

25  
224



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
" A R A G O N "

**"PROGRAMA DE COMPUTADORA PARA EL  
ANALISIS Y DISEÑO DE VIGAS PARA  
APOYO DE GRUAS VIAJERAS".**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de:

**INGENIERO CIVIL**

Presenta:

**JUAN CARLOS SAMPEDRO MENDOZA**

**FALLA DE ORIGEN**



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.

## INDICE

CAPITULOS	PAGINA
I - INTRODUCCION	
I.1 Generalidades	2
I.2 Notación	7
II - REQUISITOS DE DISEÑO	
II.1 Datos para el análisis y diseño	11
II.2 Deflexiones	12
II.3 Cargas y sobrecargas (Fatiga)	20
II.4 Consideraciones de diseño en base a las especificaciones del Manual IMCA (AISC)	24
II.5 Consideraciones y Recomendaciones de Diseño	32
II.6 Soldadura	54
III - ANALISIS Y DISEÑO	
III.1 Descargas debidas a cargas estáticas	60
III.2 Factores de carga para el análisis	63
III.3 Análisis	67
III.4 Diseño	80
III.5 Ejemplo	90
IV - PROGRAMA DE COMPUTADORA	
IV.1 Conceptos básicos de computación	125
IV.2 Información general sobre el programa	149
IV.3 Diagramas de bloques	153
IV.4 Listado	167
V - EJEMPLO DE APLICACION	197
VI - BIBLIOGRAFIA	205

## CAPITULO I

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

#### 1.1 Generalidades

Las gruas viajeras actualmente han alcanzado un elevado grado de perfeccionamiento y eficiencia, es por ello que cada día se utilizan en mayor cantidad, tanto en la industria como en otros campos.

Las gruas viajeras izan y arrian cargas pesadas y las trasladan horizontalmente. Estas gruas trasladan materias primas, productos de elaboración o montaje o productos acabados. Los componentes básicos de cualquier grúa viajera están ilustrados en la figura 1.1. Cualquier grúa viajera está compuesta de tres unidades básicas:

Puente: Es la parte estructural principal usada para cubrir el ancho del área contenida entre las traveses-carriles. Se mueve (viaja) a todo lo largo de la nave (edificio donde está instalada la grúa) sobre rieles que están fijados a las traveses carril. El puente está formado por traveses, cabezales, pasarelas y sistema motriz sobre el cual opera el o los carros.

Carro: Es un vehículo motorizado, que se mueve a lo largo del puente sobre rieles fijados a las traveses del puente y lleva instalado el malacate y los mecanismos propios del carro.

Malacate: Es un dispositivo que ejerce la fuerza por medio de la cual se sube o baja la carga. La potencia de su operación se suministra a través de una caja reductora de engranes y el tambor.

En la industria de la construcción, concretamente de edificios que soportan equipo industrial, la utilización de una grúa viajera y por ende de la trabe carril, es imprescindible.

La grúa queda definida cuando se han establecido:

- 1.- El ancho de vía, que se mide en este caso, como inter-eje de los carriles.
- 2.- La capacidad de carga neta en el gancho, o la carga máxima a elevar.
- 3.- El recorrido máximo del gancho.
- 4.- El recorrido longitudinal de la grúa.
- 5.- La velocidad de los tres movimientos (desplazamiento del puente y el carro, la elevación de la carga), y el sistema de mando (manual o eléctrico).

Las grúas viajeras varían extensamente en cuanto a tipo, tamaño, velocidad de izaje y velocidad de traslado.

El servicio a que está destinada la grúa tiene mucha importancia; las grúas lentas de servicio intermitente resultan más ligeras y económicas; las grúas veloces de trabajo continuo requieren mayor peso y robustez.

La asociación de Manufactureros de Grúas de America (C.M.A.A.) clasifica a las grúas viajeras de acuerdo al tipo de servicio de la siguiente manera:

- A Mantenimiento
- B Ligero
- C Mediano
- D Pesado
- E Cíclico

**Clase A - Servicio de Mantenimiento**

Incluye grúas usadas en centrales eléctricas, servicios públicos, salas de turbinas, salas de motores, estaciones de transformadores y otras aplicaciones que requieren manipulación precisa de equipo a pequeñas velocidades con grandes periodos de paro entre izajes. Estas pueden manejar cargas de su capacidad en la instalación inicial de equipo y para mantenimiento.

**Clase B - Servicio Ligero.**

Usadas en talleres de reparación, montaje ligero y almacenaje; pueden tener requisitos de servicio ligero de pequeña velocidad. Las cargas varían de sin carga a cargas ocasionales de capacidad completa con dos o tres izajes por hora.

**Clase C - Servicio Mediano.**

Utilizada en los talleres mecánicos o salas de máquinas de papeleras, etc., la grúa maneja normalmente cargas que se aproximan a una tercera parte de su capacidad nominal durante toda su vida. Esta clase de grúas izará diez a veinte cargas por hora.

**Clase D - Servicio Pesado.**

Esta categoría de grúas suele encontrar uso en talleres mecánicos, fundiciones, plantas de fabricación, almacenes de aceros, patios de

contenedores y operaciones de cucharas e imán de servicio estándar que suelen requerir la producción de trabajo pesado. Estas grúas suelen manejar cargas que llegan a 2/3 partes de su capacidad nominal por toda su vida, haciendo diez a veinte izajes por hora.

#### Clase E - Servicio Cíclico.

Este servicio requiere una grúa que sea capaz de manejar cargas cercanas a su capacidad nominal continuamente, en severas condiciones de servicio durante toda su vida.

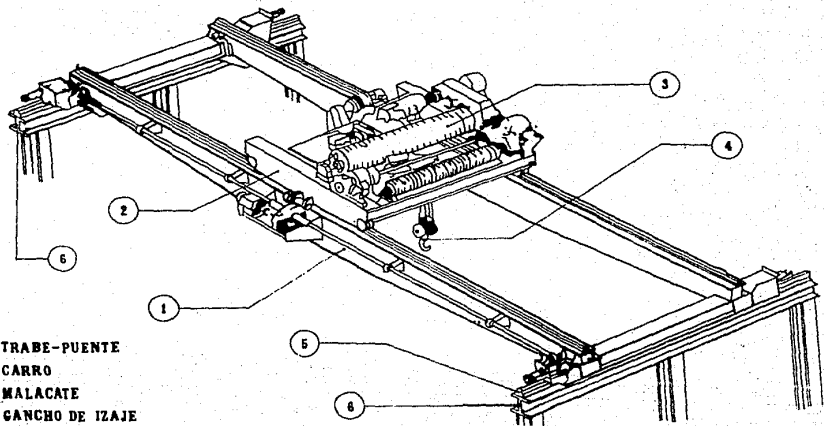
Debido a los requerimientos (por proceso o mantenimiento) de izaje de medianos y/o grandes pesos, dentro de los edificios y naves industriales, se necesita de una grúa viajera que pueda izar y trasladar la carga, tanto en sentido de la trabe puente, como en sentido perpendicular a dicha trabe.

Esto último, genera una trabe donde se apoya y corre la trabe puente, llamada comúnmente "TRABE-CARRIL".

El análisis y el diseño de una trabe-carril está basado en la obtención de los esfuerzos de compresión por flexión biaxial, derivados del movimiento longitudinal de la grúa viajera y una carga lateral producida por el movimiento transversal de la misma.

Debido a este requerimiento la sección de la trabe-carril puede ser compuesta y asimétrica.

El diseño preliminar debe estar basado en manuales estándar.



- 1 TRABE-PUENTE
- 2 CARRO
- 3 MALACATE
- 4 GANCHO DE IZAJE
- 5 RIEL
- 6 TRABE-CARRIL

FIGURA 1.1 GRUA VIAJERA



de grúas ( Whiting Crane Handbook ) , especificaciones y requerimientos de grúas de proveedores ( Campos Hnos. S.A., consorcio Industrial S.A., etc. ).El diseño definitivo deberá hacerse con los planos certificados del fabricante de la grúa.

La capacidad, altura y dimensiones de la grúa, son datos del proyecto o del cliente, para las necesidades específicas de maniobras por reparación y producción del proceso.

## 1.2 Notación

- A<sub>r</sub>** Area del patín en compresión ,  $\text{cm}^2$ .
- A<sub>w</sub>** Area de la sección transversal de un atiesador o par de atiesadores ,  $\text{cm}^2$ .
- A<sub>v</sub>** Area del alma de la trabe ,  $\text{cm}^2$
- C<sub>b</sub>** Coeficiente de flexión, que depende del gradiente de momentos.
- C<sub>c</sub>** Relación de esbeltez que separa al pandeo elástico del inelástico.
- C<sub>v</sub>** Cociente entre el esfuerzo crítico en el alma, según la teoría lineal del pandeo, y el esfuerzo de fluencia en cortante del material del alma.
- D** Factor que depende del tipo de atiesadores transversales.
- E** Módulo de elasticidad del acero ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- F'<sub>b</sub>** Esfuerzo permisible a flexión en el patín a compresión de vigas compuestas por tres placas, disminuido a causa de un valor alto en la relación entre el peralte y el espesor del alma ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- F<sub>b</sub>** Esfuerzo permisible a flexión en miembros prismáticos, en ausencia de esfuerzos axiales ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- F<sub>p</sub>** Esfuerzo permisible de aplastamiento ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- F<sub>t</sub>** Esfuerzo permisible a tensión axial,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- F<sub>v</sub>** Esfuerzo cortante permisible ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- F<sub>y</sub>** Esfuerzo de fluencia mínimo especificado según el tipo de acero ,  $\text{kg/cm}^2$ .

- B Módulo de elasticidad al cortante del acero ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- I Momento de inercia de una sección ,  $\text{cm}^4$ .
- $I_x$  Momento de inercia de una sección alrededor del eje x-x ,  $\text{cm}^4$ .
- $I_y$  Momento de inercia de una sección alrededor del eje y-y ,  $\text{cm}^4$ .
- K Factor para determinar la longitud efectiva de un miembro prismático.
- L Longitud del claro , cm
- N Longitud de apoyo en que se aplica la carga , cm.
- $N_c$  Longitud de apoyo del extremo , necesaria para desarrollar el esfuerzo cortante máximo en el alma , cm.
- P Carga aplicada , Kg.
- Q Momento estático del patín ,  $\text{cm}^3$ .
- R Reacción máxima en el extremo, carga concentrada ó reacción aplicada en la trabe , Kg.
- $S_x$  Módulo de sección elástico alrededor del eje x-x ,  $\text{cm}^3$ .
- $S_y$  Módulo de sección elástico alrededor del eje y-y ,  $\text{cm}^3$ .
- T Fuerza horizontal en los patines de una viga para formar un par igual al momento en el extremo de la viga , Kg.
- Distancia entre curvas de transición en las almas de perfiles laminados , cm
- V Fuerza cortante máxima permisible en almas ; Fuerza cortante estática en trabes , Kg.
- W Carga uniformemente repartida ,  $\text{Kg/m}$
- Y Cociente entre los esfuerzos de fluencia del acero del alma y del acero de los atiesadores.

- a Distancia libre entre atiesadores transversales , cm.
- b Ancho real de elementos en compresión atiesados o no atiesados , cm.
- br Ancho del patín de una viga laminada ó de una viga formada por tres placas , cm.
- d Peralte de una viga laminada ó trabe , cm.
- fa Esfuerzo axial actuante ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- fb Esfuerzo de flexión actuante ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- fi Esfuerzo tensión actuante ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- fv Esfuerzo cortante actuante ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- fv<sub>s</sub> Fuerza cortante entre el alma de la trabe y los atiesadores transversales ,  $\text{Kg/cm}^2$ .
- h Distancia libre entre patines de una viga ó trabe , cm.
- k Coeficiente que relaciona la resistencia al pandeo lineal de una placa con sus dimensiones y con las condiciones de apoyo en sus bordes.
- Distancia entre el paño exterior del patín y el inicio del filete de soldadura en el alma , cm.
- rb Radio de giro respecto al eje alrededor del que se presenta la flexión , cm.
- rt Radio de giro de una sección comprimida que comprende el patín comprimido mas  $1/3$  del alma en compresión tomado con respecto a un eje en el plano del alma , cm.
- rx Radio de giro con respecto al eje x-x , cm.
- ry Radio de giro con respecto al eje y-y , cm.
- tv Espesor del alma de la trabe , cm.
- tr Espesor del patín de la trabe , cm.

t<sub>2</sub> Espesor de un atiesador de placa , cm.

$\mu$  Relación de Poisson , puede tomarse como 0.3 (A-36).

## CAPITULO II

### REQUISITOS DE DISEÑO

Para analizar y diseñar la trabe-carril, es necesario tener a la mano todos los datos requeridos para lograr un diseño adecuado y económico.

La información del carro y de la trabe-puente, así como los espacios libres requeridos, se encuentran tabulados en los catálogos de los fabricantes de grúas.

Estos datos son función directa de la carga por izar y del claro necesario por salvar.

Su diseño está basado en la obtención de los esfuerzos de compresión biaxial, derivados del movimiento longitudinal de la grúa y una carga lateral producida por el movimiento transversal de la misma.

#### 2.1 Datos para el Analisis y Diseño

- (W<sub>1</sub>) Peso propio de la trabe puente
- (W<sub>2</sub>) Peso propio del carro principal
- (W<sub>3</sub>) Peso propio del carro secundario
- (W<sub>4</sub>) Peso propio del polipasto principal
- (W<sub>5</sub>) Peso propio del polipasto secundario
- (G<sub>1</sub>) Fuerza de izaje en el gancho principal
- (G<sub>2</sub>) Fuerza de izaje en el gancho secundario
- (L) Distancia entre ejes de columnas
- (A) Distancia mínima entre el gancho principal y el eje de la trabe-carril

- (A) Distancia mínima entre el gancho secundario y el eje de la trabe-carril
- (B) Distancia mínima entre el gancho principal y el gancho secundario
- (C) Distancia entre ruedas de la trabe puente
- (D) Distancia entre ejes de traveses-carril
- (NR) Número de ruedas sobre la trabe-carril

Nota: Ver figuras 2.1 y 2.2

## 2.2 Deflexiones

### Diseño por Deflexión Límite (Permisible)

En el diseño de traveses-carril las deflexiones más bien que los esfuerzos son las que controlan el tamaño de la sección, especialmente cuando las deflexiones están rigidamente limitadas.

Aunque una trabe-carril es inadecuada si no puede soportar sus cargas excesivas, no es fácil establecer una línea divisoria entre la deformación razonable y la no razonable.

Las deflexiones de gran magnitud por lo general indican falta de rigidez estructural y la posible vibración por el movimiento de las cargas vivas.

La deflexión permisible de una trabe-carril está relacionada por lo común con el claro, ya que una deflexión de digamos 2.5 cm en un claro de 9 m; de ordinario no resulta más objetable que una deflexión de 1.27 cm en un claro de 4.50 m.

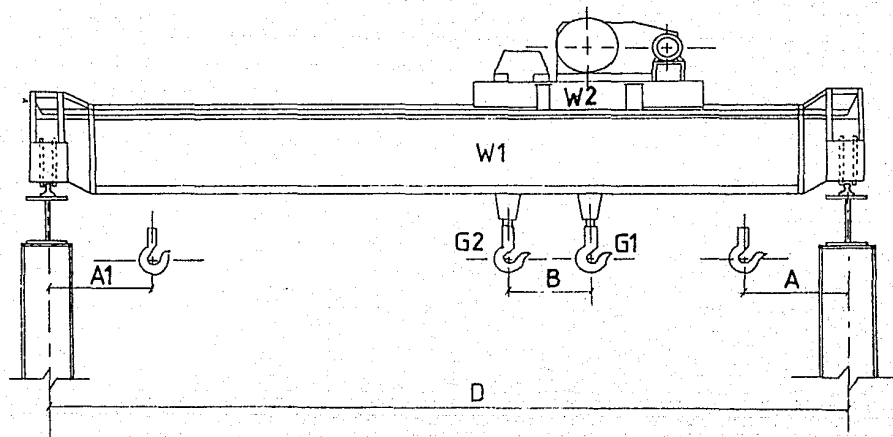
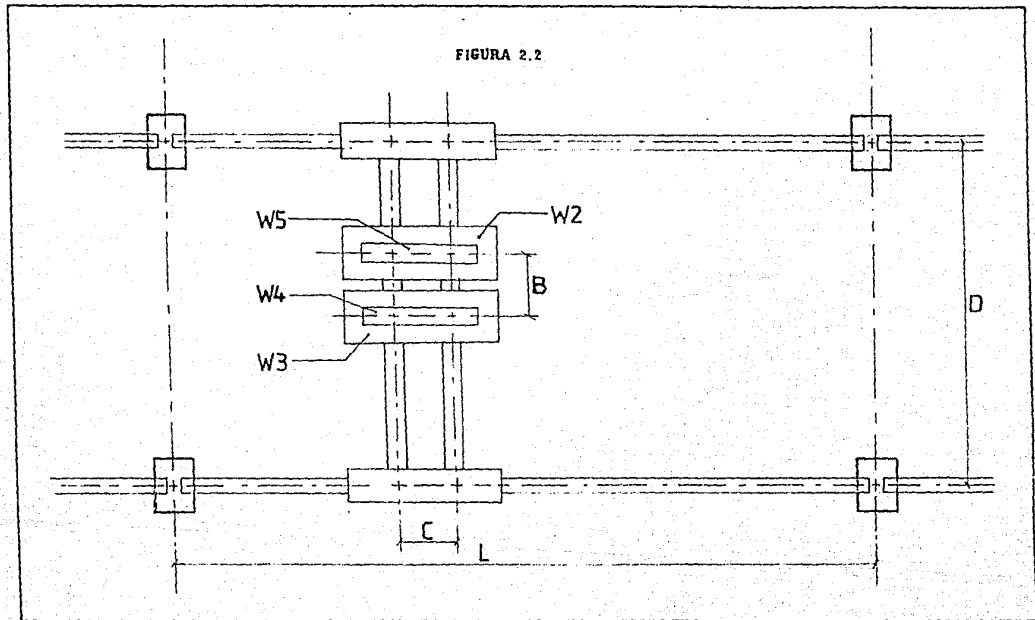


FIGURA 2.1



FIGURA 2.2



Los valores de las deflexiones permisibles varían comunmente desde  $\frac{1}{360}$  del claro hasta un valor de  $\frac{1}{1000}$  del claro. La deflexión límite más utilizada es la que prohíbe las deflexiones por carga viva en exeso de  $\frac{1}{360}$  del claro. Esta deflexión límite es un requerimiento de las especificaciones del manual IMCA (AISC).

