteo como un 10% de la carga viva, después habrá que verificar la suposición).

Sólo funciona para una altura de rodilla mayor de 15cm. por considerar un límite inferior, por cuestión de conexiones.

Debe existir mínimo dos divisiones o paneles por media armadura o 4 divisiones en todo su claro, para que funcione el programa. También tiene un límite superior en 14 paneles en media o 28 paneles en todo su claro, por cuestión del dimensionamiento de las variables, línea 200, debido a la memoria de disco, por lo que en caso de usar mayor número de paneles, cambiar los límites solamente de la línea 200.

Así que, todos los valores de entrada quedan al criterio del ingeniero o usuario del programa; no tiene límites el programa en sí, pues puede resolver cualquier armadura de cualquier dimensión y carga, por lo que sólo se sujeta a parámetros que quizás sean fuera de lo económico o de lo ideal, dejando al usuario toda su imaginación y creatividad para que encuentre, por sí mismo, la armadura que satisfaga

tanto sus necesidades de diseño como de optimización.

Sólo debe tenerse en cuenta que el programa no está adaptado para el uso incorrecto de él, por lo que cualquier error desinteresado a la hora de teclear, puede ocasionar el mal funcionamiento del mismo, dejando así la responsabilidad de su uso correcto al usuario.

DIAGRAMA DE FLUJO

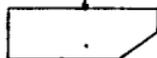
INICIO



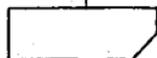
Lee los valores correspondientes a la altura de cumbrera, de la rodilla, el claro y número de divisiones en media armadura y carga unif. distribuida.



Realiza los cálculos correspondientes a encontrar los valores de las barras de la armadura, dado los valores iniciales. Basados los cálculos en el método gráfico.

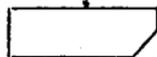


Imprime los valores de los elem.  
1. De la cuerda superior.  
2. Diagonales.  
3. Verticales.  
4. De la cuerda inferior.

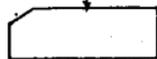


Dado que el programa ordena la dirección de las barras diagonales, imprime en qué barra cambia la dirección, para que todas trabajen a tensión.

3

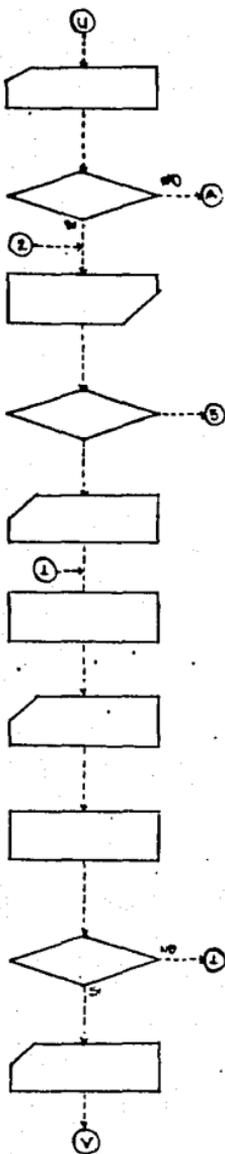


Imprime un menu, de los elementos que uno desea diseñar, ya sea 1, 2, 3 o 4.



Lee el valor correspondiente (1, 2, 3 o 4) asignándoselo a Dis.

4



Lee el valor de la fluencia del acero que vamos a utilizar en el diseño.

Pregunta si  $dis=1 \ 6 \ 3$  (si), o si  $dis \neq 1$  (no).

Imprime de nuevo los valores de la cuerda superior.

Pregunta si calcular como  
- Compresión (si).  
- Flexo-Compresión (no).

Lee la barra que desea diseñar.

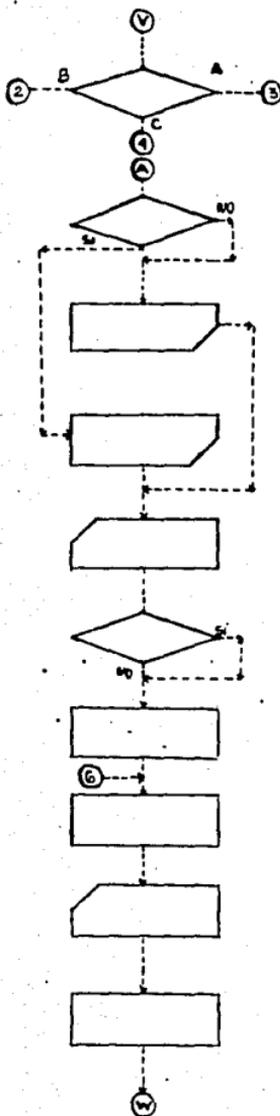
Da recomendaciones para el diseño como área mínima y radio mínimo.

Lee la sección propuesta con sus valores.

Hace los cálculos correspondientes dando resultado esf. act. y esf. adm.

Pregunta si desea uno imprimir esta sección (si) o proponer otra (no).

Lee la sección deseada.



Pregunta si desea uno proponer: una sección para otro elemento (a) otro elemento de la armadura (b), imprimir resultados finales (c).

Pregunta si  $dis=2$  (si), o si  $dis=4$  (no).

Imprime los valores de la cuerda inferior sometidos a tensión.

Imprime los valores de los elementos diagonales sometidos a tensión.

Lee la barra que desea calcular.

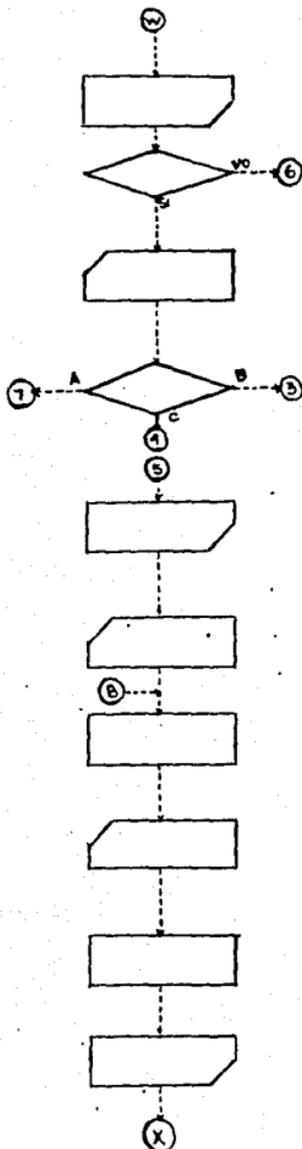
Pregunta si deseas usar un elemento simple (si), o compuesto (no).

Valor del esf. admisible.

Dá recomendaciones para el diseño.

Lee los valores de la sección propuesta.

Realiza los cálculos correspondientes.



Imprime los valores de esf. act. y esf. adm.  
 - Si cumple (si).  
 - No cumple (no).  
 Pregunta si deseas imprimir esta sec. (si), o si deseas proponer otra (no).

Lee la sección deseada.

Pregunta si desea uno proponer una sección para otro elemento (A) otro elem. de la armadura (B). Imprimir los resultados finales (C).

Imprime los valores de la cuerda superior (diseño a flexo-compresión).