Para el diseño de traves-carril de grúas viajeras la deflexión máxima permisible vertical debe mantenerse entre límites aceptables, del orden de  $\frac{1}{800}$  del claro del tramo para grúas medias, y  $\frac{1}{1000}$  del claro para grúas veloces, para evitar excesivos esfuerzos de traslación y vibraciones. Según las especificaciones del manual IMCA (punto 1.3.4), las deflexiones máximas permisibles de diseño para traves-carril de grúas viajeras serán:

a) Deflexión permisible vertical sin incluir impacto:

$$\frac{L}{600} \quad \text{para grúas de servicio A, B y C}$$

$$\frac{L}{800} \quad \text{para grúas de servicio D y E}$$

b) Deflexión permisible lateral por efecto de impacto:

$$\frac{L}{400} \quad \text{para grúas de servicio A, B y C}$$

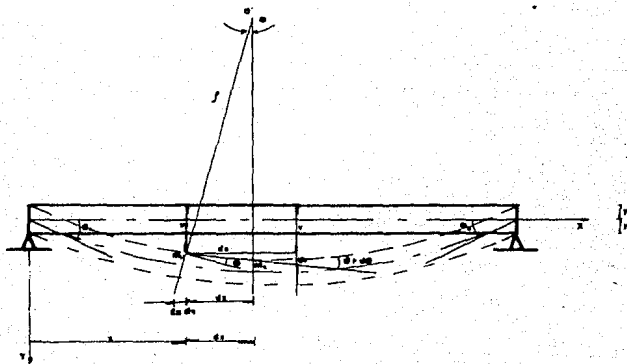
$$\frac{L}{600} \quad \text{para grúas de servicio D y E}$$

### Deflexiones Máximas Actuantes

Cuando una viga se carga , el eje longitudinal inicialmente recto se deforma en forma de curva ( curva de deflexión de la viga ) .El cálculo de deflexiones es esencial para el analisis de vigas , dado que a menudo deben calcularse las deflexiones a fin de comprobar que no exeden los valores máximos permisibles.

Ecuación diferencial de la curva de deflexión.

Para obtener la ecuación general de la curva de deflexión de una viga , se considera a la viga simplemente apoyada AB mostrada en la figura.



Se toma el origen de las coordenadas en el extremo izquierdo con el eje X dirigido a la derecha y el eje Y dirigido hacia abajo .

Se supone que el plano XY es un plano de simetría y que todas las cargas actúan en este plano, siendo este el plano de flexión.

La deflexión  $v$  de la viga en cualquier punto  $m_1$  a una distancia  $X$  del origen es la traslación (desplazamiento), de ese punto en la dirección  $Y$ , medida desde el eje  $X$  hasta la curva de deflexión.

Así, para los ejes que se han seleccionado, una deflexión hacia abajo es positiva y una deflexión hacia arriba es negativa.

Cuando  $v$  se presenta como una función de  $x$ , se tiene la ecuación de la curva de deflexión

El ángulo de rotación  $\theta$  de la viga en cualquier punto  $m_1$  es el ángulo entre el eje  $X$  y la tangente a la curva de deflexión.

Este ángulo es positivo en el sentido de las manecillas del reloj, siempre y cuando los ejes  $X$  y  $Y$  tengan las direcciones indicadas.

Considerando ahora un segundo punto  $m_2$ , localizado sobre la curva de deflexión a escasa distancia de más adelante sobre la curva y a una distancia  $x + dx$  (medida paralela al eje  $X$ ) desde el origen.

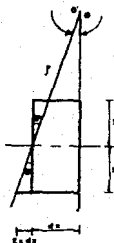
La deflexión en este punto es  $v + dv$ , donde  $dv$  representa el incremento en deflexión conforme se pasa de  $m_1$  a  $m_2$ .

El ángulo de rotación en  $m_2$  es  $\theta + d\theta$ , donde  $d\theta$  es el incremento en el ángulo de rotación.

En los puntos  $m_1$  y  $m_2$ , se trazan líneas normales a las tangentes de la curva de deflexión.

La intersección de estas normales representa el centro de curvatura  $o'$  y a la distancia desde  $o'$  es el radio de curvatura  $\rho$ .

De la figura se puede apreciar que en la fibra mostrada en la figura el alargamiento queda definido por :



$$\tan \theta = \frac{\epsilon_x dx}{y}$$

$$\epsilon_x dx = y \tan \theta \quad (1)$$

La relación lineal entre el esfuerzo y la deformación se expresa mediante la ecuación siguiente  $\sigma_x = E \epsilon_x$  (2)

donde  $E$  es una constante de proporcionalidad (módulo de elasticidad del material).

El módulo de elasticidad es la pendiente del diagrama esfuerzo deformación en la región linealmente elástica y su valor depende del material que se utilice.

A esta ecuación se le conoce comúnmente como ley de Hooke.

Despejando el alargamiento de la ecuación de Hooke

$$\epsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} \quad (3)$$

ahora utilizando la fórmula de la flexión (de la escuadria)

$$\sigma_x = \frac{M}{I} y \quad (4)$$

pero  $\epsilon_x dx = \frac{\sigma_x}{E} dx = \frac{M}{EI} y dx$  (5)

igualando tenemos que :

$$y \tan \theta = - \frac{M}{EI} y dx \quad (6)$$

pero de la figura tenemos que

$$\tan \theta = \frac{dx}{\rho} \quad (7)$$

sustituyendo (7) en la ecuación (6) tenemos :

$$\frac{y dx}{\rho} = - \frac{M}{EI} y dx$$

eliminando términos tenemos :

$$\frac{1}{\rho} = - \frac{M}{EI} \quad (8)$$

la mecánica de materiales admite que

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2 v}{dx^2} \quad (9)$$

siempre y cuando la deflexión de la viga no tenga grandes pendientes o sea las rotaciones sean pequeñas

donde  $\frac{d^2 v}{dx^2}$  es la curvatura del eje longitudinal de la barra.

Muchas vigas sufren únicamente pequeñas rotaciones cuando se cargan ; por tanto , sus curvas de deflexión son muy planas con curvaturas extremadamente pequeñas.

Finalmente igualando las expresiones (8) y (9) obtendremos que :

$$\frac{d^2 v}{dx^2} = - \frac{M}{EI} \quad (10)$$

siendo esta la ecuación diferencial de la curva de deflexión de una viga.

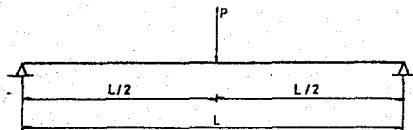
Esta ecuación puede integrarse en cada caso particular para determinar el ángulo de rotación  $\theta$  ó la deflexión  $v$ , siempre y cuando se conozca el momento flexionante.

Las deflexiones máximas actuantes de la trabe-carril se pueden calcular usando la superposición de los efectos de la carga de las traveses-carril y las ecuaciones tabuladas para la selección de cargas que se dan en los manuales.

A continuación se tabulan las ecuaciones de deflexión máxima para cargas uniformes y concentradas más comúnmente utilizadas en el análisis y diseño de traveses-carril según sea el caso.

Se considerará a la trabe-carril como viga simplemente apoyada, tanto en el sentido vertical como en el sentido lateral.

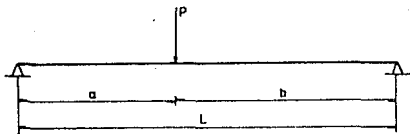
1.- Viga simple con carga concentrada en el centro.



$$\Delta \text{ máx.} = \frac{P L^3}{48 E I}$$

(en el punto de carga)

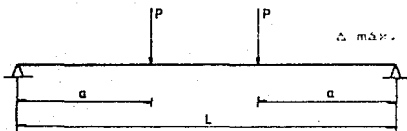
2.- Viga simple con carga concentrada en cualquier punto.



$$\Delta_{\max.} = \frac{P}{3EI} \frac{a^2 b^2}{L}$$

(en el punto de carga)

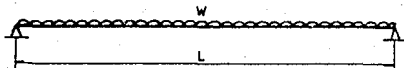
3.- Viga simple con dos cargas concentradas e iguales simétricamente colocadas.



$$\Delta_{\max.} = \frac{P a}{24 E I} (3L^2 - 4a^2)$$

(en el centro)

4.- Viga simple con carga uniformemente distribuida.



$$\Delta_{\max.} = \frac{5 W L^4}{384 E I}$$

(en el centro)



## 2.3 CARGAS Y SOBRECARGAS

### COMBINACIONES DE CARGAS (SIDOR SECCION 8)

Las siguientes combinaciones de carga serán consideradas en el diseño de todos los miembros de una estructura metálica según sean aplicables:

- C muerta + C viva (debidamente impactada cuando sea el caso)
- C muerta + C de grúas +  $\frac{1}{2}$  de la carga de viento ó  $\frac{1}{2}$  de la carga viva, (la que sea más crítica).

### SOBRECARGAS

Se entiende por sobrecarga toda carga distinta de la permanente que actúe sobre una construcción, (vehículos, personas, cargas dinámicas, etc.).

### SOBRECARGAS DINÁMICAS (SIDOR SECCION 5.1.7)

Cuando una estructura haya de soportar cargas dinámicas (transmisiones y elementos de máquinas, puentes-grúas, etc), se multiplicará la carga viva por (1+K), donde:

$$K = \frac{0.4}{1 + 0.2 L} + \frac{0.6}{1 + 4 G/P}$$

siendo:

- L - Claro de la viga.
- G - valor total de la carga permanentemente que actúa sobre la viga incluyendo su peso propio.
- P - Sobrecarga.

#### Fuerzas Horizontales (SIDOR SECCION 5.1.0)

Las estructuras sometidas a probable acción de fuerzas horizontales, cualquiera sea su naturaleza, se estudiarán convenientemente a fin de garantizarles resistencia y rigidez satisfactorias tanto transversal como longitudinalmente.

En las estructuras destinadas a soportar grúas o cualquier otro mecanismo similar, y a fin de prever los empujes por frenado y arranque de aquellos, se considerará la actuación de una fuerza horizontal supuesta concentrada en una de las vigas.

Cuando un mismo apoyo deba soportar dos o más grúas, solo se tomara el 80 % de la suma de los efectos máximos calculados y en la hipótesis de acción simultánea de todos ellos.

#### CARGAS A CONSIDERAR EN LA ESTIMACION DE ESFUERZOS

##### Carga Permanente

Comprende:

Trabe-carril

Viga vertical de acompañamiento o ménsulas soportes de la pasarela.

Pasarela

Vigas horizontales y celosías de arriostramiento

Rieles

Carga Móvil constituida por el propio puente:

Reacciones verticales y horizontales, estáticas y dinámicas, de las ruedas de traslación y eventualmente de guiado del puente.

Son funciones del peso propio del puente grúa y su equipo, el carro y su equipo, la carga a elevar y sus accesorios.

Las acciones dinámicas se originan de las aceleraciones positivas o negativas de los movimientos de elevación y traslación, del efecto de frenado, del choque por defectos y desgastes de las ruedas, de la existencia de juntas en los rieles, de la brusca elevación o descanso de la carga de servicio.

**Carga Móvil sobre las pasarelas de mantenimiento:**

Originadas por la circulación del personal de mantenimiento y material necesario para las reparaciones.

**Acción del viento:**

En las trabes-carril exteriores, su existencia es incompatible con la circulación de la grúa.

Cuando algunos de los elementos de las trabes-carril forman parte de la estructura de contraviento del edificio, se considera una presión mínima cuando el puente está en servicio.

**Variaciones de Temperatura:**

Se deben considerar, si la trabe-carril no puede dilatarse libremente. Igualmente si existen fuentes de calor que originen dilataciones desiguales en los elementos que constituyen la trabe-carril.

**Acción sísmica:**

Generalmente, no se considera la influencia del peso levantado.

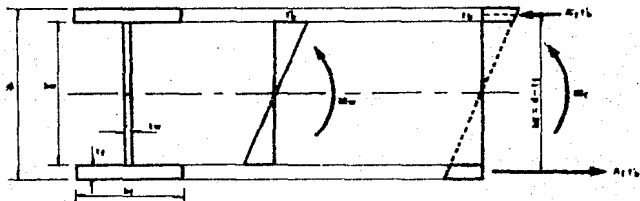
**Efectos Locales:**

Adicionalmente a las solicitudes generales, se deben considerar los efectos locales de las cargas.

2.4 Consideraciones de Diseño en base a las Especificaciones del Manual IMCA (AISC).

Dimensionamiento

Se pueden hacer estimaciones iniciales de las dimensiones del patín, usando las contribuciones a flexión del alma y el patín, (ver figura).



El momento que soporta el patín es:

$$M_r = A_r f' b (d - t_f)$$

El momento que toma el alma es:

$$M_v = f' b S_{xv} = f' b \frac{(t_w) (h_w)^2}{6}$$

El momento total es:  $M = M_r + M_v$

$$M_r = M - M_v$$

Si se hace:  $f' b = f' b = 0.6 F_y$  y se toma  $h_w - t_f = h_w$

Sustituyendo valores:

$$M_r = A_f F' b h v$$

$$M_w = F' b \frac{(t_w) (h_w)^2}{6}$$

$$A_f F' b h v = M - F' b \frac{(t_w) (h_w)^2}{6}$$

pero  $(t_w) (h_w)^2 = A_w h v$ , substituyendo tendremos:

$$A_f F' b h v = M - F' b \frac{(A_w) (h v)}{6}$$

despejando  $A_f$

$$A_f = \frac{M}{F' b h v} - \frac{A_w}{6} \quad (2.3a)$$

donde:

$A_w$  = Area del alma de la trabe

$F' b$  = Valor que no ha de exeder a  $0.6 F_y$

Notese que el peralte total no esta fijado por lo general de una manera exacta, que el espesor del alma puede variar dentro de límites razonablemente amplios, y que el área del patín es una combinación de anchos por espesores, de manera que se puede obtener un número igualmente válido de soluciones.

La única característica que puede establecer la elección de un diseño viable será el costo final.

El peralte promedio de las traves-carril es de  $\frac{1}{10}$  a  $\frac{1}{15}$  de su claro.

Las dimensiones de traves-carril también se determinan tomando como base el momento de inercia de su sección transversal total.

Para dimensionar la sección transversal se requiere determinar un alma que tenga la capacidad necesaria al cortante y unos patines que junto con el alma, tengan el módulo de sección necesario.

Si hacemos que  $A_f$  sea el área del patín,  $h_g$  la distancia entre centros de gravedad de los patines,  $h_v$  y  $t_v$  la altura y espesor, respectivamente de la placa del alma, y  $d$  el peralte total de la trabe; despreciando el pequeño momento de inercia de cada patín alrededor de su propio eje de gravedad el momento de inercia de la sección transversal es:

$$I = 2 A_f \frac{h_g^2}{2} + \frac{(t_v)(h_v)^3}{12}$$

Pero  $h_v$  y  $h_g$  son aproximadamente iguales, y  $(t_v)(h_v) = A_w$ , el área del alma; entonces:

$$I = \frac{(h_g)^2}{2} \left( A_f + \frac{A_w}{6} \right)$$

Si sustituimos este valor de  $I$  en la ecuación  $\frac{I}{c} = \frac{M}{f}$ , obtenemos:

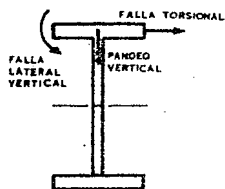
$$c = \frac{d}{2} \quad A_f = \frac{M}{f h_g^2/d} - \frac{A_w}{6}$$

pero  $\frac{f h_g}{d}$  es el esfuerzo de flexión en el centro de gravedad del patín que podemos designar como  $f_g$ .

$$A_f = \frac{M}{h_g f_g} - \frac{A_w}{6} \quad (2.3b)$$

### Patines de las Traves

El patín a compresión de una trabe presenta tres modos corrientes de falla (ver figura).



Los criterios de  $\frac{a}{A_f}$  y  $\frac{L}{r_t}$  que se usan para el desarrollo de las ecuaciones (1.5-6a), (1.5-6b) y (1.5-7) del manual IMCA (AISC) se usan también en el diseño de las traves-carril para establecer los esfuerzos máximos permisibles a flexión en el patín.

No es probable que la relación  $\frac{d}{t_v}$  sea tal que se obtenga una sección compacta, de manera que en general, el máximo esfuerzo permisible a flexión es:

$$F_b \leq 0.6 F_y \quad (2.3c)$$

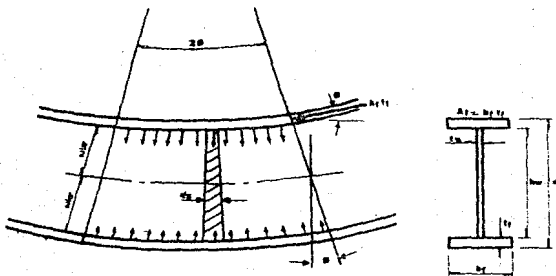
Para  $F_b \leq 0.6 F_y$ , el límite superior de la relación  $\frac{bf}{2t_f}$  es:

$$\frac{bf}{2t_f} \leq \frac{800}{\sqrt{F_y}} \quad (2.3d)$$



### Diseño de la Placa del Alma

La curvatura a flexión de la placa del alma, es causa de presiones radiales que se desarrollan en la superficie de contacto entre el alma y las placas del patín, (ver figura).