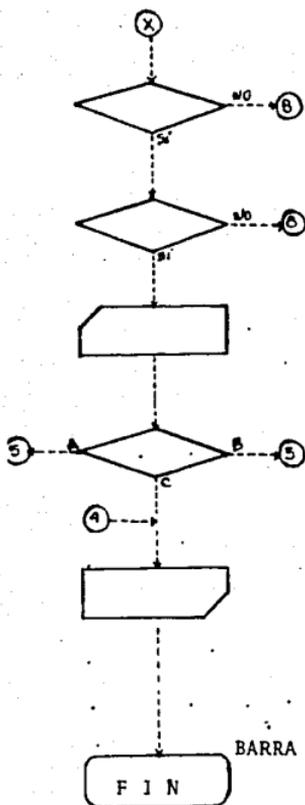
Lee la barra que deseas diseñar y valor del momento máximo.

Dá recomendaciones para el diseño.

Lee los valores de la sección propuesta (IX, IY, mod. de sección y área).

Realiza los cálculos correspondientes.

Imprime los valores de esf. act. y esf. adm.



Si esf. act esf. adm. (si).  
Si esf. act esv. adm. (no).

Pregunta si quieres imprimir esta sec. (si), o si desea proponer -- otra (no).

Lee la sección propuesta.

Pregunta si desea proponer una sección para otro elemento (A). Otro elemento de la armadura (B). Imprimir los resultados finales (C).

Imprime los resultados finales -- con las secciones propuestas:

Tipo de elementos.

BARRA

FUERZA

LONGITUD

ELEMENTO

FIN

CODIFICACION

```

10 CLS 1
20 CLS
30 LET S:=STRING$(76,42)
40 A:=STRING$(65,42)
50 PRINT "#####"
60 PRINT "
      "
70 PRINT "
      "
80 PRINT "
      "
90 PRINT "
      "
100 PRINT "
      "
110 PRINT "
      "
120 PRINT "
      "
130 PRINT "
      "
140 PRINT "
      "
150 PRINT "
      "
160 PRINT "
      "
170 PRINT "
      "
180 PRINT "
      "
ajara "
190 PRINT "#####"
200 DIM L(60),Z(60),F(60),B(60,60),LB(60,60),X$(60,60)
210 REM
220 PRINT:PRINT
230 INPUT "
      " =>DAME EL CLARO ENTRE APDYOS EN MTS.":CL
240 INPUT "
      " =>DAME LA ALTURA A LA CUMBRERA EN MTS.":AC
250 INPUT "
      " =>DAME LA ALTURA A LA RODILLA EN MTS.":AR
260 INPUT "
      " =>DAME LA CARGA UNIF. DIST. (KG/ML)":W
270 INPUT "
      " =>DAME EL NO. DE CLAROS EN MEDIA ARMADURA":NC

```

PROGRAMA

PARA LA TESIS PROFESIONAL

CALCULO Y DISEÑO DE ARMADURAS POR COMPUTADORAS

Realizada por:

MARIO MORENO CHAVEZ

Escuela:

INGENIERIA CIVIL

Universidad Autonoma de Guate

## LIMITE DEL PROGRAMA

```

280 REM
290 IF CL<4 THEN 390
300 IF CL>70 THEN 390
310 IF AR<.15 THEN 390
320 IF AR>10 THEN 390
330 IF AC<=AR THEN 390
340 IF AC>20 THEN 390
350 IF NC<2 THEN 390
360 IF NC>16 THEN 390
370 IF W<10 THEN 390
380 IF W>10000 THEN 390 ELSE 450
390 PRINT: PRINT
400 PRINT " **Nota: No funciona el programa para uno de los valores antes"
410 PRINT "         teclados.Revisalos, ó consulta el manual para limites"
420 PRINT "         del programa.  G R A C I A S ! "
430 INPUT " TECLEAR <RETORND> PARA CONTINUAR";D
440 CLS: CLS 1: GOTD 220
450 PRINT :PRINT
460 REM
470 SCB=(CL/2)/NC
480 WT=W*CL
490 REAC=WT/2
500 CCB=REAC/NC
510 C1=3
520 NA=NC+2
530 N1=NA*2
540 N2=N1
550 N3=N1+2*NC-1
560 ME=2039000#
570 AH=(AC-AR)/NC
580 AB=2*(AC-AR)/CL
590 ALFA=ATN(AB)
600 ALFA1=SIN(1.5708-ALFA)
610 D=REAC-CCB/2
620 LEDS=AH/SIN(ALFA)
630 M=M+1
640 G=(AR+M*AH-AH)/SCB
650 TETA=ATN(G)
660 H=ALFA1*D/SIN(ALFA+TETA)
670 H5=SCB/COS(TETA)
680 Y=H*SIN(TETA)
690 L(M)=H*COS(TETA)

```

CALCULO DE LOS ESFUERZOS EN CADA BARRA DE LA ARMADURA

```

700 Z(C1)=L(M)/CDS(ALFA)
710 Z(C1)=Z(C1)+Z(C1-1)
720 L(M)=L(M)+L(M-1)
730 B(C1,N1+1)=Z(C1)
740 B(N1,N1+1)=H
750 LB(N1,N1+1)=H5
760 IF Y<=CCB THEN 830
770 B(N1+1,N1+2)=Y
780 B(N1+2,1)=L(M)
790 D=Y-CCB
800 C1=C1+1
810 N1=N1+2
820 GOTO 630
830 E=N1+1
840 E2=E+1
850 E1=E+2
860 Z(C1+1)=Z(C1)
870 CS=1
880 D=CCB-Y
890 M=M+1
900 N1=N1+2
910 C1=C1+1
920 G1=(AR+M*AH)/SCB
930 TETA=ATN(G1)
940 H6=SCB/CDS(TETA)
950 L(M)=D/TAN(TETA)
960 Y=L(M)*TAN(ALFA)
970 F(M)=D-Y
980 H1=D/SIN(TETA)
990 LY=L(M)/COS(ALFA)
1000 L(M)=L(M-1)-L(M)
1010 B(C1,N1)=Z(C1)
1020 B(N1,N1+1)=H1
1030 LB(N1,N1+1)=H6
1040 B(N1+1,1)=L(M)
1050 IF CS=1 THEN 1060 ELSE 1090
1060 B(N1-1,N1)=[CB
1070 CS=2
1080 GOTO 1100
1090 B(N1-1,N1)=D
1100 IF N1+1=N3 THEN 1140 ELSE 1110
1110 D=F(M)+CCB
1120 Z(C1+1)=Z(C1)-LY
1130 GOTO 890
1140 CLS 1: CLS: PRINT

```

1150 REM

1160 LINE(1,1)-(500,1)

1170 LINE(1,2)-(500,2)

1180 LINE(1,40)-(500,40)

1190 LINE(1,73)-(500,73)

1200 NLA=73

1210 I=2: J=N2-1

1220 CLS

1230 PRINT "

ELEMENTOS DE LA CUERDA SUPERIOR

1240 NLB=NC\*14+73

1250 LINE(1,1)-(1,NLB)

1260 LINE(2,1)-(2,NLB)

1270 LINE(130,40)-(130,NLB)

1280 LINE(250,40)-(250,NLB)

1290 LINE(350,40)-(350,NLB)

1300 LINE(500,1)-(500,NLB)

1310 LINE(501,1)-(501,NLB)

1320 PRINT "

(COMPRESION)