Si la placa del alma es demasiado delgada, según la relación  $\frac{h_v}{t_w}$  se pandeará.

El esfuerzo crítico de pandeo es:

$$F_{Cr} = \frac{k_c \pi^2 E}{12 (1-\mu^2) (h_v/t_w)^2}$$

En la figura se muestra la carga supuesta sobre la placa del alma de la trabe en una faja  $dx(h_v)$ . La fuerza ejercida sobre el alma del segmento que se muestra en la figura es:

$$A_r f_r \sin \phi \approx A_r f_r \phi \quad (\phi \text{ en radianes})$$

ya que  $\phi$  es un ángulo muy pequeño.

El esfuerzo  $f_r$  debe ser de la suficiente magnitud para vencer

cualquier esfuerzo residual  $F_r$  en el alma; por lo tanto la deformación del alma en la fluencia es:

$$\delta l = \delta_x + \delta_y = \frac{F_r + F_y}{E}$$

y el ángulo  $\phi$  es:

$$\phi = \delta \frac{dx}{\frac{t}{2} hv} = \frac{2F_y (F_r + F_y)}{E} \frac{dx}{hv}$$

en el punto de fluencia del alma, la fuerza aplicada es:

$$A_r f_r \tan \phi = A_r f_r \phi$$

para pequeños ángulos y  $\phi$  en radianes:

$$A_r f_r \phi = 2 F_y (F_y + F_r) \frac{dx}{E hv} A_r \quad (a)$$

este valor no debe ser mayor que la fuerza de pandeo en el alma.

$$F_{cr} t dx = \frac{K_c \pi^2 E}{12 (1-\mu^2)} \left( \frac{tv}{hw} \right)^2 (tv) dx \quad (b)$$

igualando las ecuaciones (a) y (b) y resolviendo para  $\frac{hw}{tv}$  se obtiene:

$$\frac{hw}{tv} = \left[ \frac{K_c \pi^2 E}{12 (1-\mu^2)} - \frac{A_v}{A_r} \frac{1}{F_y (F_y + F_r)} \right]^{1/2}$$

La relación  $\frac{A_v}{A_r}$  se toma como 0.5, que es el límite inferior para traveses de dimensiones prácticas, el esfuerzo residual  $F_r$  se considerará igual a  $1160 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $\mu = 0.25$ ,  $K_c = 1$ ,

$E = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ , obteniendo la relación límite de  $\frac{h_v}{t_v}$ .

$$\frac{h_v}{t_v} \leq \frac{984000}{\sqrt{F_y(F_y+1160)}} \quad (2.3e)$$

La especificación del manual IMCA (AISC) permite una relación  $\frac{h_v}{t_v}$  algo mayor si se usan atiesadores transversales, separados a no más de 1.5 veces el penalte de la trabe.

$$\frac{a}{h_v} \leq 1.5$$

$$\frac{h_v}{t_v} \leq \frac{16800}{\sqrt{F_y}} \quad (2.3f)$$

### Reducción del Esfuerzo en el Patin

La placa del alma en la zona de compresión se desvía lateralmente en pequeñas cantidades en las primeras etapas de la flexión, con la resultante transferencia de esfuerzos de la porción a compresión del alma al patin a compresión. Esto da como resultado un aumento del esfuerzo del patin por encima de la cantidad indicada en teoria.

Este aumento en el esfuerzo a compresión en el patin requiere una reducción en el esfuerzo permisible a compresión, de manera que el esfuerzo que realmente se desarrolla no sea causa de una falla en el patin.

Esta reducción del esfuerzo en el patin, se puede expresar en terminos de  $A_r$ ,  $A_v$ ,  $\frac{h_v}{t_v}$  y  $F_y$ . siendo una posible ecuación en terminos del momento último la siguiente:

$$M_u = M_y \left[ 1 - 0.0005 \frac{A_v}{A_r} \left[ \frac{h_v}{t_v} - \beta_0 \right] \right]$$

Como la razón de  $\frac{M_u}{M_y} = \frac{F_u}{F_y} = \frac{F_b}{F_b}$  se puede reescribir esta ecuación en términos de los esfuerzos siempre que el patin a compresión sea suficientemente estable con respecto a  $\frac{L}{r_t}$  y  $\frac{d}{A_r}$ .

Esto se logra limitando a  $F_b$  el esfuerzo máximo permisible, como lo definen las ecuaciones de manual IMCA (AISC) 1.5-6 y 1.5-7.

El valor de  $\beta_0$  depende de los efectos de restricción del patin sobre el alma, y se supone restricción parcial, se puede

tomar como  $5.7 \sqrt{E / F_{cr}}$  donde  $F_{cr}$  es el esfuerzo crítico de pandeo en el alma si se sustituye  $F_{cr} = 1.65 F_b$  ; se obtendrá:

$$F'_b = F_b \left[ 1 - 0.0005 \frac{A_v}{A_f} \left[ \frac{h_v}{t_f} - \frac{6370}{\sqrt{F_b}} \right] \right] \quad (2.3g)$$

La revisión indica que cuando la relación altura / espesor del alma no exeda de  $6370 / \sqrt{F_b}$  no será necesario ninguna reducción del esfuerzo de flexión máximo en el patín.

Requerimientos de Cortante y Atiesadores.

Cuando la relación  $\frac{hv}{tv}$  es suficientemente pequeña, no ocurrirá pandeo en el alma antes de que ocurra fluencia debido al cortante.

El alma de una viga, como parte de un miembro a flexión sometido a un momento flector, soporta el cortante a la manera de un campo a tensión.

Las almas de las trabes se diseñan según las especificaciones del manual IMCA (AISC), suponiendo que el cortante lo soporta la acción de cortante de la viga hasta que se alcanzan los esfuerzos cortantes de pandeo en el alma; por lo tanto al cortante adicional lo soporta la acción del campo a tensión.

La resistencia última a cortante ( $V_u$ ) de un tablero (espacio entre atiesadores), cuya alma se pandea antes de alcanzar la fluencia por cortante es la suma de la resistencia al cortante ( $V_b$ ) al pandeo de la viga y la componente de cortante ( $V_t$ ) del campo de tensión o sea :

$$V_u = V_b + V_t \quad (a)$$

la contribución de cortante de la viga, es :

$$V_b = F_{cr} (h_v t_v) = F_{cr} A_v \quad (b)$$

la capacidad última de fuerza cortante de la trabe para la plastificación del alma (capacidad plástica), es :

$$V_b = F_y A_v \quad (c)$$

donde el esfuerzo de cortante de fluencia ( $F_{ys}$ ), es:

$$F_{ys} = \frac{F_y}{\sqrt{3}} \quad (d)$$

de las ecuaciones (c) y (d), se obtiene  $A_v$  y por sustitución en (b), tenemos:

$$V_b = \frac{\sqrt{3} V_p F_{cr}}{F_y} \quad (e)$$

pero para valores de  $F_{cr} \leq 0.8 F_{ys}$ , tenemos:

$$F_{cr} = \frac{K \pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left[ \frac{t_w}{h_v} \right]^2$$

si  $F_{cr} > 0.8 F_{ys}$ , al usar la ecuación (2.3g) se tomará el esfuerzo crítico como el valor medio entre la ecuación (2.3g) y el valor de  $0.8 F_{ys}$  para obtener:

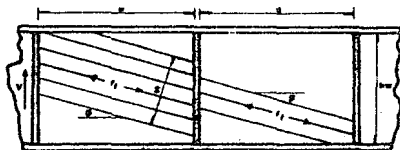
$$F_{cr} = \sqrt{0.8 F_{ys} \frac{K \pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left[ \frac{t_w}{h_v} \right]^2}$$

donde:

$$K = 4.0 + \frac{5.34}{\left[ \frac{a}{h_v} \right]^2} \quad \frac{a}{h_v} \leq 1.0$$

$$K = 5.34 + \frac{4.0}{\left[ \frac{a}{h_v} \right]^2} \quad \frac{a}{h_v} > 1.0$$

La fuerza cortante ( $V_t$ ) por acción del campo de tensión se puede desarrollar basándose en la geometría del panel y la estática (ver figura).



el ancho del campo de tensión será :

$$s = hv \cos \phi - a \sin \phi \quad (f)$$

la fuerza ( $T_w$ ) en el alma es :

$$T_w = f_t s t_v \quad (g)$$

y la componente vertical ( $V_t$ ) es :

$$V_t = T_w \sin \phi = f_t s t_v \sin \phi \quad (h)$$

El mayor valor de ( $V_t$ ), se tiene tomando la derivada

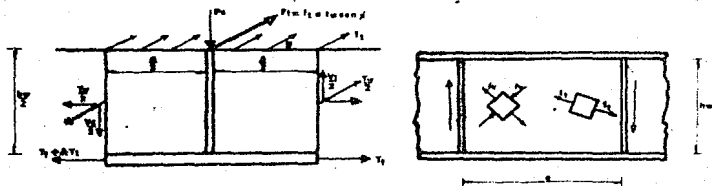
$$\frac{d V_t}{d \phi} = 0$$

sustituyendo la ecuación (f) en (h), haciendo la derivada igual a cero y resolviendo para  $\phi$ , se tiene :

$$\tan \phi = \left[ 1 + \left( \frac{a}{hv} \right)^2 \right]^{1/2} - \frac{a}{hv} \quad (i)$$



Usando el cuerpo libre (ver figura):



el cambio de la fuerza del patín ( $\Delta T_f$ ) será :

$$\Delta T_f = F_1 \cos \phi = f_t a / tv \sin \phi \cos \phi \quad (j)$$

tomando la  $\sum M = 0$ , alrededor del punto o de la figura se obtiene :

$$\Delta T_f = v_t \frac{a}{hv} \quad (k)$$

igualando las ecuaciones (j) y (k) y usando la identidad :

$$\sin \phi \cos \phi = \frac{1}{2} \sin 2\phi = \frac{1}{2} \frac{\tan \phi}{1 + \tan^2 \phi}$$

$$\sin \phi \cos \phi = \frac{1}{2} \frac{1}{[1 + (a/hv)^2]^{1/2}}$$

se obtiene :

$$v_t = f_t hv / tw \frac{1}{2 [1 + (a/hv)^2]^{1/2}} \quad (l)$$

se puede sustituir en la ecuación (a) las ecuaciones (1) y

(e) y tomando  $h_v t_w = \frac{V_p}{F_{ys}} = \frac{\sqrt{3}}{F_y} V_p$  se obtiene :

$$V_u = V_p \left[ \frac{F_{cr}}{F_{ys}} + \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{f_t}{F_y} \frac{1}{[1 + (a/h_v)^2]^{1/2}} \right]$$

se puede hacer una aproximación de  $\frac{f_t}{F_y} = 1 - \frac{F_{cr}}{F_{ys}}$  para obtener :

$$V_u = V_p \left[ \frac{F_{cr}}{F_{ys}} + \frac{1 - \frac{F_{cr}}{F_{ys}}}{1.15 [1 + (a/h_v)^2]^{1/2}} \right]$$

Al dividir ahora por  $A_v = h_v t_v$  y usando un factor de seguridad de 1.65,  $F_{ys} = \frac{F_y}{\sqrt{3}}$ , y tomando  $C_v = \frac{F_{cr}}{F_{ys}}$

se obtiene la ecuación de diseño del manual IMCA (AISC).

$$F_v = \frac{F_{vu}}{1.65} = \frac{F_y}{2.89} \left[ C_v + \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + (a/h_v)^2}} \right]$$

Notese que el término

$$\frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + (a/h_v)^2}}$$

es la contribución del campo de tensión; por lo tanto si el esfuerzo cortante real.

$$f_v \leq \frac{F_y C_v}{2.89} \quad (2.31)$$

no requerirán atiesadores.

Cuando  $C_v > 1$  solamente se usa el primer término de la ecuación para tener el esfuerzo cortante permisible  $F_v$  como:

$$F_v = \frac{F_y C_v}{2.89} \leq 0.4 F_y \quad (2.3j)$$

No se colocarán pares de atiesadores cuando el esfuerzo cortante promedio máximo  $f_v$  en el alma, calculado para cualquier condición de carga, no exeda el valor dado por la ecuación (2.3j).

en donde:

para  $C_v \leq 0.8$

$$C_v = \frac{3160000 k}{F_y (h_v/t_v)^2} \quad (2.3k)$$

para  $C_v > 0.8$

$$C_v = \frac{1590}{h_v/t_v} \sqrt{\frac{k}{F_y}} \quad (2.3l)$$

siendo:

$$k = 4 + \frac{5.34}{(a/h_v)^2} \quad ; \text{ cuando } \frac{a}{h_v} \leq 1.0$$

$$k = 5.34 + \frac{4}{(a/h_v)^2} \quad ; \text{ cuando } \frac{a}{h_v} > 1.0$$

La especificación del manual IMCA (AISC) hace unicamente un uso limitado del campo de cortante del endurecimiento por deformación, limitando a  $F_v$  de la ecuación (2.3j) a un valor no mayor que  $0.4 F_y$ .

Las especificaciones del manual IMCA (AISC) limitan aún más el diseño de las trabes y el tamaño de los paneles, como se indica a continuación:

- 1.- Siempre se requerirán atiesadores de asiento para las reacciones y generalmente también bajo las cargas concentradas.
- 2.- No se requerirán atiesadores transversales intermedios si se cumplen simultáneamente los dos criterios que siguen:

$$\frac{h_v}{t_v} \leq 260 \quad \text{y} \quad f_v = \frac{F_y C_v}{2.89}$$

- 3.- Se requerirán atiesadores intermedios para cualquier otra condición de esfuerzo cortante. Cuando se requerirán atiesadores, el espacio se limita a:

$$0.5 \leq \frac{a}{h_v} \leq \left[ \frac{260}{h_v / t_v} \right]^2$$

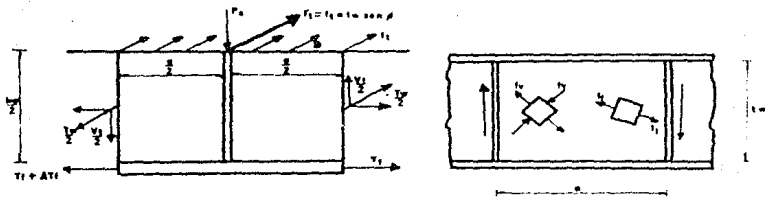
pero:  $\frac{a}{h_v} \leq 3.0$

- 4.- En las trabes diseñadas sobre la base de la acción del campo de tensión, el espaciamiento del primer atiesador interior, a partir del atiesador terminal de apoyo, o cualquiera atiesadores adyacentes a agujeros grandes, se determinará en base al esfuerzo dado por la ecuación:

$$F_v = \frac{F_y}{2.89} C_v \leq 0.4 F_y$$

### Atiesadores Intermedios

El diseño del atiesador se basa en la obtención de la fuerza vertical del atiesador, basándose en  $P_v = 0$ , (ver figura).



De la figura tenemos que:  $P_s = f_t t_a \text{ sen } \phi$ , la sustitución de  $f_t$ ,  $\phi$  y  $A_{st} = \frac{P_w}{F_{perm}}$  dará:

$$A_{st} = \frac{1 - C_v}{2} \left[ \frac{a}{h_v} - \frac{(a/h_v)^2}{\sqrt{1 + (a/h_v)^2}} \right] Y D h_v t_a \quad (2.3m)$$

en donde Y es la relación del  $F_y$  para el acero del alma al  $F_y$  del acero del atiesador y D es un factor que toma en cuenta la eficiencia reducida de un atiesador en un solo lado del alma o en ambos lados.

Así tenemos que:

D = 1.0 para placas de atiesamiento en ambos lados de la placa del alma.

D = 1.8 para un angular usado como atiesador en un lado del alma.

D = 2.4 para una placa atiesadora en un solo lado de la placa del alma.

Con frecuencia, el área requerida para el atiesador es muy pequeña.

Para asegurar un atiesador suficientemente grande y rígido para mantener en forma el alma de la trabe, por lo tanto se requiere que el atiesador tenga un momento de inercia no menor que:

$$\left( \frac{h_v}{50} \right)^4$$

Como el atiesador es un miembro a compresión se debe respetar la relación mínima  $b_a/t_a$ .

Si un tablero del alma que ha desarrollado un campo de tensión se localiza junto a tableros con campos similares se supone que los atiesadores necesitan proporcionar solo la carga axial. Lo anterior es sólo aproximadamente cierto pues está claro que existirá cierta flexión en el atiesador si el solo equilibra los campos de tensión adyacentes. Sin embargo el atiesador en el extremo de una trabe resiste la tensión diagonal sobre un solo lado, y no se diseña de acuerdo a lo anterior, el campo de tensión puede no desarrollarse por completo debido a la falla prematura por flexión del atiesador.

La especificación del manual IMCA (AISC) requiere que el tablero extremo se diseñe como un tablero de cortante que permita anclar el campo de tensión en el tablero adyacente.

El atiesador se puede fijar al alma de tal modo que soporte, alguna parte de la carga vertical.

La diferenciación parcial de la ecuación para  $P_s$  con respecto

a  $\frac{a}{hv}$  dará:  $P_s \approx 0.015 F_y hv^2 \sqrt{\delta_y}$

Usando  $\delta_y = \frac{F_y}{E}$ , un factor de seguridad de 1.67, y suponiendo que la fuerza del atiesador se desarrolla en la distancia  $\frac{hv}{3}$ , a partir del patin a compresión se obtiene:

$$\frac{3 P_s}{hv} = \frac{3hv (0.015)}{1.67} \sqrt{F_y^3 / E}$$

para obtener finalmente:

$$f_{vs} = hv \sqrt{\left[ \frac{F_y}{1400} \right]^3}$$

## Flexión v Cortante Combinados

Si el alma de una viga o trabe armada ha fluido por completo bajo cortante, cualquier momento que actúe simultáneamente deberá ser resistido en su totalidad por los patines.

Cuando una trabe está sometida simultáneamente a valores de cortante y flexión, puede que sea necesario reducir los esfuerzos cortantes permisibles.

El mayor momento que se puede desarrollar en estas circunstancias es:  $M = F_y A_f h_v$

donde  $h_v$  es la distancia entre centroides de los patines.

Esta situación es representada por:

$$V_y = F_{vy} A_v \qquad 0 \leq M \leq F_y A_f h_v$$

La especificación del manual IMCA (AISC) correspondiente se basa en una línea recta. La ecuación de esta recta es:

$$\frac{M}{M_y} = 1.375 - 0.625 \frac{V}{F_{vy} A_v}$$

En términos de esfuerzos permisibles  $F_b = 0.6 F_y$ ,  $F_v = 0.4 F_y$  tenemos:

$$\frac{f_b}{0.6 F_y} = 1.375 - 0.625 \frac{f_v}{F_v}$$

en donde:

$$F_b \leq f_b = \left( 0.825 - 0.375 \frac{f_v}{F_v} \right) F_y \leq 0.6 F_y \quad (*)$$



siendo esta la formula de interacción del manual IMCA (AISC).

En general no se requerira revisar la interacción si:

a)  $f_v \leq 0.6 F_y$  y  $f_b \leq 0.6 F_y$

b)  $f_b \leq F_v$  , pero  $f_b \leq 0.75 F_b$

Cuando no se cumpla cualquiera de estas condiciones, será necesario verificar la interacción utilizando la ecuación (\*) y posiblemente reducir el esfuerzo permisible ( $F_b$ ) de flexión en el patin , con el uso de dicha ecuación.

## Pandeo y Aplastamiento en el Alma

El pandeo del alma es una distorsión fuera del plano del alma que resulta de la combinación de una alta relación  $\frac{d}{t_w}$  y esfuerzos de flexión.

La parte sin soporte lateral del patín a compresión puede también contribuir al pandeo del alma. Este pandeo se controla limitando ya sea la razón  $\frac{d}{t_w}$  o el esfuerzo que se se puede usar con la razón  $\frac{d}{t_w}$  dada.

El aplastamiento del alma puede ocurrir si los esfuerzos a compresión en el plano del alma son suficientemente grandes.

El aplastamiento de la viga también puede ocurrir si la carga uniforme sobre el patín es demasiado grande para el espesor del alma.

Se obtendrá el control del aplastamiento del alma determinando la distancia requerida para la reacción de la siguiente manera:

Se obtiene la distancia de la reacción que se necesita considerando un área a compresión en el alma definida por la longitud de la reacción mas una distancia adicional que utiliza una pendiente 1:1 en la distancia k de la sección.

La distancia k se mide desde la cara exterior del patín hasta el extremo del filete que forma la transición entre el alma y el patín.

En este lugar el área resultante a compresión del alma se acerca a un mínimo.

En una reacción, el área a compresión en el alma es:

$$A_c = (N + K) t_w$$

El esfuerzo permisible en ese lugar según el manual IMCA (AISC) será:

$$F_c = 0.75 F_y$$

En una reacción, con  $f = \frac{R}{A_c}$ , es:

$$\frac{R}{(N + K) t_w} \leq 0.75 F_y$$

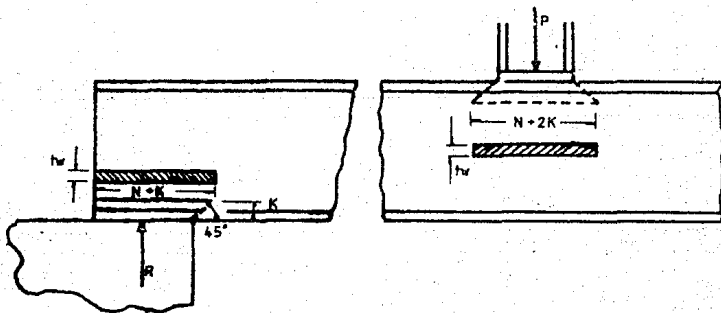
Bajo una carga concentrada en el claro se puede desarrollar la distancia  $k$  a ambos lados de la carga. (ver figura)

Para esta condición se obtiene:

$$\frac{P}{(N + 2K) t_w} \leq 0.75 F_y$$

Cuando se transmiten grandes cargas uniformes del patín al alma, puede que sea necesario comprobar el esfuerzo de compresión  $f_c$ , y limitar el valor a:

$$f_c \leq 0.75 F_y$$



Se requiere que las traveses armadas se proporcionen de manera tal que no ocurra el aplastamiento del alma.

Esto se tiene en cuenta en las reacciones con el uso de atiesadores de apoyo. Cuando el patín a compresión soporte una carga uniforme o cargas concentradas para las que sea posible que no se requieran atiesadores de apoyo, el esfuerzo de compresión entregado por el patín al alma de la trabe, debe ser suficientemente bajo para que no ocurra aplastamiento.

Debido a que la trabe puede tener atiesadores transversales debe modificarse; este es un problema de una placa libremente apoyada en sus 4 bordes, suponiendo que  $a^2 / b^2$  era lo suficientemente pequeña, comparada con la unidad, para eliminarse; por lo tanto se aplica a las traveses con un espaciado de atiesadores mayor, donde:

$$F_{cr} = \frac{2 \pi^2 E}{12 (1 - \mu^2) (h/t_v)^2} \quad (a)$$

El esfuerzo crítico para un espaciado más cerrado de atiesadores debe aproximarse al valor dado por la fórmula de pandeo de placas con  $k = 4$ , esto nos da:

$$F_{cr} = \frac{4 \pi^2 E}{12 (1 - \mu^2) (a/t_v)^2} \quad (b)$$

Esto equivale a suponer una compresión uniformemente distribuida sobre ambos patines, en vez de una como en la ecuación (a). La fórmula de basler es:

$$F_{cr} = \frac{2 \pi^2 E}{12 (1 - \mu^2) (h_v / t_v)^2} \left[ 1 + \frac{2 h_v^2}{a^2} \right] \quad (c)$$

El valor de  $F_{cr}$  de esta ecuación se aproxima al de la ecuación (a) si  $\frac{h_v}{a}$  es pequeño y al de la ecuación (b) si  $\frac{h_v}{a}$  es grande. Con un factor de seguridad de 2.7 la ecuación (c) nos da:

$$F = \left[ 2 + \frac{4.0}{(a/h_v)^2} \right] \frac{703000}{(h_v / t_v)^2} \quad (*)$$

que es la fórmula del manual IMCA (AISC) para traveses con patines de compresión sin restricción al giro.

El esfuerzo crítico para el alma de una viga con el patín de compresión restringido al giro es 2.75 veces el valor correspondiente a un patín de compresión que puede girar libremente. El manual IMCA (AISC) toma esto en cuenta especificando:

$$F = \left[ 5.5 + \frac{4}{(a/h_v)^2} \right] \frac{703000}{(h_v / t_v)^2} \quad (*)$$

para traveses con patines de compresión con restricción al giro. Puesto que estas ecuaciones se dedujeron para una carga uniformemente distribuida, se deben tomar en cuenta medidas para poderlas aplicar al caso de una carga concentrada o una

distribuida sobre una distancia menor que la longitud  $a$  del tablero. De acuerdo con la especificación del manual IMCA (AISC), dicha carga se divide por la menor de las áreas  $(hw)(tw)$  o  $(a)(tw)$  para obtener una carga equivalente uniformemente distribuida.

Si los requerimientos por arrugamiento o pandeo vertical del alma no se satisfacen, el alma deberá hacerse más gruesa o bien se deberán usar atiesadores para aplastamiento.

### Atiesadores por Aplastamiento

Los atiesadores por aplastamiento consisten en placas soldadas al alma de una trabe.

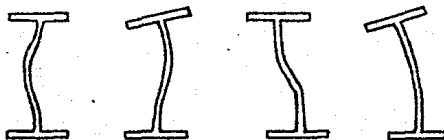
Estos atiesadores deben quedar completamente ajustados contra el patín que soporta la carga.

Debe de existir un área de contacto suficiente entre los atiesadores y el patín para transmitir la carga por aplastamiento, los atiesadores deben tener capacidad al pandeo y la conexión al alma debe ser la necesaria para transmitir la carga.

El esfuerzo de aplastamiento, sobre el área de contacto entre el atiesador y el patín es análogo al esfuerzo de compresión en la unión del alma y patín de vigas laminadas a las sometidas a la acción de cargas concentradas.

Debido a que se trata de un esfuerzo de aplastamiento, el valor permisible puede ser relativamente grande.

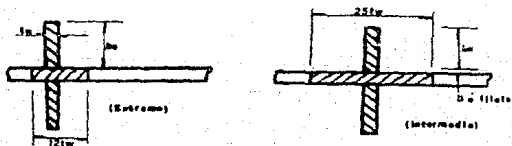
La especificación del manual IMCA (AISC) permite usar:  $0.9 F_y$ . Puesto que el pandeo de los atiesadores por aplastamiento es análogo al pandeo de almas en los puntos bajo carga concentrada, la configuración del atiesador ya pandeado puede ser cualquiera de las mostradas para almas de viga (ver figura) dependiendo del tipo de restricción que tengan los patines.



En la mayoría de los casos el patin de compresion de la trabe estará soportado lateralmente en los puntos de aplicación de la carga concentrada por medio de arriostramiento o por las vigas que se unen a la trabe, de esta manera que el pandeo se asemejará al de una columná con extremos empotrados.

Aún si los patines pueden girar libremente, no se necesita considerar a los atiesadores como columnas biarticuladas porque la carga concentrada sobre un extremo del atiesador es resistida por fuerzas distribuidas a lo largo de su conexión con el alma y no por una fuerza concentrada en el extremo opuesto, como en las columnas.

El manual IMCA (AISC) especifica que la longitud efectiva como columna de  $n$  par de atiesadores debe tomarse no menor a  $3/4$  del peralte de la trabe. Si los atiesadores se localizan en un punto interior de la trabe se debe considerar como formando parte de la sección transversal una franja de alma de ancho no mayor que  $25 t_w$ . Para atiesadores en el extremo de la trabe la franja se tomará con un ancho igual a  $12 t_w$ .





## 2.4 Consideraciones y Recomendaciones

Se considera a la trabe-carril como simplemente apoyada, tanto en sentido vertical, como en el lateral.

La longitud de apoyo vertical, debe ser diseñada adecuadamente para que no se presente el arrugamiento del alma en la trabe-carril.

Los extremos de la trabe-carril giran una cantidad variable que depende de la posición de la carga sobre ella.

Si se quisiera restringir esta rotación, se generarían grandes momentos en las conexiones extremas.

Estos momentos mas el efecto de fatiga pueden ocasionar dificultades serias, por lo que, una práctica de diseño, es evitar la restricción de los extremos de la trabe-carril contra la rotación.

Debido a la magnitud de las cargas (estáticas y dinámicas), y a la longitud de la trabe-carril (claro entre columnas), la flecha permisible recomendada es:

$$\frac{L}{1000}$$

Las conexiones deben diseñarse conservadoramente debido a los efectos dinámicos de las cargas y a posibles inversiones de esfuerzos.

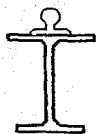
Si se arriostra longitudinalmente al edificio o nave con la trabe-carril, se debe tener especial cuidado en las conexiones que los unen, ya que pueden fallar por fatiga, debido a la deformación de la trabe, así como a los efectos dinámicos verticales y longitudinales que se presentan.

Para seleccionar el tipo de sección de la trabe-carril, es importante cuidar los siguientes factores:

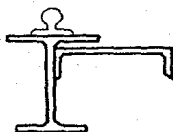
- a) Esfuerzos permisibles máximos.
- b) Deflexiones permisibles.
- c) Estabilidad lateral.
- d) Rigidez torsional.

Debido a los factores antes mencionados, la sección de la trabe-carril puede ser compuesta y asimétrica.

La sección de la figura 2.3a es aceptable siempre y cuando la magnitud de las cargas y el claro permitan su uso; si la carga lateral es fuerte, se tiene que reforzar su rigidez torsional adicionándole canales de refuerzo o placas; tal como se muestra en las figuras 2.3b, 2.3c, 2.3d, 2.3h y 2.3i; cuando se quiera incrementar aun más la rigidez torsional y lateral y su capacidad de carga se pueden emplear ventajosamente las secciones 2.3e, 2.3f, y 2.3g.



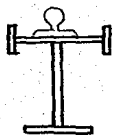
a



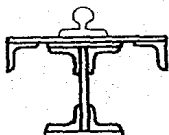
b



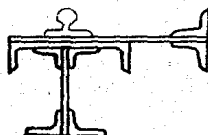
c



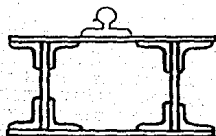
d



e



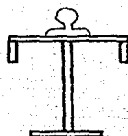
f



g



h



i

FIGURA 2.3

## 2.5 Soldadura

El uso de la soldadura ha aumentado rápidamente, ya que tiene varias ventajas, tales como:

- 1.- Reducción del ruido en el proceso de montaje.
- 2.- Economía, lograda por el ahorro de material.
- 3.- Rigidez de la estructura.
- 4.- Facilidad para conectar ampliaciones a estructuras existentes , y para efectuar reparaciones.
- 5.- Capacidad para lograr conexiones rígidas en vigas, lo que resulta en la acción continua de las mismas.

En las conexiones remachadas, los orificios reducen el área efectiva de los miembros que resisten fuerzas a tensión; una conexión soldada no requiere de agujeros, por lo que toda el área del miembro es efectiva para resistir tensión.

Para conectar dos miembros puede emplearse la soldadura de arco sin necesidad de un tercer miembro de conexión; la conexión remachada de una viga no se considera como rígida , pero una conexión soldada puede construirse de modo que forme una conexión rígida y puede considerarse entonces el apoyo como continuo. La soldadura de arco da como resultado una conexión física de los materiales de los miembros conectados, obteniéndose por consiguiente una acción continua en las vigas.

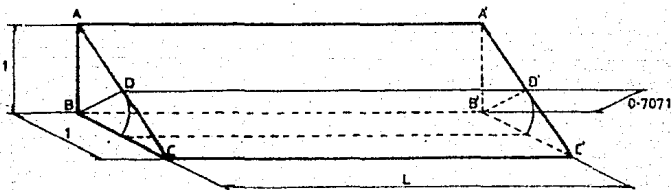
## Soldadura de Arco

La soldadura de arco es permisible para conectar miembros de acero estructural; en este tipo de soldadura se forma un arco eléctrico entre un electrodo y las dos piezas de metal que se conectan.

La soldadura mas comúnmente usada es la soldadura de filete ; su sección transversal es aproximadamente triangular y se forma entre la superficies de los miembros conectados.

El tamaño de una soldadura de filete es la longitud del cateto del triángulo isóseles inscrito en su sección. La raíz del filete de soldadura es un punto situado en el fondo del mismo.

La garganta es la distancia perpendicular que hay de la raíz a la hipotenusa del triángulo isóseles mas grande que pueda inscribirse en la sección de la soldadura. La superficie expuesta de una soldadura no es una superficie plana, sino que generalmente es convexa; por consiguiente la garganta real puede ser un poco mayor, llamándose refuerzo al material adicional que implica esto. Al calcular la resistencia de una soldadura el refuerzo no se considera.



Para su diseño, es comun obtener primero la fuerza maxima que actua en la unidad de longitud de la soldadura y esta compararla con su capacidad ; esta capacidad es obtenida multiplicando el esfuerzo permisible correspondiente, por el area del plano de la garganta, es decir, si el filete es de 45° el ancho efectivo del plano se define de la siguiente manera: suponiendo

$$AB = 1 \quad \text{y} \quad BC = 1$$

$$AD = BD$$

$$(AD)^2 + (BD)^2 = 1$$

como

$$2(BD)^2 = (AB)^2$$

$$(BD) = 0.7071 (AB)$$

Lo cual quiere decir que el plano de la garganta tiene un ancho igual a 0.7071 veces el tamaño de la soldadura, por lo tanto la capacidad al corte del filete de la soldadura por unidad de longitud es de:

$$Cap V = 0.7071 (F_v) (t)$$

donde:  $F_v$  - Esfuerzo permisible de la soldadura.

$t$  - Espesor del filete de soldadura.

Esfuerzos Permisibles de Trabajo en Soldaduras de Filete de acuerdo con el Manual IMCA (AISC).

Tamaño de	Capacidad de carga en Kg/cm	
filete (mm)	E-60 (1265 Kg/cm)	E-70 (1475 Kg/cm)
4	358	418
5	447	520
6	536	625
8	715	834
10	894	1043
13	1162	1355
16	1430	1670

Tamaño mínimo de la soldadura de filete

El tamaño mínimo de la soldadura de filete será el siguiente:

Espesor más grueso de las partes unidas mm	Tamaño mínimo de la soldadura de filete mm
hasta 6 inclusive	3
más de 6 a 13	5
más de 13 a 19	6
más de 19	8

Tamaño máximo de soldaduras de filetes en los bordes de partes conectadas no será mayor que el espesor del material unido cuando el espesor es menor de 0.6 cm. Para espesores mayores será de 1.6 mm menos que el espesor, a no ser que el plano indique mayor tamaño.

### Longitud de Soldadura de Filete

La longitud mínima efectiva de una soldadura diseñada en función de su resistencia, no será menor de 4 veces su tamaño nominal, o bien, el tamaño de la soldadura se tomará como no mayor que la cuarta parte de su longitud efectiva.

Cuando se utilizan sólo soldaduras longitudinales de filete para conexiones en los extremos de las barras planas a tensión la longitud de cada soldadura de filete no será menor que la distancia perpendicular entre ellas. La separación transversal de soldaduras longitudinales de filete no será mayor de 200 mm en conexiones en extremos de miembros, si es que el propio diseño no evita deformación transversal excesiva en la conexión.