1330 PRINT

1340 PRINT " BARRA FUERZA LONGITUD

ENTD "

1350 PRINT

1360 I=I+1

1370 J=J+2

1380 NLA=NLA+14

1390 LB(I,J)=LEDS

1400 PRINT " ";I;"-" ;J;TAB(26);B(I,J);TAB(45) USING "###.##";LB(I,J);

1410 PRINT TAB(58);X#(I,J)

1420 LINE(1,NLA)-(500,NLA)

1430 IF I=NLA THEN 1460

1440 IF J=E THEN 1450 ELSE 1360

1450 J=J-1: GOTD 1360

1460 IF DIS=1 THEN 2900

1470 PRINT

1480 INPUT "OPRIMA &lt;RETORNO&gt; PARA CONTINUAR";D

1490 CLS: CLS 1

1500 AJ=J

1510 J=AJ

1520 I=N2-2

1530 LINE(1,1)-(500,1)

1540 LINE(1,2)-(500,2)

1550 LINE(1,40)-(500,40)

1560 LINE(1,73)-(500,73)

ELEMENTOS DIAGONALES  
(TENSION)

```

1570 NLA=73
1580 PRINT "
1590 PRINT "
1600 LINE (1,1)-(1,NLB)
1610 LINE (2,1)-(2,NLB)
1620 LINE (130,40)-(130,NLB)
1630 LINE (250,40)-(250,NLB)
1640 LINE (350,40)-(350,NLB)
1650 LINE (500,1)-(500,NLB)
1660 LINE (501,1)-(501,NLB)
1670 PRINT
1680 PRINT "          BARRA          FUERZA          LONGITUD
ENTO "
1690 PRINT
1700 I=1+2
1710 J=1+1
1720 NLA=NLA+14
1730 PRINT "          ";I;"-";J;"TAB(26);R(1,J);TAB(45) USING "##.##";LE(1,J);
1740 PRINT TAB(58); X(1,J)
1750 LINE (1,NLA)-(500,NLA)
1760 IF J=N3 THEN 1770 ELSE 1700
1770 IF DIS=2 THEN 2900
1780 PRINT
1790 INPUT "OPRIMA <RETORNO> PARA CONTINUAR";D
1800 CLS: CLS 1
1810 E0=J
1820 J=E0
1830 I=N2-1
1840 LINE (1,1)-(500,1)
1850 LINE (1,2)-(500,2)
1860 LINE (1,40)-(500,40)
1870 LINE (1,73)-(500,73)
1880 NLA=73
1890 NLB1=NLB+14
1900 PRINT "
1910 PRINT "
1920 LINE (1,1)-(1,NLB1)
1930 LINE (2,1)-(2,NLB1)
1940 LINE (130,40)-(130,NLB1)
1950 LINE (250,40)-(250,NLB1)
1960 LINE (350,40)-(350,NLB1)
1970 LINE (500,1)-(500,NLB1)
1980 LINE (501,1)-(501,NLB1)
1990 PRINT
2000 PRINT "          BARRA          FUERZA          LONGITUD
ENTO "

```

ELEMENTOS VERTICALES  
(COMPRESION)

```

2010 NLA=NLA+14
2020 PRINT
2030 LB(2,N2)=AR
2040 B(2,N2)=REAC
2050 PRINT "          2 -";N2;TAB(26);REAC;TAB(45);LB(2,N2);TAB(58);X*(2,N2)
2060 LINE(1,NLA)-(500,NLA)
2070 AB=0
2080 I=I+2
2090 J=I+1
2100 AB=AB+1
2110 LEV=AR+AB*AH
2120 LB(1,J)=LEV
2130 NLA=NLA+14
2140 PRINT "          ";I;"-";J;TAB(26);B(1,J);TAB(45) USING "##.##";LB(1,J);
2150 PRINT TAB(58);Y*(1,J)
2160 LINE(1,NLA)-(500,NLA)
2170 IF I=N3 THEN 2180 ELSE 2080
2180 IF DIS=3 THEN 2900
2190 PRINT
2200 INPUT "DPRIMA <RETORNO> PARA CONTINUAR:";D
2210 CLS:CLS 1
2220 I=N2-2
2230 J=1
2240 LINE(1,1)-(500,1)
2250 LINE(1,2)-(500,2)
2260 LINE(1,40)-(500,40)
2270 LINE(1,73)-(500,73)
2280 NLA=73
2290 PRINT "
ELEMENTOS DE LA CUERDA INFERIOR
(TENSION)
2300 PRINT "
2310 LINE(1,1)-(1,NLB)
2320 LINE(130,40)-(130,NLB)
2330 LINE(250,40)-(250,NLB)
2340 LINE(350,40)-(350,NLB)
2350 LINE(500,1)-(500,NLB)
2360 LINE(501,1)-(501,NLB)
2370 PRINT
2380 PRINT "          BARRA          FUERZA          LONGITUD          EL
ENTD "
2390 PRINT
2400 I=I+2
2410 IF I=E1-1 THEN 2420 ELSE 2430
2420 I=I+1
2430 LB(1,J)=SCB
2440 NLA=NLA+14
2450 PRINT "          ";I;"-";J;TAB(26);B(1,J);TAB(45) USING "##.##";LB(1,J);

```

```

2460 PRINT TAB(58);X*(1,J)
2470 LINE(1,NLA)-(500,NLA)
2480 IF I=N3 THEN 2490 ELSE 2400
2490 PRINT
2500 IF DIS=4 THEN 2900
2510 IF DIS=5 THEN 5420
2520 PRINT "
2530 PRINT "
2540 PRINT "
2550 PRINT "
2560 PRINT "
2570 PRINT "DESEAS:"
2580 PRINT "      1. SEGUIR CON EL DISEÑO"
2590 PRINT "      2. CALCULAR PARA OTRA ARMADURA "
2600 INPUT "TECLEAR TU DECISION (1o2)":WHAT
2610 IF WHAT=1 THEN 2620 ELSE 2640
2620 INPUT " =:FY DEL ACERO PARA DISEÑAR (KG/CM2)":FY
2630 GOTO 2650
2640 CLS: CLS 1: GOTO 220
2650 CLS: CLS 1
2660 PRINT "*****"
2670 PRINT "*"
2680 PRINT "      D I S E Ñ O
2690 PRINT "*"
2700 PRINT "*" MENU:
2710 PRINT "*" 1. ELEMENTOS DE LA CUERDA SUPERIOR SOMETIDOS A COMPRESION
2720 PRINT "*" 2. ELEMENTOS DIAGONALES SOMETIDOS A TENSION
2730 PRINT "*" 3. ELEMENTOS VERTICALES SOMETIDOS A COMPRESION
2740 PRINT "*" 4. ELEMENTOS DE LA CUERDA INFERIOR SOMETIDOS A TENSION
2750 PRINT "*"
2760 PRINT "*"
2770 PRINT "*****"
2780 PRINT
2790 PRINT: PRINT
2800 INPUT " =>TECLEA 1,2,3 o 4 PARA DISEÑAR LOS ELEMENTOS QUE DESEAS":DIS
2810 IF DIS=1 THEN 2820 ELSE 2830
2820 CLS: GOTO 1140
2830 IF DIS=2 THEN 2840 ELSE 2850
2840 CLS: GOTO 1490
2850 IF DIS=3 THEN 2860 ELSE 2870
2860 CLS: GOTO 1800
2870 IF DIS=4 THEN 2880 ELSE 2890
2880 CLS: GOTO 2210
2890 GOTO 2800
2900 PRINT