### Soldaduras de Filete Intermitente

Se podrán emplear soldaduras de filete intermitentes para transmitir los esfuerzos calculados a través de una unión o en superficies en contacto, cuando la resistencia requerida es menor que la desarrollada por una soldadura de filete continua del menor tamaño permitido. También se podrán usar soldaduras de filetes intermitentes para unir los componentes de miembros armados.

La longitud efectiva de cualquier segmento de soldadura de filete intermitente no será menor que cuatro veces el tamaño de la soldadura, con un mínimo de 40 mm.

### Remates en Extremos de Soldaduras de Filete

Cuando las soldaduras de filete en los extremos de



miembros, estando en el extremo terminan en el lado, o estando en el lado terminan en el extremo, se rematarán dando vuelta a la esquina en forma continua por una distancia no menor que dos veces el tamaño nominal de la soldadura.

Espesor Mínimo Efectivo de Garganta de Soldadura de Penetración Parcial en mm.

Espesor más grueso de las partes unidas , mm	Espesor mínimo efectivo de garganta , mm
hasta 6 inclusive	3
más de 6 a 13	5
más de 13 a 19	6
más de 19 a 38	8
más de 38 a 57	10
más de 57 a 150	13
más de 150	16

Por lo tanto tendremos que para una soldadura de filete se tendrá que cumplir con lo siguiente:

- 1.- La área efectiva se tomará como el producto de su longitud por el espesor efectivo de garganta.
- 2.- La longitud efectiva será la longitud total del filete de tamaño completo , incluyendo las vueltas.
- 3.- El espesor efectivo de garganta será la distancia más corta entre la raíz y la cara de la soldadura en una representación esquemática de la sección transversal.

La soldadura realmente eficaz, es aquella que carece de los siguientes defectos:

#### Socavación

Sucede cuando se funde en exceso el metal base. Esto ocurre cuando no se utiliza el electrodo adecuado, cuando se elige una posición incómoda para soldar, y más frecuentemente, por la variación de la corriente eléctrica y longitudes de arco excesivas. Se corrige (cuando no es excesiva) por medio de la aplicación de más metal de aportación, previa limpieza adecuada.

#### Falta de Fusión

Se define como la falla del metal base o del de aportación para fundirse en algún punto de la junta. Esto generalmente sucede cuando las superficies por soldar contienen partículas ajenas o extrañas a su estructura.

#### Penetración Incompleta

Esta sucede cuando el metal base como el de aportación, fallan al fundirse en la raíz. Las principales causas son: mal diseño de la preparación, tal como una dimensión excesiva de la cara de la raíz, una abertura o ángulo insuficiente en la raíz; es muy frecuente que ocurra por la mala elección del diámetro del electrodo, velocidad excesiva o corriente eléctrica insuficiente.

### Inclusiones de Escoria



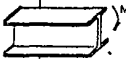

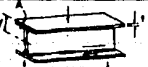
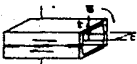
Al reaccionar químicamente los metales, el aire y el recubrimiento del electrodo, durante el depósito y solidificación del metal de aportación, se producen ciertos óxidos y carbonizaciones, las cuales por ser de menor densidad, producen "costras" al subir a la superficie, que solo deben preocuparnos cuando quedan atrapadas dentro de la soldadura.

### Porosidad

Se presenta cuando existen vacíos, o burbujas de aire o gas en el interior del metal fundido.

En las conexiones soldadas no existen tipos estandar; cada diseñador utiliza la soldadura que según su opinión es la más práctica y económica para determinadas condiciones. Como ayuda para el montaje algunas partes se sueldan en taller antes de enviarlas al lugar de la obra y pueden soldarse también en taller algunos ángulos de conexión a las vigas, soldándose después dichos ángulos a las trabes o columnas, ya en el campo.

## LAS FUERZAS EN SOLDADURAS CAPACIDADES DE CARGA PARA SOLDADURAS DE FILETE Y TAPON

TIPO DE CARGA	SOLDADURAS PRINCIPALES (TRANSMITIR LA CARGA TOTAL EN EL PUNTO)		TRATANDO LA SOLDADURA COMO UNA LINEA FUERZA, EN Kg/cm LINEAL.	A = AREA DEL PATIN SOPORTADO POR SOLDADURAS EN CORTANTE HO- RIZONTAL, EN cm <sup>2</sup> .	T = MOMENTO DE TORSION, EN Kg/cm. A <sub>0</sub> = LONGITUD DE SOLDADURA, EN cm. S <sub>0</sub> = MODULO DE SECCION DE LA SOLDA- DURA, EN cm <sup>2</sup> . J <sub>0</sub> = MOMENTO DE INERCIA POLAR DE LA SOLDADURA, EN cm <sup>4</sup> . σ = ESFUERZO NORMAL EN LA FORMU- LA ESTANDAR DE DISEÑO, EN Kg/cm <sup>2</sup> . B = ESFUERZO CORTANTE EN LA FOR- MULA ESTANDAR DE DISEÑO, EN Kg/cm <sup>2</sup> .
	FORMULA ESTANDAR DE DISEÑO ESFUERZO, EN Kg/cm <sup>2</sup> .	FORMULA ESTANDAR DE DISEÑO, EN Kg/cm <sup>2</sup> .			
	TENSION o COMPRESION	$\sigma = \frac{P}{A}$	$f = \frac{P}{A_0}$		
	CORTANTE (EN DIRECCION VERTICAL)	$\tau = \frac{V}{A}$	$f = \frac{V}{A_0}$		
	FLEXION	$\sigma = \frac{M}{S}$	$f = \frac{M}{S_0}$		
	TORSION	$\tau = \frac{T_0}{J}$	$f = \frac{T_0}{J_0}$		
SOLDADURAS SECUNDARIAS (PARA MANTENER JUNTOS LOS ELEMENTOS QUE FORMAN LA SECCION)					
	CORTANTE (HORIZONTAL, PRODUCIDO POR LA FLEXION)	$\tau = \frac{V A y}{I t}$	$f = \frac{V A y}{I n}$		
	CORTANTE (HORIZONTAL, PRODUCIDO POR LA TORSION)	$\tau = \frac{T c}{J}$	$f = \frac{T c t}{J}$		

SOLDADURA DE FILETE	TAMAÑO DEL FILETE (mm)	CAPACIDAD DE CARGA EN Kg/cm <sup>2</sup>	
		ELECTRODO E-60 1285 Kg/cm <sup>2</sup>	ELECTRODO E-70 1475 Kg/cm <sup>2</sup>
	4	358	418
	5	447	520
	6	536	625
	8	718	834
	10	894	1043
	13	1162	1358
	16	1430	1670

SOLDADURA DE TAPON	DIAMETRO DEL TAPON (mm)	CAPACIDAD DE CARGA EN Kg	
		ELECTRODO E-60	ELECTRODO E-70
	25.4	3410	7500
	28.1	7843	9178
	31.8	10047	11755
	38.1	14422	16874
	44.4	19588	22916
	50.0	28559	29988

## PROPIEDADES DE SOLDADURAS

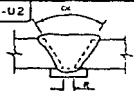
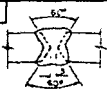
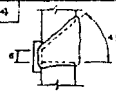
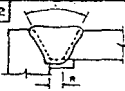
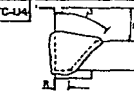
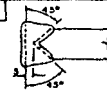
JUNTA SOLDADA b=ancho, d=peralte	FLEXION (Alrededor del eje horizontal x-x)	TORSION	JUNTA SOLDADA b=ancho, d=peralte	FLEXION (Alrededor del eje horizontal x-x)	TORSION
	$S_x = \frac{d^2}{6} \text{ cm}^2$	$J_x = \frac{d^3}{12} \text{ cm}^3$		$S_x = \frac{2bd+d^2}{3} \cdot \frac{d(2b+d)}{3(b+d)}$ borde superior.    borde inferior.	$J_x = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{(b+2d)}$
	$S_x = \frac{d^2}{3}$	$J_x = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$		$S_x = \frac{4bd+d^2}{3} \cdot \frac{4bd^2+d^3}{6b+3d}$ borde superior.    borde inferior.	$J_x = \frac{d^3(4b+d)}{6(b+d)} + \frac{b^3}{6}$
	$S_x = b d$	$J_x = \frac{b^3 + 3bd^2}{6}$		$S_x = b d + \frac{d^2}{3}$	$J_x = \frac{b^3 + 3bd^2 + d^3}{6}$
	$S_y = \frac{4bd+d^2}{6} = \frac{d(4b+d)}{6(2b+d)}$ borde superior    borde inferior.	$J_y = \frac{(b+d)^4 - 6b^2 d^2}{12(b+d)}$		$S_x = 2bd + \frac{d^2}{3}$	$J_x = \frac{2b^3 + 3bd^2 + d^3}{6}$
	$S_y = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $N_y = \frac{d^2}{2(b+d)}$	$J_y = \frac{(2b+d)^3}{12} - \frac{b^2(b+d)^2}{2b+d}$		$S_x = \frac{\pi d^2}{4}$	$J_x = \frac{\pi d^3}{4}$
	$S_x = b d + \frac{d^2}{6}$	$J_x = \frac{2b^3 + 3bd^2 + d^3}{6}$		$S_y = \frac{\pi d^2}{2} + \pi D^2$	
	$S_x = \frac{2bd+d^2}{3} \cdot \frac{d^2(2b+d)}{3(b+d)}$ borde superior    borde inferior.	$J_x = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{(b+2d)}$			
	$S_x = b d + \frac{d^2}{3}$	$J_x = \frac{(b+d)^3}{6}$			

$N_x$  = DISTANCIA DEL EJE "x" A LA CARA EXTERIOR.

$N_y$  = DISTANCIA DEL EJE "y" A LA CARA EXTERIOR.

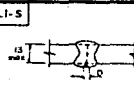
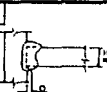
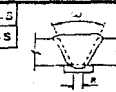
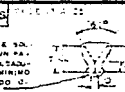
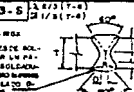
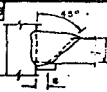

### PENETRACION COMPLETA

UNIONES CON SOLDADURA DE ARCO MANUAL CON ELECTRODO PROTEGIDO DE ESPESOR NO-LIMITADO

<p><b>B-U-2</b></p>  <p style="text-align: center;">(a) "V" SIMPLE</p>	<p><b>B-U-3</b></p>  <p style="text-align: center;">(a) "V" DOBLE</p>	<p><b>B-U-4</b></p>  <p style="text-align: center;">(b) BISEL SIMPLE</p>	<p><b>X-C-U-2</b></p>  <p style="text-align: center;">"V" SIMPLE</p>																												
<p><b>B-TC-U-4</b></p>  <p style="text-align: center;">BISEL SIMPLE</p>	<p><b>TC-U-5</b></p>  <p style="text-align: center;">(a) BISEL DOBLE</p>	<p>RESTRICCIONES PARA UNIONES B-U-2 Y C-U-2</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>OK</th> <th>R</th> <th>POSICION PERMITIDA PARA SOLDAR</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>POSICION PERMITIDA PARA SOLDAR</th> <th>E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>45°</td> <td>4</td> <td>CUALQUIER POSICION</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>CUALQUIER POSICION</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>10</td> <td>PLANA Y SOBRE CARREZA UNICAMENTE</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>CUALQUIER POSICION</td> <td>NO</td> </tr> <tr> <td>70°</td> <td>15</td> <td>PLANA Y SOBRE CARREZA UNICAMENTE</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>PLANA Y SOBRE CARREZA UNICAMENTE</td> <td>NO MAYOR DE 25 mm</td> </tr> </tbody> </table>		OK	R	POSICION PERMITIDA PARA SOLDAR	A	B	POSICION PERMITIDA PARA SOLDAR	E	45°	4	CUALQUIER POSICION	1	2	CUALQUIER POSICION	NO	60°	10	PLANA Y SOBRE CARREZA UNICAMENTE	1	2	CUALQUIER POSICION	NO	70°	15	PLANA Y SOBRE CARREZA UNICAMENTE	1	2	PLANA Y SOBRE CARREZA UNICAMENTE	NO MAYOR DE 25 mm
OK	R	POSICION PERMITIDA PARA SOLDAR	A	B	POSICION PERMITIDA PARA SOLDAR	E																									
45°	4	CUALQUIER POSICION	1	2	CUALQUIER POSICION	NO																									
60°	10	PLANA Y SOBRE CARREZA UNICAMENTE	1	2	CUALQUIER POSICION	NO																									
70°	15	PLANA Y SOBRE CARREZA UNICAMENTE	1	2	PLANA Y SOBRE CARREZA UNICAMENTE	NO MAYOR DE 25 mm																									

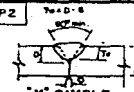
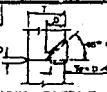
### PENETRACION COMPLETA

UNIONES CON SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO DE ESPESORES LIMITADOS Y NO-LIMITADOS

<p><b>B-LI-S</b></p>  <p style="text-align: center;">RECTA</p>	<p><b>TC-LI-S</b></p>  <p style="text-align: center;">RECTA</p>	<p><b>XB-LI-S</b></p>  <p style="text-align: center;">"V" SIMPLE</p>	<p><b>B-LI-S</b></p>  <p style="text-align: center;">"V" SIMPLE</p>											
<p><b>B-L3-S</b></p>  <p style="text-align: center;">"V" DOBLE</p>	<p><b>TC-L3-S</b></p>  <p style="text-align: center;">BISEL SIMPLE</p>	<p><b>TC-L3-S</b></p>  <p style="text-align: center;">BISEL SIMPLE</p>	<p>RESTRICCIONES PARA UNIONES B-L2-S Y B-U-2-S</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TEMPERATURA</th> <th>OK</th> <th>R</th> <th>MAX. ESPESOR (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">B-L2-S</td> <td>30°</td> <td>8</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>10</td> <td>NO LIMITADO</td> </tr> </tbody> </table>	TEMPERATURA	OK	R	MAX. ESPESOR (mm)	B-L2-S	30°	8	10	45°	10	NO LIMITADO
TEMPERATURA	OK	R	MAX. ESPESOR (mm)											
B-L2-S	30°	8	10											
	45°	10	NO LIMITADO											

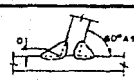


### PENETRACION PARCIAL

UNIONES CON SOLDADURA DE ARCO MANUAL CON ELECTRODO PROTEGIDO Y DE ARCO SUMERGIDO DE ESPESORES NO-LIMITADOS

<p><b>BC-P-2</b></p>  <p style="text-align: center;">"V" SIMPLE</p>	<p><b>BTC-P-4</b></p>  <p style="text-align: center;">BISEL SIMPLE</p>
<p style="text-align: center;">NOTAS GENERALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• - ADOTACIONES EN MILIMETROS.</li> <li>• - (a) CALIBRAR LA RAIZ POR EL LADO OPUESTO AL QUE VA A SOLDARSE</li> <li>• - (b) PARA POSICION HORIZONTAL UNICAMENTE.</li> <li>• - (c) ESTAS UNIONES DE PROFUNDIDAD, DEBEN LIMITARSE A ESPESORES DEL METAL BASE DE 16 mm. O MAYORES.</li> <li>• - (d) NO ES RECOMENDADA PARA UNIONES A TOPE EN LOS EXTREMOS DE TUBERIAS EN LAS TRAZAS PARA PUERTAS.</li> <li>• - LA DIMENSION DEL FILETE DE REFERENCIA EN LAS UNIONES EN 16° DE INCLINACION DEBEN SER: T=1.5, B=1.5, A=1.5, D=1.5, E=1.5, F=1.5, G=1.5, H=1.5.</li> </ul>	

### DETALLE DE FILETES

PARA SOLDADURA DE ARCO MANUAL CON ELECTRODO PROTEGIDO Y DE ARCO SUMERGIDO

 <p style="text-align: center;">"T" OBLICUA</p>	 <p style="text-align: center;">"T" OBLICUA</p>	 <p style="text-align: center;">FILETE EN UN CANTO</p>
<p>PARA DIMENSION MAXIMA DE SOLDADURA: T=1.5, B=1.5, A=1.5, D=1.5, E=1.5, F=1.5, G=1.5, H=1.5</p>		<p>PARA DIMENSION MAXIMA DE FILETE: T=1.5, B=1.5, A=1.5, D=1.5, E=1.5, F=1.5, G=1.5, H=1.5</p>

## ESPECIFICACIONES PARA JUNTAS SOLDADAS

## CLASIFICACION DE JUNTAS SOLDADAS (\*)

### 1.- TIPO DE JUNTA

- B.-UNION A TOPE.
- C.-UNION EN ESQUINA.
- T.-UNION EN "T" Y EN ESQUINA.
- BC.-UNION A TOPE Y EN ESQUINA.
- BTC.-UNION A TOPE, EN "T" Y EN ESQUINA.
- TC.-UNION EN "T" Y EN ESQUINA.

### 2.- ESPESOR DEL METAL Y EFICIENCIA

- L.-ESPESOR LIMITADO; PENETRACION COMPLETA.
- M.-ESPESOR NO-LIMITADO; PENETRACION COMPLETA.
- P.-PENETRACION PARCIAL.

### 3.- TIPO DE PREPARACION

- 1.- UNION RECTA
- 2.- UNION EN "V" SIMPLE.
- 3.- UNION EN "V" DOBLE.
- 4.- UNION CON BISEL SIMPLE.
- 5.- UNION CON BISEL DOBLE.

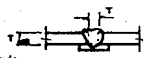
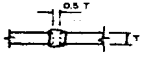
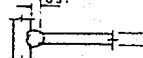
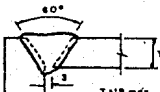
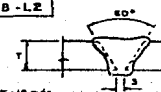

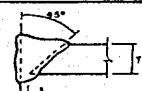

### 4.- PROCESO DE SOLDADURA (SOLO CUANDO NO SE USE SOLDADURA DE ARCO MANUAL CON ELECTRODO PROTEGIDO).

- 1.- USESE CUANDO SE REQUIERA SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO, CON PREPARACION DE UNION IGUAL A LAS DETALLADAS, PERO CON DIFERENTE PROCESO.