```

```

2910 IF DIS=1 THEN 2940
2920 IF DIS=2 THEN 3600
2930 IF DIS=3 THEN 3010 ELSE 3600
2940 PRINT "ELEMENTOS DE LA CUERDA SUPERIOR ESTAN SOMETIDOS A:"
2950 PRINT "  1.- FURA COMPRESION  "
2960 PRINT "  2.- FLEXO-COMPRESION  "
2970 ME=2039000
2980 INPUT "DISEÑAR COMO ELEMENTOS SOMETIDOS A 1 o 2";CAL
2990 IF CAL=1 THEN 3010 ELSE 4230
3000 REM                                     DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESION
3010 PRINT "BARRA QUE DESEAS CALCULAR"
3020 INPUT "  *PRIMER NUM. DE LA BARRA":I
3030 INPUT "  *SEGUNDO NUM. DE LA BARRA":V
3040 CLS :CLS 1
3050 PRINT "                                     =>BARRA   " ;U;"-";V
3060 PRINT "                                     =>FUERZA  " ;B(U,V)
3070 F=B(U,V)
3080 PRINT "                                     =>LONGITUD " ;LB(U,V)
3090 LON=LB(U,V)
3100 FTA=F/(1.6*FY)
3110 PTR=LON/2
3120 PRINT: PRINT
3130 PRINT "RECOMENDACIONES:"
3140 PRINT "                                     *AREA >=" ;FTA;"CM2"
3150 PRINT "                                     *RADIO MINIMO >=" ;PTR;"CM"
3160 PRINT
3170 PRINT "PROPUESTAS:"
3180 INPUT "                                     *AREA=" ;AREA
3190 INPUT "                                     *RADIO MINIMO=" ;RADIO
3200 IF RADIO<PTR THEN 3210 ELSE 3230
3210 PRINT "RADIO NO CUMPLE CON LA REL. DE ESBELTEZ; PROPON OTRO"
3220 GOTO 3170
3230 FAC=F/AREA
3240 RE=(LON*100)/RADIO
3250 CC=SDR(19.74*ME/FY)
3260 IF RE<CC THEN 3270 ELSE 3300
3270 FS=(5/3)+3*RE/(8*CC)-RE^3/(8*CC^3)
3280 FAD=(1-(RE^2)/(2*CC^2))*FY/FS
3290 GOTO 3310
3300 FAD=104800000/(RE^2)
3310 IF FAC<FAD THEN 3320 ELSE 3360
3320 PRINT "SI CUMPLE LA SECCION!"
3330 PRINT "                                     *ESFUERZO ACTUANTE=" ;FAC
3340 PRINT "                                     *ESFUERZO ADMISIBLE=" ;FAD
3350 GOTO 3410
3360 PRINT "LA SECCION NO CUMPLE!!"

```

```

3370 PRINT "                *ESFUERZO ACTUANTE=";FAC
3380 PRINT "                *ESFUERZO ADMISIBLE=";FAD
3390 PRINT "                *N O T A: INCREMENTAR EL AREA,EL RADIO o AMBOS"
3400 GOTO 3160
3410 PRINT "DESEAS:"
3420 PRINT " 1. INPRIMIR ESTA SECCION "
3430 PRINT " 2. PROPONER OTRA SECCION PARA ESTE ELEMENTO "
3440 PRINT
3450 INPUT "TECLEAR 1 o' 2 ";DUE
3460 IF DUE=1 THEN 3470 ELSE 3040
3470 GOSUB 5180
3480 INPUT "LA SECCION DESEADA ES: ";X$(U,V)
3490 PRINT
3500 PRINT "DESEAS PROPONER:"
3510 PRINT " 1.- UNA SECCION PARA OTRO ELEMENTO "
3520 PRINT " 2.- OTRO ELEMENTO DE LA ARMADURA "
3530 PRINT " 3.- IMPRIMIR LOS RESULTADOS FINALES "
3540 PRINT
3550 INPUT "TECLEAR 1,2 o'3 ";CUAL
3560 IF CUAL=1 THEN 2810
3570 IF CUAL=2 THEN 2650 ELSE 5170
3580 PRINT
3590 REM
3600 PRINT "BARRA QUE DESEAS CALCULAR:"
3610 INPUT " *PRIMER NUM. DE LA BARRA";U
3620 INPUT " *SEGUNDO NUM. DE LA BARRA";V
3630 CLS : CLS 1
3640 PRINT "                =>BARRA      ";U;"-";V
3650 PRINT "                =>FUERZA     ";B(U,V)
3660 F1=B(U,V)
3670 PRINT "                =>LONGITUD   ";LB(U,V)
3680 LONG=LB(U,V)
3690 PRINT
3700 PRINT "TIPO DE ELEMENTO A USAR EN EL DISEÑO:"
3710 PRINT " 1. SIMPLE "
3720 PRINT " 2. COMPUESTO"
3730 PRINT
3740 INPUT "TECLEAR 1 o 2 ";TED
3750 IF TED=1 THEN 3760 ELSE 3770
3760 FAT=.6*FY ;GOTO 3780
3770 FAT=.45*FY
3780 PRINT
3790 TA1=F1/FAT
3800 TR1=LONG/2.4
3810 PRINT "RECOMENDACIONES:"
3820 PRINT "                *AREA>=";TA1;"CM2"

```

```

3830 PRINT " *RADIO MINIMO>=";TR1;"CM"
3840 PRINT
3850 PRINT "PROPOSICIONES:"
3860 INPUT " *AREA=";AREA1
3870 INPUT " *RADIO MIN.=";RADIO1
3880 PRINT
3890 FACT=P1/AREA1
3900 IF RADIO1>=TR1 THEN 3940 ELSE 3910
3910 PRINT " **Nota: NO CUMPLE POR REL. DE ESQUELEZ,PROPON OTRO DE RAD1
MAYOR**"
3920 PRINT
3930 GOTO 3810
3940 IF FACT<=FAT THEN 3950 ELSE 4030
3950 PRINT "SI CUMPLE LA SECCION!"
3960 PRINT " *ESF. ACTUANTE=";FACT
3970 PRINT " *ESF. ADMISIBLE=";FAT
3980 PRINT
3990 PRINT "QUIERES:"
4000 PRINT " 1. IMPRIMIR ESTA SECCION "
4010 PRINT " 2. PROPONER OTRA SECCION PARA ESTE ELEMENTO "
4020 GOTO 4090
4030 PRINT "NO CUMPLE LA SECCION!"
4040 PRINT " *ESF. ACTUANTE=";FACT
4050 PRINT " *ESF. ADMISIBLE=";FAT
4060 PRINT " **HAY QUE PROPONER OTRA SECCION** "
4070 PRINT
4080 GOTO 3840
4090 PRINT
4100 INPUT "TECLEAR 1 o'2 ";DUE1
4110 IF DUE1=1 THEN 4120 ELSE 3630
4120 GOSUB 5180
4130 INPUT "LA SECCION DESEADA ES:";X$(U,V)
4140 PRINT: PRINT
4150 PRINT "DESEAS PROPONER:"
4160 PRINT " 1. UNA SECCION PARA OTRO ELEMENTO "
4170 PRINT " 2. OTRO ELEMENTO DE LA ARMADURA "
4180 PRINT " 3. IMPRIMIR LOS RESULTADOS FINALES "
4190 PRINT: PRINT
4200 INPUT "TECLEAR 1,2 o'3 ";CUAL1
4210 IF CUAL1=1 THEN 2830
4220 IF CUAL1=2 THEN 2650 ELSE 5170
4230 PRINT
4240 REM
4250 PRINT "BARRA QUE DESEAS DISEÑAR:"
4260 INPUT " *PRIMER NUM. DE LA BARRA";U
4270 INPUT " *SEGUNDO NUM. DE LA BARRA";V

```

DISEÑO DE ELEMENTOS A FLEXO-COMPRESIÓ

```

4280 INPUT " *VALOR DEL MOMENTO MAX. (KG*CM)";MMAX
4290 CLS : CLS 1
4300 PRINT "                                =>BARRA    ":U:"-":V
4310 PRINT "                                =>FUERZA    ":R(U,V)
4320 P2=B(U,V)
4330 PRINT "                                =>LONGITUD  ":LB(U,V)
4340 PRINT "                                =>M. MAXIMO   ":MMAX
4350 LONG1=LB(U,V)
4360 PRINT
4370 PRINT
4380 PRINT "RECOMENDACIONES:"
4390 TA2=P2/(.6*FY)
4400 TS2=MMAX/(.4*FY)
4410 PRINT "                                *AREA>=":TA2:"CM2"
4420 PRINT "                                *MODULO (S) >=":TS2:"CM3"
4430 PRINT
4440 PRINT "PROPOSICIONES:"
4450 INPUT "                                *AREA=":AREA2
4460 INPUT "                                *INERCIA (X) =" :IX
4470 INPUT "                                *INERCIA (Y) =" :IY
4480 INPUT "                                *MOD. DE SEC.=":SX
4490 PRINT
4500 RX=SOR(IX/AREA2)
4510 RY=SOR(IY/AREA2)
4520 IF RY<RX THEN 4540
4530 C=RX: GOTO 4550
4540 C=RY
4550 RE1=LONG1*100/C
4560 CC=SOR(19.74*ME/FY)
4570 IF RE1=CC THEN 4580 ELSE 4610
4580 FS=(5/3)+3*RE1/(8*CC)-RE1^3/(8*CC^3)
4590 FAD=(1-RE1^2/(2*CC^2))*FY/FS
4600 GOTO 4620
4610 FAD=10480000#/(RE1^2)
4620 FAC=P2/AREA2
4630 IF FAC<=FAD THEN 4690
4640 PRINT "NO CUMPLE LA SECCION!"
4650 PRINT "                                *ESF. ACTUANTE=":FAC
4660 PRINT "                                *ESF. ADMISIBLE=":FAD
4670 PRINT
4680 GOTO 4430
4690 RELA=FAC/FAD
4700 IF RELA<=.15 THEN 4710 ELSE 4840
4710 FBAD=.6*FY
4720 FBAC=MMAX/SX
4730 D1=FRAC/FBAD

```

```

4740 D2=RELA*D1
4750 IF D2<1 THEN 4760 ELSE 4790
4760 PRINT "SI CUMPLE LA SECCION!"
4770 PRINT "          *LA SUMA DE ESFUERZOS=";D2;"<1"
4780 GOTO 4990
4790 PRINT "NO CUMPLE LA SECCION!"
4800 PRINT "          *LA SUMA DE ESFUERZOS=";D2;">1"
4810 PRINT "          **HAY QUE PROPONER OTRA SECCION!**"
4820 PRINT
4830 GOTO 4430
4840 CM=.65
4850 FE=10480000/(RE1^2)
4860 ED=CM/(1-FAC/FE)
4870 FBAD=.6*FY
4880 FBAC=MMA*Y/SX
4890 D3=FBAC/FBAD
4900 D4=RELA+ED*D3
4910 IF D4<1 THEN 4970
4920 PRINT "NO CUMPLE LA SECCION!"
4930 PRINT "          *LA SUMA DE ESFUERZOS=";D4;">1"
4940 PRINT "          **HAY QUE PROPONER OTRA SECCION** "
4950 PRINT
4960 GOTO 4430
4970 PRINT "SI CUMPLE LA SECCION!"
4980 PRINT "          *LA SUMA DE ESFUERZOS=";D4;"<1"
4990 PRINT
5000 PRINT " OJERES: "
5010 PRINT "          1. IMPRIMIR ESTA SECCION "
5020 PRINT "          2. PROPONER OTRA SECCION PARA ESTE ELEMENTO "
5030 PRINT: PRINT
5040 INPUT "TECLEAR TU DECISION 1 o 2 ";QUE2
5050 IF QUE2=1 THEN 5060 ELSE 4290
5060 GOSUB 5180
5070 INPUT "LA SECCION DESEADA ES: ";X*(U,V)
5080 PRINT: PRINT
5090 PRINT "DESEAS PROPONER:"
5100 PRINT "          1. UNA SECCION PARA OTRO ELEMENTO "
5110 PRINT "          2. OTRO ELEMENTO DE LA ARMADURA "
5120 PRINT "          3. IMPRIMIR LOS RESULTADOS FINALES "
5130 PRINT: PRINT
5140 INPUT "TECLEAR TU DECISION? 1 o 2 ";CUAL2
5150 IF CUAL2=1 THEN 2810
5160 IF CUAL2=2 THEN 2650
5170 GOTO 5410
5180 CLS : CLS 1
5190 REM          SUB-PROGRAMA QUE CONTIENE LA SIMBOLOGIA RECOMENDADA

```

5200 PRINT AI  
 5210 PRINT "\*  
 5220 PRINT "\*  
 5230 PRINT "\*  
 5240 PRINT "\*  
 5250 PRINT "\*  
 5260 PRINT "\*  
 5270 PRINT "\*  
 5280 PRINT "\*  
 5290 PRINT "\*  
 5300 PRINT "\*  
 5310 PRINT "\*  
 5320 PRINT "\*  
 5330 PRINT "\*  
 5340 PRINT "\*  
 5350 PRINT "\*  
 5360 PRINT AI  
 5370 PRINT "  
 5380 PRINT "  
 5390 PRINT: PRINT  
 5400 RETURN  
 5410 DIS=5 :GOTO 1140  
 5420 GOTO 5430  
 5430 PRINT:PRINT  
 5440 PRINT " ;  
 5450 PRINT "

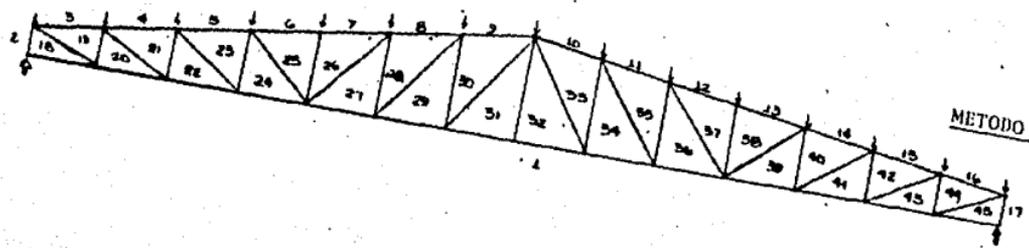
## S I M B O L O G I A

ANGULOS:		
=>Uno		1 L de .....
=>Dos		
-En cajon		2 L's de .....
-En T		2 L's de .....
CANALES:		
=>Perfil Estandar		102 CFS de .....
=>Mon-Ten		162 CMT de .....
VIGAS:		
=>Perfil Estandar		IPS de .....
=>Perfil Rectangular		IFR de .....