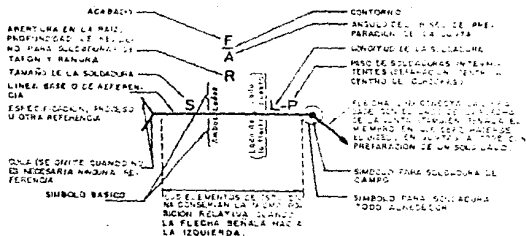
(\*) : ESTA CLASIFICACION ESTA TOMADA DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LA AMERICAN WELDING SOCIETY (A.W.S.).

### PENETRACION COMPLETA

UNIONES CON SOLDADURA DE ARCO MANUAL CON ELECTRODO PROTEGIDO, DE ESPESOR LIMITADO

<p><b>B-L1a</b></p>  <p>T=6més.</p> <p style="text-align: center;"><b>RECTA</b></p>	<p><b>B-L1b</b></p>  <p>T=6més.</p> <p style="text-align: center;">(a) <b>RECTA</b></p>	<p><b>TC-L1</b></p>  <p>T=6més.</p> <p style="text-align: center;">(a) <b>RECTA</b></p>
<p><b>C-L2</b></p>  <p>T=19més.</p> <p style="text-align: center;">(a) <b>"V" SIMPLE</b></p>	<p><b>B-L2</b></p>  <p>T=19més.</p> <p style="text-align: center;">(a) <b>"V" SIMPLE</b></p>	<p><b>B-L4</b></p>  <p>T=19més.</p> <p style="text-align: center;">(a) <b>BISEL SIMPLE</b></p>
<p><b>TC-L4a</b></p>  <p>T=19més.</p> <p style="text-align: center;">(a) <b>BISEL SIMPLE</b></p>	<p><b>TC-L4b</b></p>  <p>T=19més.</p> <p style="text-align: center;">(a) <b>BISEL SIMPLE</b></p>	<p><b>NOTAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a.- ADICCIONES EN MILIMETROS</li> <li>b.- (a) CALIBRAR LA RAZA POR EL LADO OPUESTO AL QUE VA A SOLDARSE</li> <li>c.- (b) PARA POSICION HORIZONTAL UNICAMENTE</li> <li>d.- LA DIMENSION "E", ETC. DE REFERIRSE EN LAS UNIONES EN "T" O ESQUINA, SEPA IGUAL A "A", CON UNOS O DOS 0</li> </ul>

## ESPECIFICACIONES PARA JUNTAS SOLDADAS



### COMPONENTES DE UN SIMBOLO DE SOLDADURA

SIMBOLOS BASICOS						SIMBOLOS COMPLEMENTARIOS				
Filete	TIPO DE PREPARACION PENETRACION, COMPLETA E INCOMPLETA					Tipos de Ranuras	Soldadura todo alrededor	Soldadura de campo	Construcción	
	Ninguna	Simple	En V	En U	En J				Recto	Curvado

### SOLDADURA SEGUN LA LOCALIZACION DEL SIMBOLO

							LADO DE LA FLECHA
							LADO OPUESTO DE LA FLECHA
							AMBOS LADOS

### USO DE LOS ELEMENTOS EN UNA SOLDADURA DE FILETE

6x13V LADOS DESIGUALES	5V LADOS IGUALES	5V LADOS IGUALES	5V LADOS IGUALES	253
TAMAÑO DE LA SOLDADURA				LONGITUD
TODO ALREDEDOR	INTERMITENTE			DE CAMPO

### DESCRIPCION DEL SIMBOLO DE SOLDADURA



SOLDADURA DE FILETE			
SOLDADURA DESEADA			
SIMBOLO			

PENETRACION COMPLETA			
SOLDADURA DESEADA			
SIMBOLO			

	PENETRACION COMPLETA	PENETRACION INCOMPLETA	PENET. Y FILETE COMBINADAS
SOLDADURA DESEADA			
SIMBOLO			

EJEMPLOS DE USO DE LOS  
SIMBOLOS DE SOLDADURA

## CAPITULO III

### ANALISIS Y DISEÑO

La descarga máxima por rueda se encuentra contenida en los catálogos de los fabricantes, pero en caso que no se tuviera este dato, se puede determinar de la siguiente forma:

#### 3.1- Descargas sobre la trabe carril debidas a cargas estaticas

$$P_1 = G_1 + W_2 + W_4 \text{ ----- ( 1 )}$$

$$P_2 = G_2 + W_3 + W_5 \text{ ----- ( 2 )}$$

donde:

$P_1$  — Fuerza total de izaje principal.

$P_2$  — Fuerza total de izaje secundario.

$G_1$  — Fuerza de izaje en el gancho principal.

$G_2$  — Fuerza de izaje en el gancho secundario.

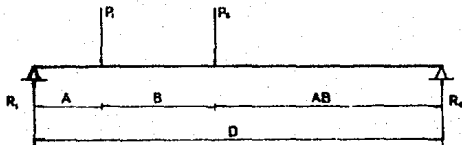
$W_2$  — Peso propio del carro principal.

$W_3$  — Peso propio del carro secundario.

$W_4$  — Peso propio del polipasto principal.

$W_5$  — Peso propio del polipasto secundario.

Reacciones considerando que el gancho principal se encuentra a la distancia mínima del eje de la trabe-carril.



$$\Sigma M_1 = 0 \quad P_1(A) + P_2(D - AB) - R_2(D) = 0$$

$$R_2 = \frac{P_1(A) + P_2(D - AB)}{D}$$

$$R_1 = P_1 + P_2 - R_2$$

$$\Sigma M_2 = 0 \quad -P_1(D - A) - P_2(AB) + R_1(D) = 0$$

$$R_1 = \frac{P_1(D - A) + P_2(AB)}{D}$$

$$R_2 = P_1 + P_2 - R_1$$

donde:

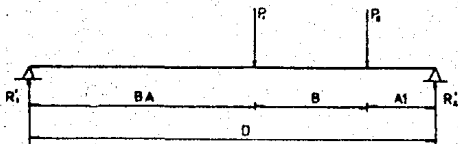
A — Distancia mínima entre el gancho principal y el eje de la trabe-carril.

B — Distancia mínima entre el gancho principal y el gancho secundario.

AB — Distancia máxima entre el gancho secundario y el eje de la trabe-carril.

D — Distancia entre ejes de traveses-carril.

Reacciones considerando que el gancho secundario se encuentre a la distancia mínima del eje de la trabe-carril.



$$\sum M_1 = 0 \quad P_1(BA) + P_2(D - A_1) - R_2'(D) = 0$$

$$R_2' = \frac{P_1(BA) + P_2(D - A_1)}{D}$$

$$R_1' = P_1 + P_2 - R_2'$$

$$\sum M_2 = 0 \quad -P_1(D - BA) - P_2(A_1) + R_1'(D) = 0$$

$$R_1' = \frac{P_1(D - BA) + P_2(A_1)}{D}$$

$$R_2' = P_1 + P_2 - R_1'$$

donde:

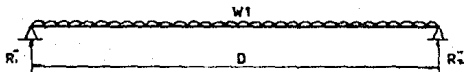
D — Distancia entre ejes de traveses-carril.

A<sub>1</sub> — Distancia mínima entre el gancho secundario y el eje de la traveses-carril.

B — Distancia mínima entre el gancho principal y el secundario.

BA — Distancia máxima entre el gancho principal y el eje de la traveses-carril.

Reacciones por peso propio de la traveses puente.



$$R_1'' = R_2'' = \frac{w_1 D}{2}$$

Reacción máxima por carga estática.

$$R_{max} = R_1 + R_2 \text{ ----- ( 6 )}$$

$$R_{max} = R_z' + R_z \text{ ----- ( 7 )}$$

Nota: Rige la mayor.

### 3.2 -Factores de carga para el diseño de traves-carril.

Impacto ( Carga Dinámica )

De acuerdo al manual IMCA (AISC) (punto 1.3.4), para traves de grúas viajeras, los porcentajes de impacto vertical se tomarán de acuerdo al tipo de servicio de la grúa.

Servicio	Impacto Vertical
A	10 %
B	10 - 15 %
C	15 - 25 %
D	25 %
E	25 - 50 %

Para efecto de este trabajo se tomará un porcentaje del 25% . Este porcentaje se aplicará a las cargas máximas en las ruedas sobre una trabe-carril.

Descarga máxima por rueda verticalmente:

$$P_v = \frac{1.25 R_{max}}{2} \text{ ----- ( 8 )}$$

Nota: 2 es el número de ruedas sobre la trabe-carril.

### Carga horizontal

De acuerdo con el manual IMCA (punto 1.3.4), hay una fuerza actuando lateral y horizontalmente sobre la cabeza de los rieles de la vía.

Dicha fuerza se produce por el movimiento del carro sobre la trabe puente. Esta fuerza lateral se aplicará al peso de la carga más el carro, distribuyéndose entre las dos traveses carril, en proporción de la regidez lateral de cada una.

Los porcentajes por carga horizontal se tomarán de acuerdo al tipo de servicio de la grúa.

Servicio	Carga horizontal
A	10 %
B	10 %
C	15 - 20 %
D	20 %
E	20 - 25 %

Para efecto de este trabajo y si no se especifica otra cosa, se tomará como el 20% de la suma de los pesos de izaje más el carro (considerar otras partes componentes de la grúa) la mitad de esta fuerza se considerará actuando sobre la cabeza de cada riel.

$$R_H = \frac{0.2(G_1 + G_2 + W_2 + W_3)}{2}$$

$$R_H = 0.1 (G_1 + G_2 + W_2 + W_3) \quad (9)$$

Descarga máxima por rueda horizontalmente:

$$P_H = \frac{R_H}{2} \text{ ----- (10)}$$

Carga longitudinal (Axial)

De acuerdo con el manual IMCA (AISC) ( punto 1.3.4 ) , los porcentajes por carga longitudinal se tomarán de acuerdo al tipo de servicio de la grúa.

Servicio	Carga longitudinal
A	5 %
B	5 %
C	5 - 10 %
D	10 %
E	10 - 25 %

Para efecto de este trabajo se tomará como el 10 % de las cargas máximas en las ruedas y se aplicará en la cabeza del riel.

$$P_L = 0.1 P_v \text{ ----- ( 11 )}$$

Notas:

- 1.- Se aplicarán los impactos mínimos a grúas operadas desde el piso.
- 2.- Se aplicarán los impactos máximos a grúas con electroimán o cucharón.

- 3.- Las grúas operadas desde el piso se considerarán como servicio C (como máximo), aunque su servicio sea para servicio mas intenso.
- 4.- Los porcentajes intermedios se escogerán en función de la velocidad del movimiento respectivo, siendo los valores bajos para velocidades lentas y los altos para velocidades rápidas, según la siguiente tabla.

Capacidad Ton	Velocidad (m/min)					
	izaje			carro		
	lento	mediano	rapido	lento	mediano	rapido
- 10	6	10	10	40	50	60
10 a 25	5	8	10	40	50	60
25 a 40	3	6	8	30	40	50
40 a 60	1.5	3	5	20	30	40
+ 60	1.5	2.5	3.5	15	25	35



### 3.3 Análisis

El tipo de análisis se asocia al método de diseño empleado, es este caso el diseño será por esfuerzos permisibles por lo cual se usarán esfuerzos de trabajo con cargas normales.

Para su análisis la trabe-carril se tomará como viga simplemente apoyada con una, dos o más cargas móviles y concentradas, según sea el caso.

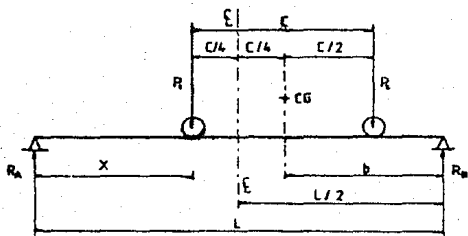
El manual del AISC, en la página 2-128, proporciona un método rápido para localizar la posición crítica de un sistema de cargas móviles, el cual se enuncia a continuación:

A) El máximo cortante debido a cargas concentradas en movimiento, ocurre en uno de los apoyos, cuando una de las cargas está sobre dicho apoyo.

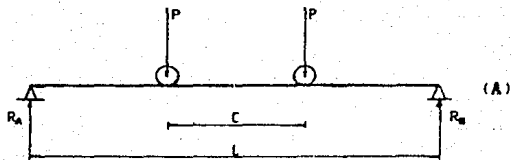
Con varias cargas móviles, la localización que produciría el cortante máximo será determinado por tanteos.

B) El máximo momento flexionante producido por cargas concentradas en movimiento, ocurre bajo una de las cargas, cuando está tan lejos de uno de los apoyos, como el centro de gravedad de todas las cargas en movimiento sobre la trabe lo están del otro apoyo. Es decir la distancia, entre la carga citada y la resultante de todas las cargas que se aplican a la trabe es bisectada por la línea del centro del claro.

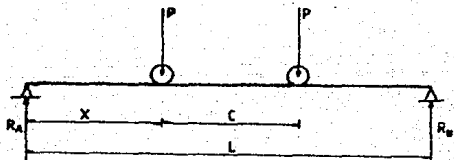
C) El máximo momento flexionante ocurre bajo la carga  $P_i$  cuando  $X = b$  (ver figura), observese que el centro del claro se encuentra a igual distancia de  $P_i$  y del centro de gravedad.



1) Viga simple con dos cargas iguales móviles y concentradas.



Caso 1 Si  $c < 0.586 L$  ; la viga (A) se analizará con dos cargas iguales, móviles y concentradas.



Como primer paso se procede a encontrar el punto donde el momento flexionante sea máximo.

Tomando momentos con respecto a (B)

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A(L) - P(L-X) - P(L-X-C) = 0$$

$$R_A = \frac{P(L-X) + P(L-X-C)}{L}$$

$$R_A = \frac{P}{L} (L-X+L-X-C)$$

$$R_A = \frac{P}{L} (2L-2X-C)$$

$$R_A = 2P - \frac{2PX}{L} - \frac{CP}{L}$$

Tomando suma de fuerzas, para encontrar  $R_B$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B - 2P = 0$$

$$R_B = 2P - R_A$$

$$R_B = 2P - \left( 2P - \frac{2PX}{L} - \frac{CP}{L} \right)$$

$$R_B = 2P - 2P + \frac{2PX}{L} + \frac{CP}{L}$$

$$R_B = \frac{P}{L} (2P + C)$$

Ahora con el valor de la reacción  $R_A$  se encuentra el punto donde el momento es máximo.

$$M = R_A (X)$$

$$M = \left( 2P - \frac{2PX}{L} - \frac{CP}{L} \right) (X)$$

$$M = 2PX - \frac{2PX^2}{L} - \frac{CPX}{L} \quad (**)$$

derivando con respecto a X e igualando con cero.

$$\frac{dM}{dx} = 2P - \frac{4PX}{L} - \frac{CP}{L} = 0$$

despejando a X 
$$X = \left( 2P - \frac{CP}{L} \right) \frac{L}{4P}$$

entonces el punto donde el momento es máximo es:

$$X = \frac{L}{2} - \frac{C}{4}$$

$$X = \frac{1}{2} \left( L - \frac{C}{2} \right)$$

sustituyendo en la ecuación de momentos (\*) anteriormente encontrada el valor de X, obtenemos la ecuación que nos da el valor máximo del momento (vertical u horizontal según sea el caso), debido a la carga móvil.

$$M = 2PX - \frac{2PX^2}{L} - \frac{CPX}{L}$$

$$M = PX \left( 2 - \frac{2X}{L} - \frac{C}{L} \right)$$

$$M = \frac{PX}{L} (2L - 2X - C)$$

$$M = \frac{P}{L} \left( \frac{L}{2} - \frac{C}{4} \right) (2L - 2 \left( \frac{L}{2} - \frac{C}{4} \right) - C)$$

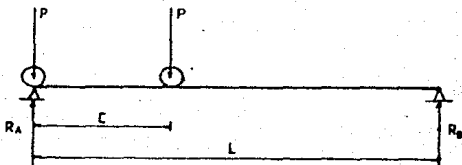
$$M = \frac{P}{2L} \left( L - \frac{C}{2} \right) \left( 2L - L + \frac{C}{2} - C \right)$$

$$M = \frac{P}{2L} \left( L - \frac{C}{2} \right) \left( L - \frac{C}{2} \right)$$

por lo tanto la ecuación para obtener el momento máximo es:

$$M = \frac{P}{2L} \left( L - \frac{C}{2} \right)^2$$

Para la reacción máxima en el apoyo tenemos que la posición mas desfavorable es la siguiente:



Tomando momentos con respecto a (A).

$$\Sigma M_A = 0 \quad - R_B(L) + P(C) = 0$$

$$R_B = \frac{CP}{L} \quad (\text{Reacción mínima})$$

Tomando suma de fuerzas para encontrar  $R_A$ .

$$\Sigma F_y = 0 \quad R_B + R_A - 2P = 0$$

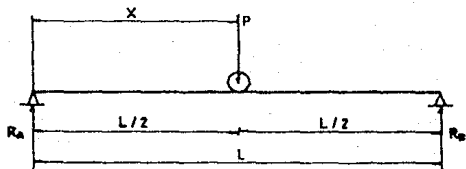
$$R_A = 2P - R_B$$

$$R_A = 2P - \frac{CP}{L}$$

Por lo tanto la ecuación que nos da el valor de la reacción máxima (cortante máximo), en  $X = 0$  es:

$$R_A = P \left( 2 - \frac{C}{L} \right)$$

Caso 2 - Si  $C > 0.586 L$  ; La viga (A) se transforma a una viga simplemente apoyada con una carga móvil aplicada en el centro del claro, (ver figura).



Como se ve en la figura tenemos que el momento flexionante máximo es producido cuando la carga móvil se encuentra en el centro del claro.