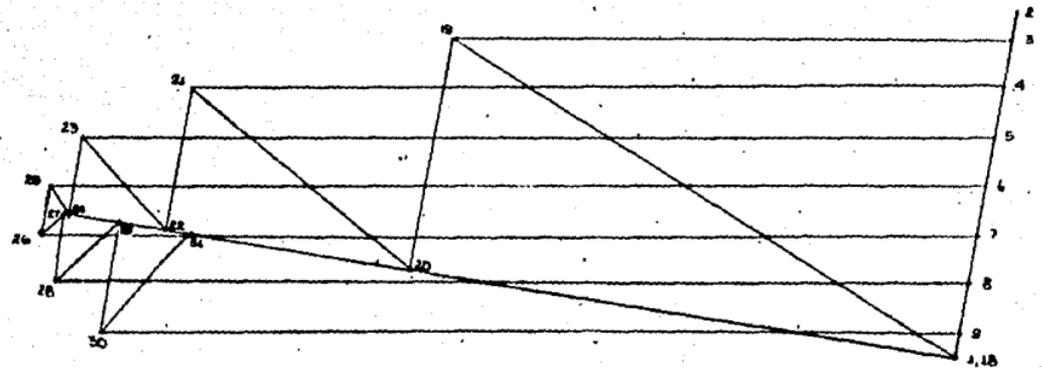
\*\*Nota:elementos mas comunmente utilizados, en "  
 caso de usar otro; adaptar simbologia "

G R A C I A S       "  
 TENGA USTED BUEN DIA   "

E J E M P L O S



METODO GRAFICO



Escala  
 1 cm. 1571 kg.

DATOS :

Claro            20 mt.  
A. Cumb.        2.2 mt.  
A. Rod.         0.6 mt.  
W(kg/ml)       1100  
No. div.        7

NQTA:

Con la escala anterior, puede obtenerse cualquier valor de las barras y compararla con la del programa, y comprobar la veracidad de los valores.

Las diferencias se deben a la imprecisión del dibujo:

Comparación :

<u>BARRA</u>	<u>GRAFICO</u>	<u>PROGRAMA</u>	<u>ELEMENTO</u>
3-19	17,757.17	17,834.84	Cuerda Superior
22-23	4,085.72	4,183.75	Diagonales
29-30	3,535.72	3,586.95	Verticales
24-1	28,678.58	28,809.56	Cuerda inferior

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

P R O G R A M A  
PARA LA TESIS PROFESIONAL

CALCULO Y DISEÑO DE ARMADURAS POR COMPUTADORAS

Realizada por:

MARID MORENO CHAVEZ

Escuela:

INGENIERIA CIVIL

Universidad Autonoma de Guadalajara

- =>DAME EL CLARO ENTRE APOYOS EN MTS.? 20  
=>DAME LA ALTURA A LA CUMBRERA EN MTS.? 2.2  
=>DAME LA ALTURA A LA RODILLA EN MTS.? 0.6  
=>DAME LA CARGA UNIF. DIST. (KG/ML) ? 1100  
=>DAME EL NO. DE CLAROS EN MEDIA ARMADURA ? 7

ELEMENTOS DE LA CUERDA SUPERIOR  
(COMPRESION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
3 - 19	17834.84	1.45	
4 - 21	25806.76	1.45	
5 - 23	29175.99	1.45	
6 - 25	30026.75	1.45	
7 - 26	30026.75	1.45	
8 - 28	29349.93	1.45	
9 - 30	27676.85	1.45	

OPRIMA <RETORNO> PARA CONTINUAR?

ELEMENTOS DIAGONALES  
(TENSION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
18 - 19	19101.07	1.55	
20 - 21	9100.019	1.65	
22 - 23	4138.759	1.78	
24 - 25	1130.211	1.92	
26 - 27	1054.261	2.25	
28 - 29	2815.505	2.43	
30 - 31	4276.838	2.62	

OPRIMA <RETORNO> PARA CONTINUAR?

ELEMENTOS VERTICALES  
(COMPRESION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
2 - 18	11000	.6	
19 - 20	7356.557	0.83	
21 - 22	4565.644	1.06	
23 - 24	2461.912	1.29	
25 - 26	1571.429	1.51	
27 - 28	2279.854	1.74	
29 - 30	3586.951	1.97	
31 - 32	0	2.20	

OPRIMA <RETORNO> PARA CONTINUAR?

ELEMENTOS DE LA CUERDA INFERIOR  
(TENSION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
18 - 1	0	1.43	
20 - 1	17610.85	1.43	
22 - 1	25482.65	1.43	
24 - 1	28809.56	1.43	
27 - 1	28981.31	1.43	
29 - 1	27329.24	1.43	
31 - 1	25000.05	1.43	

```

#####
■      EN LA BARRA 25 - 26      ■
■      CAMBIA LA DIRECCION      ■
■      DE LAS BARRAS DIAGONALES.  ■
#####

```

DESEAS:

1. SEGUIR CON EL DISEÑO
  2. CALCULAR PARA OTRA ARMADURA
- TECLAS DE DECISION (0000)

\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* D I S E Ñ O \*  
 \*  
 \* MENU: \*  
 \* 1. ELEMENTOS DE LA CUERDA SUPERIOR SOMETIDOS A COMPRESION \*  
 \* 2. ELEMENTOS DIAGONALES SOMETIDOS A TENSION \*  
 \* 3. ELEMENTOS VERTICALES SOMETIDOS A COMPRESION \*  
 \* 4. ELEMENTOS DE LA CUERDA INFERIOR SOMETIDOS A TENSION \*  
 \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

=>TECLEA 1,2,3 o 4 PARA DISEÑAR LOS ELEMENTOS QUE DESEAS? 3

ELEMENTOS VERTICALES  
 (COMPRESION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
2 - 18	11000	.6	
19 - 20	7396.557	0.83	
21 - 22	4565.644	1.06	
23 - 24	2461.912	1.29	
25 - 26	1571.429	1.51	
27 - 28	2279.854	1.74	
29 - 30	3586.951	1.97	
31 - 32	0	2.20	