Tomando suma de momentos con respecto a (A).

$$\begin{aligned} \Sigma M_A = 0 & & R_B(L) - P\left(\frac{L}{2}\right) &= 0 \\ R_B &= \frac{PL}{2L} = \frac{P}{2} \end{aligned}$$

Tomando suma de fuerzas para obtener  $R_A$ .

$$\begin{aligned} \Sigma F_y = 0 & & R_A + R_B - P &= 0 \\ R_A &= P - R_B \\ R_A &= P - \frac{P}{2} = \frac{P}{2} \end{aligned}$$

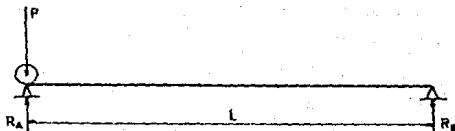
Con el valor de la reacción  $R_A$  obtenemos la ecuación del momento máximo.

$$M = R_A (X)$$

$$M = \frac{P}{2} \left( \frac{L}{2} \right) = \frac{PL}{4}$$

siendo esta la ecuación para obtener el momento flexionante máximo para una carga móvil en el centro del claro.

Para la reacción máxima en el apoyo tenemos que la posición mas desfavorable es la siguiente:



Como se observa en la figura tenemos que la reacción máxima es producida cuando la carga móvil se encuentra sobre el apoyo. Por lo tanto la ecuación que nos da el valor de la reacción máxima (cortante máximo), en  $X = 0$  es:

$$R = V = P$$

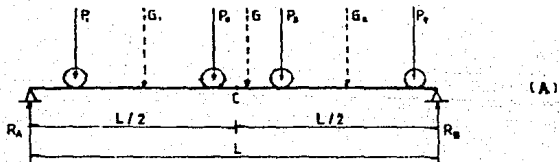
II) Viga simple con mas de dos cargas iguales,móviles y concentradas.

Esto es si en los datos que proporciona el fabricante, indica que el puente tiene mas de dos ruedas en cada extremo ó si sobre la trabe-carril van ha circular dos o mas puentes.

Debido a que las cargas  $P$  no son estáticas,sino que se desplazan a lo largo de las traves-carril es necesario determinar la posición mas desfavorable de estas. Para su analisis se utilizara el metodo de las lineas de influencia.

a) Obtención del momento máximo flexionante.

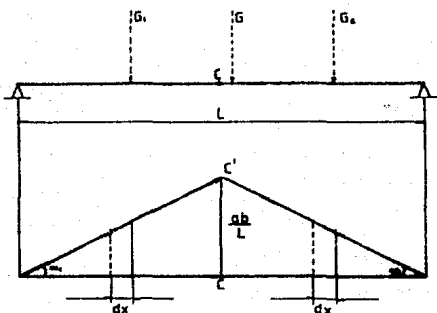
Sea una viga simplemente apoyada sujeta a varias cargas moviles (ver figura A).



Donde  $G_1$  y  $G_2$  son las sumas de las cargas colocadas a la izquierda y derecha de la sección considerada (en este caso el punto  $C$ ).

Suponiendo que las cargas se desplazan una cantidad  $dx$  entonces el momento sufrira un incremento (ver figura B).





(B)

cuya expresión es:

$$dM = -G_1 dx \tan \alpha_1 + G_2 dx \tan \alpha_2 = 0$$

derivando:

$$\frac{dM}{dx} = G_2 \tan \alpha_2 - G_1 \tan \alpha_1 \quad (a)$$

de la figura B

$$\tan \alpha_1 = \frac{cc'}{b} \quad ; \quad \tan \alpha_2 = \frac{cc'}{a}$$

ademas  $cc' = \frac{ab}{L}$  ; sustituyendo en (a) tenemos:

$$\frac{dM}{dx} = G_2 \frac{a}{L} - G_1 \frac{b}{L} \quad (b)$$

para que el momento sea máximo  $\frac{dM}{dx} = 0$

tenemos que:  $\frac{a}{L} G_2 - \frac{b}{L} G_1 = 0$

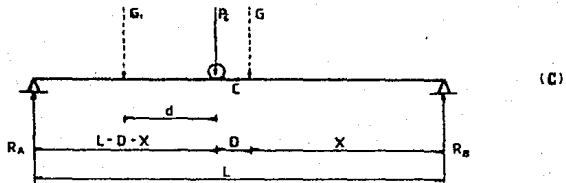
por lo tanto

$$\frac{G_1}{a} = \frac{G_2}{b} = \frac{G}{L} \quad (c)$$

Esta ecuación es la condición que se debe satisfacer para obtener en una sección dada de la viga el momento flexionante máximo

Para determinar la posición donde ocurre el momento flexionante máximo partimos de lo siguiente:

Supongase que se desea calcular el momento en la sección c mostrada en la figura C.



Si la resultante de todas las cargas cae a la derecha de la sección en análisis (c), entonces:

$$\sum M_B = L(R_A) - G(X) = 0 \quad R_A = \frac{G(X)}{L}$$

$$\sum M_c = R_A (L - D - X) - G_1 (d)$$

$$\sum M_c = \frac{GX}{L} (L - D - X) - G_1 (d)$$

derivando:  $\frac{dM_c}{dx} = G - \frac{GD}{L} - \frac{2GX}{L}$

si  $\frac{dM_c}{dx} = 0$  y despejando X se tiene:

$$x = \frac{L}{2} \left( 1 - \frac{D}{L} \right) \quad (d)$$

donde: D distancia entre el centro de la viga y la resultante total.

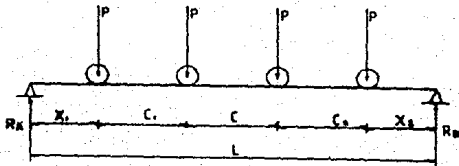
Esta ecuación nos establece que la carga bajo la cual se produce el momento flexionante máximo deberá estar colocada a igual distancia del centro de la viga que la resultante (G) de todas las cargas.

En conclusión, con la ecuación (d), se puede determinar con relativa facilidad, la posición de las cargas que nos producen el momento máximo en una sección cualquiera y la posición de las cargas para producir el momento máximo maximorum de la viga.

El momento máximo maximorum no siempre se produce en el centro de la viga excepto cuando la carga es simétrica.

b) Obtención de la reacción máxima (Cortante máximo).

Con varias cargas móviles, la localización que produciría el cortante máximo será determinado por tanteos.



Tomando momentos con respecto a (A).

$$\sum M_A = 0$$

$$P (X_1 + X_1 + C_1 + X_1 + C_1 + C + X_1 + C_1 + C + C_2) - R_B(L) = 0$$

por lo tanto las reacciones máximas se calculan con las relaciones siguientes:

$$R_B = \frac{P (4X_1 + 3C_1 + 2C + C_2)}{L}$$

$$R_A = 4P - R_B$$

donde :

$X_1$  es la distancia del apoyo A al punto donde se encuentra la primera carga.

$C_1, C, C_2$  distancias entre ruedas sobre la trabe-carril.

**Momentos y Reacciones de Diseño**

El momento de diseño de la trabe-carril sera la suma del momento maximo ( $M_{max}$ ), obtenido mas un momento debido al peso propio ( $M_{pp}$ ), de la trabe-carril.

Dicho peso propio ( $W$ ), se supondra entre 125 y 250 Kg/m o de acuerdo con la experiencia del analista y en función de las descargas sobre la trabe-carril.

$$M_{pp} = \frac{W L^2}{8} \text{ ----- ( 12 )}$$

$$M_{DISV} = M_{max} v + M_{pp} \text{ ----- ( 13 )}$$

$$M_{DISH} = M_{max} H \text{ ----- ( 14 )}$$

La reacción de diseño de la trabe-carril sera la suma de la reacción máxima ( $R_{max}$ ), obtenida mas la reacción debida al peso propio ( $R_{pp}$ ) de la trabe-carril.

$$R_{pp} = \frac{WL}{2}$$

$$R_{DISV} = R_{MAX} v + R_{pp}$$

$$R_{DISH} = R_{MAX} H$$

### 3.4 Diseño

Se diseñara bajo el criterio de esfuerzos permisibles.

Esfuerzo Permissible a Flexión.

El esfuerzo permisible a flexión será el mayor de los valores calculados con las ecuaciones, (3.1-a), (3.1-b), ó, (3.2), pero sin exeder de  $0.6 F_y$ .

cuando: 
$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{F_y}} \leq \frac{L}{r_T} \leq \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 C_b}{F_y}}$$

aplicar:

$$F_b = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y \left[ \frac{L}{r_T} \right]^2}{1080 \times 10^5 C_b} \right] \text{----- (3.1-a)}$$

si

$$\sqrt{\frac{3590 \times 10^4 C_b}{F_y}} \leq \frac{L}{r_T}$$

aplicar:

$$F_b = \frac{120 \times 10^4 C_b}{\left[ \frac{L}{r_T} \right]^2} \text{----- (3.1-b)}$$

Cuando el patin comprimido es macizo, de forma aproximadamente rectangular, y de área no menor que la del patin en tensión, usar:

$$F_b = \frac{844 \times 10^3 C_b}{\frac{L D_r}{A_f}} \text{----- (3.2)}$$

donde:

L — Longitud no soportada del patin en compresión.

A<sub>r</sub> — Area del patin en compresión.

C<sub>b</sub> — 1.0 (se puede tomar este valor conservadoramente)

r<sub>t</sub> — Radio de giro con respecto al eje en el plano del alma, del area, del patin en compresión mas 1/3 de la altura del alma.

F<sub>y</sub> — Límite de fluencia del material.

D<sub>r</sub> — Peralte de la viga.

Reducción del Esfuerzo en el Patin de Compresión

Cuando la relación  $\frac{hw}{tw} > \frac{6370}{\sqrt{F_b}}$  se cumpla, el esfuerzo

máximo en el patin de compresion no deberá exeder de:

$$F'_b \leq F_b \left[ 1 - 0.0005 \frac{A_v}{A_r} \left[ \frac{h_v}{t_v} - \frac{6370}{\sqrt{F_b}} \right] \right] \quad (3.3)$$

siendo:

h<sub>v</sub> — Altura del alma.

t<sub>v</sub> — Espesor del alma.

A<sub>v</sub> — Area del alma.

A<sub>r</sub> — Area del patin en compresión.

F<sub>b</sub> — Esfuerzo de flexión calculado con la ecuación (3.1-a), (3.1-b) ó (3.2).

F'<sub>b</sub> — Esfuerzo a flexión máximo en el patin.

### Esfuerzo Permisible de Cortante

El cortante actuante en el alma  $f_v = \frac{V_{max}}{A_w}$  no deberá exceder el valor dado por las fórmulas (3.4), o, (3.5).

$$F_v = \frac{F_y}{2.89} \left[ C_v + \frac{1 - C_v}{\sqrt{1 + \left[ \frac{a}{h_v} \right]^2}} \right] \leq 0.40 F_y \quad (3.4)$$

$$F_v = \frac{F_y}{2.89} C_v \leq 0.40 F_y \quad (3.5)$$

donde:

a - distancia libre entre atiesadores.

h<sub>v</sub> - Altura del alma.

F<sub>y</sub> - Esfuerzo cortante permisible.

t<sub>v</sub> - Espesor del alma.

C<sub>v</sub> - Cociente entre el esfuerzo crítico del alma, conforme a la teoría lineal de pandeo y el esfuerzo de fluencia del alma.

$$C_v = \frac{3160000 K}{F_y \left[ \frac{h_v}{t_w} \right]^2} ; \text{ cuando } C_{v1} \leq 0.8 \quad C_v = C_{v1}$$

$$C_v = \frac{1590}{\left[ \frac{h_v}{t_w} \right]} \sqrt{\frac{K}{F_y}} ; \text{ cuando } C_{v2} > 0.8 \quad C_v = C_{v2}$$



$$K = 4.00 + \frac{5.34}{\left[ \frac{a}{hv} \right]^2} ; \quad \text{cuando} \quad \frac{a}{hv} \leq 1.0$$

$$K = 5.34 + \frac{4.00}{\left[ \frac{a}{hv} \right]^2} ; \quad \text{cuando} \quad \frac{a}{hv} > 1.0$$

Si  $C_v < 1.0$ , usar la ecuación (3.4)

Si  $C_v > 1.0$ , o cuando los atiesadores se omiten, usar la ecuación (3.5).

Cuando la relación  $\frac{a}{nw} > 3$ , este valor debe tomarse como infinito, en cuyo caso la ecuación (3.4), se reduce a la ecuación (3.5), con  $K = 5.34$ , (Manual Monterrey pagina 31).

#### Atiesadores (Refuerzo del Alma)

Si se cumple la relación  $(hv/tv) < 260$ , y el esfuerzo máximo al corte ( $f_v$ ), en el alma es menor o igual que el esfuerzo permisible calculado con la ecuación (3.5), no se requieren atiesadores intermedios.

#### Atiesadores Intermedios.

Si  $(hv/tv) > 260$ , se requieran atiesadores, la separación entre estos, será tal que  $f_v = \frac{V_{max}}{A_v}$  ecuación (3.4), ó (3.5), según se aplique.

La dimensión mínima del tablero "a" ó "hv" no excedera  $260 tv$ , ni la relación:

$$\frac{a}{hv} \leq \left[ \frac{260}{\left[ \frac{hv}{tv} \right]} \right]^2 ; \quad \text{ni de } 3.0 \quad (3.6)$$

En traves diseñadas con la ecuación (3.4), la separación entre atiesadores que limitan los tableros extremos, o tableros contiguos a agujeros de grandes dimensiones, debe ser tal que el esfuerzo cortante medio en el alma  $f_v = \frac{V_{max}}{Av}$  en esos tableros, no exeda el valor calculado con la ecuación (3.5). este requisito no es necesario cuando las secciones extremas del alma estan ligadas directamente a una columna u otro elemento de rigidez adecuada.

Los atiesadores intermedios pueden colocarse por pares, a uno y otro lado del alma, o pueden alternarse en lados opuestos de la misma.

Las dimensiones de la sección transversal de los atiesadores intermedios espaciados de acuerdo con la ecuación (3.4), deben ser tales que cumplan con las siguientes dos condiciones:

A)

$$A_{st} = \frac{1 - C_v}{2} \left[ \frac{a}{h_v} - \frac{\left( \frac{a}{h_v} \right)^2}{\sqrt{1 - \left( \frac{a}{h_v} \right)^2}} \right] \quad Y D h_v t_v \quad (3.7)$$

donde:

$A_{st}$  — Area total de cada atiesador o par de atiesadores intermedios Puede reducirse proporcionalmente a la fuerza cortante (V), cuando esta sea menor que la resistencia calculada con la ecuación (3.4).

$C_v$  — Cociente entre el esfuerzo critico del alma, conforme a la teoria lineal del pandeo, y el esfuerzo de fluencia en cortante del material del alma.

a — Distancia libre entre atiesadores.

h<sub>v</sub> — Altura del alma.

t<sub>v</sub> — Espesor del alma.

$$T = \begin{cases} 1.0 & \text{atiesadores colocados en pares.} \\ 1.8 & \text{atiesadores formados por un solo angulo.} \\ 2.4 & \text{atiesadores formados por una sola placa.} \end{cases}$$

Y — Cociente entre el esfuerzo de fluencia del acero del alma y el esfuerzo de fluencia del acero del atiesador

- B) El momento de inercia de cada atiesador sencillo ó par , con respecto al plano del alma , debe ser igual o mayor que:

$$\left[ \frac{h_v}{50} \right]^4 \quad (3.8)$$

no es necesario que los atiesadores intermedios lleguen hasta el patín de tensión , excepto en los casos en que se necesite un apoyo directo para transmitir una carga concentrada ó reacción de no ser así pueden cortarse a una distancia del patín de tensión no mayor de 4 veces el espesor del alma (t<sub>v</sub>). Cuando se emplean atiesadores de un solo lado del alma deben ligarse al patín de compresión.

Si se conecta cotraventeo lateral en un atiesador ó par de atiesadores , la unión entre ellos y el patín de compresión deben ser capaces de transmitir el 1 % de la fuerza total en el patín.

Los atiesadores intermedios deben conectarse al alma de manera que sean capaces de transmitir una fuerza (Kg/cm lineal), a cada atiesador o par de atiesadores no menor de:

$$fva = hv \sqrt{\left(\frac{Fy}{1400}\right)^2} \quad (3.9)$$

donde:

$fva$  — Fuerza cortante entre el alma de la viga y los atiesadores transversales.

$Fy$  — Esfuerzo de fluencia en el acero del alma.

$hv$  — Altura del alma.

Esta fuerza puede reducirse en la misma proporción que el área de atiesadores cuando el esfuerzo cortante ( $f_v$ ), mayor de los existentes en los dos tableros situados a uno y otro lado del atiesador en estudio, es menor que el calculado con la ecuación (3.4).

Los elementos de liga (tornillos, ó, soldadura), de atiesadores intermedios y el alma de la trabe que transmiten una carga concentrada o reacción, deben tener como capacidad mínima la correspondiente a esa carga o reacción.

**Esfuerzos de Tensión y Corte Combinados.**

Las almas de trabes armadas que se hayan diseñado con la ecuación (3.4), deberán dimensionarse de tal manera que el esfuerzo flexionante de tensión, debido al momento en el plano del alma no sean mayores de  $0.6 Fy$ , ni de:

$$\left( 0.825 - 0.375 \frac{f_v}{F_v} \right) F_v \quad (3.10)$$

donde :

$F_v$  — Esfuerzo permisible en el alma , según ecuaciones (3.4) , 6 , (3.5).

$f_v$  — Esfuerzo cortante promedio en el alma (fuerza cortante total dividida entre el área del alma).

Aplastamiento (Arrugamiento), del Alma.

En los apoyos y en las secciones donde existan cargas concentradas debera revisarse que el esfuerzo de compresión en el alma de vigas laminadas o traveses armados no atiesadas no exeda el valor de  $0.75 F_v$  :

A) Para cargas exteriores y apoyos intermedios (carga central).