BARRA QUE DESEAS CALCULAR

\*PRIMER NUM. DE LA BARRA? 2

\*SEGUNDO NUM. DE LA BARRA? 18

=>BARRA 2 - 18  
 =>FUERZA 11000  
 =>LONGITUD .6

## RECOMENDACIONES:

\*AREA >= 7.246577 CM2  
 \*RADIO MINIMO >= .3 CM

## PROPUESTAS:

\*AREA=? 12.12  
 \*RADIO MINIMO=? 2.18

## SI CUMPLE LA SECCION!

\*ESFUERZO ACTUANTE= 907.5908  
 \*ESFUERZO ADMISIBLE= 1413.56

## DESEAS:

1. IMPRIMIR ESTA SECCION
2. PROPONER OTRA SECCION PARA ESTE ELEMENTO

TECLEAR 1 o' 2 ? 1

```

*****
*                               S I M B O L O G I A                               *
*                               *                                               *
* ANGULOS:                                                                *
*   =>Uno                        1 L de .....                               *
*   =>Dos                                                                *
*     -En cajon                  2 L's de .....                               *
*     -En T                      2 L's de .....                               *
* CANALES:                                                                *
*   =>Perfil Estandar            1o2 CPS de .....                               *
*   =>Mon-Ten                    1o2 CMT de .....                               *
* VIGAS:                                                                    *
*   =>Perfil Estandar            IFS de .....                               *
*   =>Perfil Rectangular         IFR de .....                               *
*****
**Nota:elementos mas comunmente utilizados, en
      caso de usar otro; adaptar simbologia

```

LA SECCION DESEADA ES:? 2 L's de 2\*2\*1/4

## DESEAS PROPONER:

- 1.- UNA SECCION PARA OTRO ELEMENTO
- 2.- OTRO ELEMENTO DE LA ARMADURA
- 3.- IMPRIMIR LOS RESULTADOS FINALES

TECLEAR 1,2 o'3 ? 2

\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* D I S E Ñ O \*  
 \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

MENU:

- \* 1. ELEMENTOS DE LA CUERDA SUPERIOR SOMETIDOS A COMPRESION \*
  - \* 2. ELEMENTOS DIAGONALES SOMETIDOS A TENSION \*
  - \* 3. ELEMENTOS VERTICALES SOMETIDOS A COMPRESION \*
  - \* 4. ELEMENTOS DE LA CUERDA INFERIOR SOMETIDOS A TENSION \*
- \*\*\*\*\*

=>TECLEA 1,2,3 o 4 PARA DISEÑAR LOS ELEMENTOS QUE DESEAS? 1

ELEMENTOS DE LA CUERDA SUPERIOR  
 (COMPRESION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
3 - 19	17834.84	1.45	
4 - 21	25806.76	1.45	
5 - 23	29175.99	1.45	
6 - 25	30026.75	1.45	
7 - 26	30026.75	1.45	
8 - 28	25349.53	1.45	
9 - 30	27676.85	1.45	

ELEMENTOS DE LA CUERDA SUPERIOR ESTAN SOMETIDOS A:

- 1.- FURA COMPRESION
- 2.- FLEXO-COMPRESION

DISEÑAR COMO ELEMENTOS SOMETIDOS A 1 o 2? 1

BARRA QUE DESEAS CALCULAR

- \*PRIMER NUM. DE LA BARRA? 6
- \*SEGUNDO NUM. DE LA BARRA? 25

= BARRA 6 - 25  
 =>FUERZA 30026.75  
 =>LONGITUD 1.446742

## RECOMENDACIONES:

\*ÁREA >= 19.78047 CM2  
 \*RADIO MINIMO >= .7233709 CM

## PROPUESTAS:

\*AREA=? 27.22  
 \*RADIO MINIMO=? 2.31

## ¿J CUMPLE LA SECCION!

\*ESFUERZO ACTUANTE= 1103.114  
 \*ESFUERZO ADMISIBLE= 1207.089

## DESEAS:

1. IMPRIMIR ESTA SECCION
2. PROPONER OTRA SECCION PARA ESTE ELEMENTO

TECLEAR 1 ó 2 ó 1

\*\*\*\*\*  
 \* S I M B O L O G I A \*  
 \* \* \* \* \*

## \* ANGULOS:

\* =:Uno 1 L de .....  
 \* =:Dos .....  
 \* -En cañon 2 L's de .....  
 \* -En T 2 L's de .....  
 \* \* \* \* \*

## \* CANALES:

\* =>Perfil Estandar 162 CPS de .....  
 \* =>Mon-Ten 162 CMT de .....  
 \* \* \* \* \*

## \* VIGAS:

\* =>Perfil Estandar 1FS de .....  
 \* =>Perfil Rectangular 1FR de .....  
 \* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*  
 \*\*Nota: elementos mas comunmente utilizados, en caso de usar otro; adaptar simbologia

LA SECCION DESEADA ES: ? 2 L's de 3\*3\*3/8

## DESEAS PROPONER:

- 1.- UNA SECCION PARA OTRO ELEMENTO
- 2.- OTRO ELEMENTO DE LA ARMADURA
- 3.- IMPRIMIR LOS RESULTADOS FINALES

TECLEAR 1,2 ó 3 ó 2

\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* D I S E Ñ O \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

\* MENU: \*

- \* 1. ELEMENTOS DE LA CUERDA SUPERIOR SOMETIDOS A COMPRESION \*  
 \* 2. ELEMENTOS DIAGONALES SOMETIDOS A TENSION \*  
 \* 3. ELEMENTOS VERTICALES SOMETIDOS A COMPRESION \*  
 \* 4. ELEMENTOS DE LA CUERDA INFERIOR SOMETIDOS A TENSION \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

=>TECLEA 1,2,3 o 4 PARA DISEÑAR LOS ELEMENTOS QUE DESEAS? 2

ELEMENTOS DIAGONALES  
(TENSION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
18 - 19	19101.07	1.55	
20 - 21	9100.019	1.65	
22 - 23	4138.759	1.78	
24 - 25	1130.211	1.92	
26 - 27	1054.261	2.25	
28 - 29	2815.503	2.43	
30 - 31	4276.838	2.62	

BARRA QUE DESEAS CALCULAR:

- \*PRIMER NUM. DE LA BARRA? 18  
 \*SEGUNDO NUM. DE LA BARRA? 19

=>BARRA 18 - 19  
=>FUERZA 19101.07  
=>LONGITUD 1.549457

TIPO DE ELEMENTO A USAR EN EL DISEÑO:

1. SIMPLE
2. COMPUESTO

TECLER 1 o 2 ? 2

RECOMENDACIONES:

\*AREA>= 16.7774 CM2  
\*RADIO MINIMO>= .645607 CM

PROPOSICIONES:

\*AREA=? 17.54  
\*RADIO MIN.=? 1.5

SI CUMPLE LA SECCION!

\*ESF. ACTUANTE= 1089.001  
\*ESF. ADMISIBLE= 1138.5

QUIERES:

1. IMPRIMIR ESTA SECCION
2. PROPONER OTRA SECCION PARA ESTE ELEMENTO

TECLER 1 o 2 ? 1

\*\*\*\*\*  
S I M B O L O G I A  
\*\*\*\*\*

ANGULOS:

=>Uno 1 L de .....  
=>Dos .....  
-En cajon 2 L's de .....  
-En T 2 L's de .....

CANALES:

=>Perfil Estandar 162 CFS de .....  
=>Mon-Ten 162 CMT de .....

VIGAS:

=>Perfil Estandar 1FS de .....  
=>Perfil Rectangular 1FR de .....

\*\*\*\*\*  
\*Nota: elementos mas comunmente utilizados, en caso de usar otros: adaptar simbologia  
\*\*\*\*\*

LA SECCION DESEADA ES: ? 2 L's de 2\*2\*3/8

DESEAS PROPONER:

1. OTRA SECCION PARA OTRO ELEMENTO
2. OTRO ELEMENTO DE LA ARMADURA



=BARRA 27 - 1  
 =FUERZA 28981.31  
 =LONGITUD 1.428572

TIPO DE ELEMENTO A USAR EN EL DISEÑO:

1. SIMPLE
2. COMPUESTO

TECLEAR 1 o 2 ? 2

RECOMENDACIONES:

\*AREA= 25.4557 CM2  
 \*RADIO MINIMO= .5952381 CM

PROPOSICIONES:

\*AREA=? 27.22  
 \*RADIO MIN.=? 2.31

SI CUMPLE LA SECCION:

\*ESF. ACTUANTE= 1064.707  
 \*ESF. ADMISIBLE= 1138.5

QUIERES:

1. IMPRIMIR ESTA SECCION
2. PROPONER OTRA SECCION PARA ESTE ELEMENTO

TECLEAR 1 o 2 ? 1

```

.....
*                               S I M B O L O G I A                               *
*
*  ANGULOS:
*    =>Uno                      1 L de .....
*    =>Dos
*      -En cajon                2 L's de .....
*      -En T                     2 L's de .....
*
*  CANALES:
*    =>Perfil Estandar          102 CFS de .....
*    =>Non-Ten                  162 CMT de .....
*
*  VIGAS:
*    =>Perfil Estandar          1PS de .....
*    =>Perfil Rectangular       1FR de .....
*
.....

```

\*\*Nota:elementos mas comunmente utilizados, en caso de usar otros: adaptar simbologia

LA SECCION DESEADA ES: 2 L's de 2-0-0-0-0

DESIAS PROPONER:

1. UNA SECCION PARA OTRO ELEMENTO
2. OTRO ELEMENTO DE LA DEMANDA

ELEMENTOS DE LA CUERDA SUPERIOR  
(COMPRESION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
3 - 19	17834.84	1.45	
4 - 21	25806.76	1.45	
5 - 23	29175.99	1.45	
6 - 25	30026.75	1.45	2 L's de 3*3*3/8
7 - 25	30026.75	1.45	
8 - 28	29349.93	1.45	
9 - 30	27676.85	1.45	

OPRIMA &lt;RETORNO&gt; PARA CONTINUAR?

ELEMENTOS DIAGONALES  
(TENSION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
18 - 19	19101.07	1.55	2 L's de 2*2*3/8
20 - 21	9100.019	1.65	
22 - 23	4138.759	1.78	
24 - 25	1130.211	1.92	
26 - 27	1054.261	2.25	
28 - 29	2815.505	2.43	
30 - 31	4276.838	2.62	

OPRIMA &lt;RETORNO&gt; PARA CONTINUAR?

ELEMENTOS VERTICALES  
(COMPRESION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
2 - 16	11000	.6	2 L's de 2*2*1/4
19 - 20	7396.557	0.85	
21 - 22	4565.644	1.06	
23 - 24	2461.912	1.29	
25 - 26	1571.429	1.51	
27 - 28	2279.854	1.74	
29 - 30	3586.951	1.97	
31 - 32	0	2.20	

OPRIMA <RETORNO> PARA CONTINUAR?

ELEMENTOS DE LA CUERDA INFERIOR  
(TENSION)

BARRA	FUERZA	LONGITUD	ELEMENTO
16 - 1	0	1.43	2 L's de 3*3*3/8
20 - 1	17610.85	1.43	
22 - 1	25482.65	1.43	
24 - 1	28809.56	1.43	
27 - 1	28981.31	1.43	
29 - 1	27329.24	1.43	
31 - 1	25000.05	1.43	

GRACIAS  
TENGA USTED BUEN DIA

CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES.

Como hemos visto en los capítulos anteriores, la armadura tipo presenta una serie de ventajas sobre las otras armaduras de su tipo más comunmente usadas, como son: el proporcionar un menor esfuerzo en sus barras, bajo las mismas condiciones, ofrecer mayor rigidez en sus extremos y una mayor facilidad de fabricación, los cuales redundan en economía, algo que hoy en día nos concierne más que nunca.

Con la armadura tipo y el método de cremona, hemos podido llegar a diseñar un programa que nos ayude a resolver en cuestión de minutos, lo que tardaba días, esto es la solución de la armadura que satisfaga nuestras necesidades. Pues con ayuda de la computadora, no tan solo logramos mayor rapidez y ahorro de tiempo, sino que también podemos llevar nuestra armadura a fases que nos permiten dedicar nuestro tiempo a la optimización de la estructura, buscando así el diseño al límite de cada elemento o el peso mínimo de toda la estructura.

Así que podemos satisfacer nuestra curiosidad con la variedad de opciones y soluciones a las que podemos llegar con el método programado, y no restringirnos a conceptos li

mitados.

Así, el programa forma un renglón del número de páginas, causado por el gran avance que ha tenido la programación en la Ingeniería Civil, como son: programas para resolver y analizar vigas, para puentes, marcos de varios pisos y muchos más que se hacen; así no tan solo la vida del ingeniero es más dinámica, sino que también le ayudan a seguir en la investigación de métodos, fórmulas y procedimientos que, con su inquietud, conocimiento y habilidad, logra diseñar programas que ayude no tan solo a él a resolver los problemas, sino a la gran cantidad de estudiantes y profesionistas en todo el mundo, con la cual la Ingeniería avanza tanto como nuestra tecnología, de manera que podemos pensar ahora en conceptos más profundos que antes, por falta de tiempo, no tocábamos. Y así hacer más versátiles, seguras y económicas nuestras obras y darle el lugar tan importante que ocupa en nuestra sociedad la INGENIERIA CIVIL.

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

- 1.- AISC (1980),  
MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION,  
9a. Ed. American Institute Of Steel Construction,  
Nueva York.
  
- 2.- Gaylord, EH., Jr. y Gaylord, C.N. (1972),  
ESTRUCTURAS DE ACERO,  
2a. Ed. Cecsca,  
México.
  
- 3.- Mc. Cormac, J.C. (1985),  
ANALISIS ESTRUCTURAL,  
5a. Ed. Haria,  
México.
  
- 4.- Luthe, R.,  
ANALISIS ESTRUCTURAL.
  
- 5.- Villanueva, V.F. (1985),  
PROGRAMACION BASIC,  
2a. Ed. Diana,  
México.

- 6.- Wang, C. y Eckel, C.L. (1963),  
TEORIA ELEMENTAL DE ESTRUCTURAS,  
2a. Ed. Ediciones Castilla, S.A.,  
España.
  
- 7.- White, R.N., Gergely, P. y Sexsmith, R.G. (1980),  
COMPORTAMIENTO DE MIEMBROS Y SISTEMAS,  
Vol. 5, Limusa,  
México.
  
- 8.- William, C.D. y Harris, E.C. (1970),  
DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS,  
6a. Ed. Cecca,  
México.