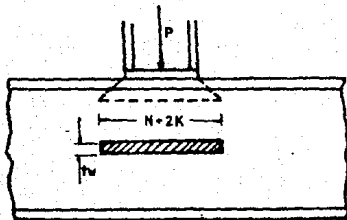
$$\frac{P_v}{t_w (N + 2K)} \leq 0.75 F_v \quad (3.11)$$

donde :

$N$  =  $d'$  (longitud de apoyo).

$P_v$  = Descarga máxima vertical.

$K$  = Peralte del riel ( $d'$ ) +  $t_f$  + dim. filete.



B) Para reacciones extremas (apoyos).

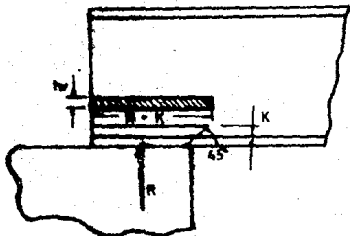
$$\frac{R_{max}}{t_v (N + K)} \leq 0.75 F_y \quad (3.12)$$

donde :

$$N = d'$$

$$K = t_f + \text{dim. filete.}$$

$R_{max}$  = Reacción máxima.



Si no se cumplen las condiciones anteriores debe aumentarse la longitud de apoyo ; repartirse la carga exterior en una zona mas amplia , o colocarse atiesadores.

Las almas de las travesaños armadas se deben también dimensionar o atiesar de manera que la suma de los esfuerzos de compresión ocasionados en el borde del alma por cargas concentradas y distribuidas , aplicadas directamente sobre el patín y que no estén soportadas directamente por atiesadores , no exceda los siguientes valores :

1) Cuando el patín esta arriostrado contra rotaciones.

$$\left[ 5.5 + \frac{4}{\left( \frac{a}{h_v} \right)^2} \right] \frac{703000}{\left( \frac{h_v}{t_v} \right)^2} \quad (3.13)$$

2) Cuando no esta impedida la rotacion del patin.

$$\left[ 2.0 + \frac{4}{\left( \frac{a}{hv} \right)^2} \right] \frac{703000}{\left( \frac{hv}{tv} \right)^2} \quad (3.14)$$

Estos esfuerzos deben calcularse como sigue :

Las cargas concentradas, en Kg, sobre un tramo de la longitud de un tablero se dividen entre el producto del espesor del alma por la menor de las dimensiones del tablero , ya sea esta la separación entre atiesadores (a), ó, la altura del alma (hv). Las cargas uniformemente distribuidas , en Kg/cm lineal , se divide entre el espesor del alma.

### 3.9 Ejemplo

Datos requeridos para el análisis y diseño de las traves-carril.

Tipo de grúa : Antichispa de 35 Ton. X 8.64 m de claro.  
Fabricante : Campos Hermanos.  
No de gruas : 1 con un gancho.  
No de puentes : 1

Tipo de servicio de la(s) grua(s) : Clase "C".  
(A)Mantenimiento (C)Mediano (E)Cíclico  
(B)Ligero (D)Pesado

Capacidad de la(s) grua(s):

Fuerza de izaje en el gancho principal	G <sub>1</sub> =	35000	Kg
Fuerza de izaje en el gancho secundario	G <sub>2</sub> =	0	Kg

Peso de la grua-puente:

Peso propio de la trabe-puente	W <sub>1</sub> =	6500	Kg
Peso propio del carro principal	W <sub>2</sub> =	6500	Kg
Peso propio del carro secundario	W <sub>3</sub> =	0	Kg
Peso propio del polipasto principal	W <sub>4</sub> =	0	Kg
Peso propio del polipasto secundario	W <sub>5</sub> =	0	Kg

Dimensiones en la trabe-puente:

Distancia mínima entre el gancho principal y la trabe-carril	A =	109.40	cm
Distancia mínima entre el gancho secundario y la trabe-carril	A <sub>1</sub> =	139.20	cm
Distancia máxima entre ganchos	B =	0	cm
Distancia entre ejes de traves-carril	D =	864.00	cm
Numero de ruedas sobre la trabe-carril	NR=	2	
Distancia entre ruedas sobre la trabe carril	C =	633.00	cm
Longitud de trabe-carril	L =	800.00	cm
Peso propio de la trabe-carril ( 1.25 a 5.0 kg/cm )	W =	4.5	Kg/cm

Nota: El peso propio del carro puede tomarse aproximadamente como el 25% del peso propio de la trabe-puente.

Observaciones: Dentro del peso propio del carro se incluye el peso propio del polipasto.



A Análisis estructural de la trabe-carril.

A.1 Análisis de cargas

Para poder iniciar el análisis estructural de las traveses-carril, es necesario determinar primero las cargas que le son transmitidas por la trabe-puente.

A.1.1 Descargas sobre la trabe-carril debidas a cargas estáticas.

Los valores de las cargas principales que van a actuar sobre la trabe-carril son:

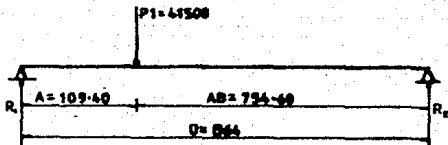
Fuerza de izaje en el gancho principal;  $G_1 = 35000$  Kg  
Peso propio del carro principal;  $W_z = 6500$  Kg

A.1.2 Cálculo de la fuerza total de izaje ( $P_1$ ).

$$P_1 = G_1 + W_z = 35000 + 6500 = 41500 \text{ Kg}$$

La carga máxima de la grua, que actúa sobre la trabe-carril se presenta cuando el carro está localizado en el acercamiento máximo a dicha trabe.

A.1.3 Cálculo de las reacciones considerando que el gancho se encuentra a la distancia mínima del eje de la trabe-carril izquierda, se tiene.



mediante la ecuación de equilibrio estático de la suma de momentos producidos por las fuerzas actuantes y reacciones, respecto a un punto cualquiera, obtenemos una de las reacciones.

$$\Sigma M_x = 0 ; P_1(A) - R_z(D) = 0$$

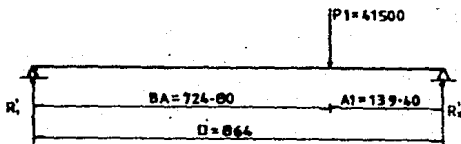
$$R_z = \frac{P_1(A)}{D} = \frac{(41500)(109.4)}{864} = 5254.75 \text{ Kg}$$

Ahora aplicando otra ecuación de equilibrio, pero de fuerzas verticales, determinamos la reacción que falta.

$$\Sigma F_y = 0 ; R_1 - P_1 + R_z = 0$$

$$R_1 = P_1 - R_z = 41500 - 5254.75 = 36245.25 \text{ Kg}$$

A.1.4 Cálculo de las reacciones considerando que el gancho se encuentra a la distancia mínima del eje de la trabe-carril derecha, se tiene:



Utilizando de nuevo la ecuación de equilibrio estático de la suma de momentos producidos por las fuerzas actuantes y reacciones, respecto a un punto cualquiera, obtenemos una de las reacciones.

$$\Sigma M_x = 0 ; P_1(A) - R_2'(D) = 0$$

$$R_2' = \frac{P_1(BA)}{D} = \frac{(41500)(724.8)}{864} = 34813.89 \text{ Kg}$$

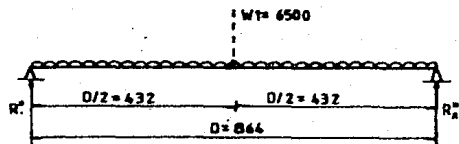
Aplicando ahora otra ecuación de equilibrio, pero de fuerzas verticales determinamos la reacción que falta.

$$\sum F_y = 0 ; R'_1 - P_1 + R'_2 = 0$$

$$R'_1 = P_1 - R'_2 = 41500 - 34813.89 = 6686.11 \text{ Kg}$$

El peso propio de la trabe-puente se distribuye en ambas traves-carril sobre las que se apoya.

A.1.5 Cálculo de las reacciones por peso propio de la trabe-puente, se tiene:



Dado que el peso de la trabe-puente se distribuye en ambas traves-carril, el peso ( $W_1$ ) será dividido entre los dos apoyos, se tiene:

Aplicando la ecuación de equilibrio estático de la suma de momentos producidas por las fuerzas actuantes y reacciones, respecto a un punto cualquiera, obtenemos una de las reacciones.

$$\sum M_i = 0 ; W_1(D/2) - R''_2(D) = 0$$

$$R''_2 = \frac{W_1(D)}{2D} = \frac{W_1}{2} = \frac{6500}{2} = 3250 \text{ Kg}$$

Usando ahora la ecuación de equilibrio, pero de fuerzas verticales determinamos la reacción que falta.

$$\sum F_y = 0 ; R''_1 - W_1 + R''_2 = 0$$

$$R''_1 = W_1 - R''_2 = 6500 - 3250 = 3250 \text{ kg}$$

Contando con los datos obtenidos, procedemos a obtener la descarga máxima por carga estática.

#### A.1.6 Cálculo de la descarga máxima por carga estática

$$R_{\max} = R'_1 + R''_1 = 36245.25 + 3250 = 39495.25 \text{ kg}$$

$$R_{\max} = R'_2 + R''_2 = 34813.89 + 3250 = 38063.89 \text{ kg}$$

como rige la mayor tenemos que la reacción por carga estática vertical sobre la trabe-carril será:

$$R_{\max} = 39495.25 \text{ kg}$$

## A.2 Factores de carga.

De acuerdo con el manual IMCA (AISC) (punto 1.3.4), los factores de carga se tomarán de acuerdo al tipo de servicio de la grúa.

### A.2.1 Cálculo de la carga vertical ( $P_v$ ) (descarga máxima vertical por rueda).

Para una grúa de servicio C se incrementará en un 25% debido al impacto la reacción máxima por carga vertical.

El fabricante nos ha indicado que el puente tiene 2 ruedas en cada extremo, así que la carga total es repartida en dichas ruedas, por lo tanto la descarga máxima vertical por rueda será:

$$P_v = \frac{1.25 R_{max}}{NR} = \frac{1.25(39495.25)}{2} = 24684.53 \text{ Kg.}$$

### A.2.2 Cálculo de la carga horizontal ( $P_H$ ) (descarga máxima horizontal por rueda)

Esta carga es producida por el movimiento del carro sobre la trabe-puente. Para una grúa de servicio C el porcentaje por carga horizontal que se deberá de aplicar será del 20% de la suma de los pesos de izaje (carga viva) + el peso propio del carro.

$$P_H = \frac{0.2(G_1 + W_z)}{2} = 0.1(35000 + 6500) = 4150 \text{ Kg}$$

Dado que el puente tiene 2 ruedas en cada extremo, la carga horizontal total es repartida en dichas ruedas, por lo tanto la descarga máxima horizontal por rueda será:

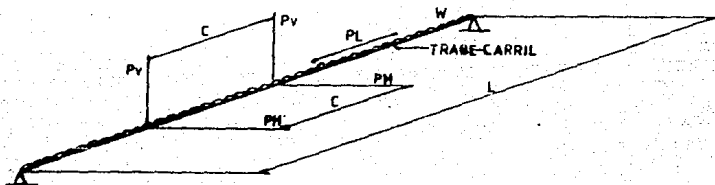
$$P_H = \frac{R_H}{2} = \frac{4150}{2} = 2075 \text{ Kg}$$

### A.2.3 Cálculo de la carga longitudinal (PL) (descarga máxima longitudinal).

Para una grúa de servicio C la descarga longitudinal se considera como el 10% de las descargas máximas verticales en las ruedas. Por lo tanto la descarga máxima longitudinal será:

$$P_L = 0.1 P_v = 0.1(24684.53) = 2468.45 \text{ Kg}$$

Por lo tanto las cargas que son transmitidas por la trabe-puente a la trabe-carril quedan representadas de la siguiente manera:



Descarga máxima vertical por rueda	$P_v = 24684.53 \text{ Kg}$
Descarga máxima horizontal por rueda	$P_H = 2075.00 \text{ Kg}$
Descarga máxima longitudinal	$P_L = 2468.45 \text{ Kg}$
Peso propio de la trabe-carril	$W = 4.5 \text{ Kg/cm}$
Longitud de la trabe-carril	$L = 800.00 \text{ cm}$
Distancia entre ruedas sobre la Trabe-carril	$C = 633.00 \text{ cm}$

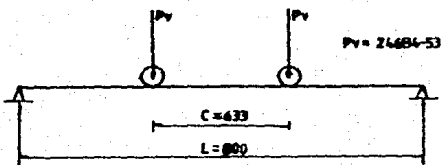
#### A.3 Análisis de la trabe-carril

Para su análisis la trabe-carril se tomará como simplemente apoyada, en este caso con dos cargas móviles y concentradas, siendo necesario, determinar la posición más desfavorable de las cargas móviles y concentradas sobre la trabe-carril.

Para esto el manual AISC (página 2-128), presenta el siguiente criterio.

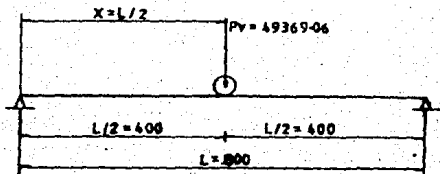
Si  $C < 0.586 L$  La viga se analizará con dos cargas, iguales, móviles y concentradas.

Si  $C > 0.586 L$  La viga se analizará con una carga móvil aplicada en el centro del claro.



$$0.586 L = 0.586(800) = 468.80 < C = 633$$

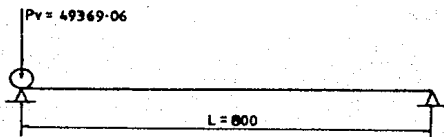
Por lo tanto la trabe-carril se analizará como viga simple con carga aplicada en el centro del claro.



### A.3.1 Cálculo de los elementos necesarios debidos a las cargas verticales.

De la figura podemos observar que el momento flexionante máximo es producido cuando la carga móvil se encuentra en el centro del claro ( $X=L/2$ ), se tiene que:

$$M_{\max v} = \frac{P_v L}{4} = \frac{(49369.06)(800)}{4} = 9873812.00 \text{ Kg}$$



también se puede observar que si la carga móvil se encuentra sobre un apoyo ( $X=0$ ), se producirá la reacción máxima, se tiene que:

$$V_{\max v} = R_{\max v} = P_v = 49369.06 \text{ Kg}$$

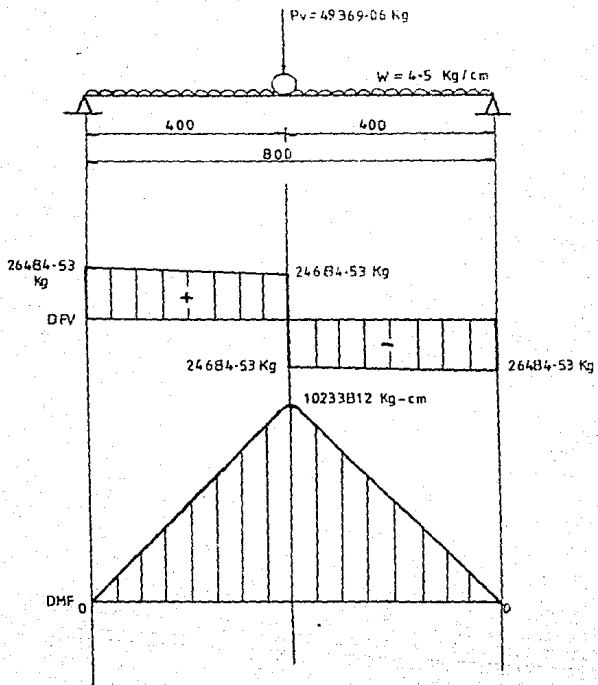
### A.3.2 Cálculo de los elementos mecánicos debidos a las cargas horizontales.

El cálculo de los elementos mecánicos debidos a cargas horizontales se realiza de la misma manera con que se obtuvieron los elementos mecánicos para las cargas verticales, se tiene que:

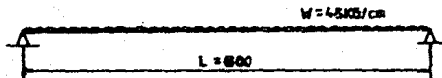
$$M_{\max H} = \frac{P_H L}{4} = \frac{(4150)(800)}{4} = 830000 \text{ Kg-cm}$$

$$R_{\max H} = V_{\max H} = P_H = 4150 \text{ Kg}$$





A.3.3 Cálculo de los elementos debidos al peso propio de la trabe-carril.



De la figura tenemos que el momento flexionante y la reacción debidos al peso propio de la trabe-carril son los siguientes

$$M_{pp} = \frac{W L^2}{8} = \frac{(4.5)(800)^2}{8} = 360000 \text{ Kg-cm}$$

$$R_{ppA} = R_{ppB} = \frac{W L}{2} = \frac{(4.5)(800)}{2} = 1800 \text{ Kg}$$

A.3.4 Cálculo de los elementos mecánicos de diseño

Verticales:

$$R_{oiv} = R_{maxv} + R_{pp} = 49369.60 + 1800 = 51169.6 \text{ Kg}$$

$$M_{oiv} = M_{maxv} + M_{pp} = 9873812 + 360000 = 10233812 \text{ Kg-cm}$$

Horizontales:

$$R_{oih} = R_{maxh} = 4150 \text{ Kg}$$

$$M_{oih} = M_{maxh} = 830000 \text{ Kg-cm}$$

B Diseño estructural de la trabe-carril

B.1 Dimensionamiento preliminar de la sección.

Se calcula el peralte (d) que es aproximadamente  $\frac{1}{10}$  del claro.

$$d = \frac{L}{10} = \frac{800}{10} = 80 \text{ cm}$$

Nota: En ocasiones, el peralte se ve limitado por requerimientos arquitectónicos o funcionales.

B.1.1 Patines

B.1.1a Se diseñara la sección al centro del claro, donde se localiza el máximo momento flexionante vertical:

$$M_{bivv} = 10233812 \text{ Kg-cm}$$

$$M = A_f d F_b \quad A_f = \frac{M_{bivv}}{F_b(d)} = \frac{10233812}{0.6(2530)(80)} = 84.271 \text{ cm}^2$$

por lo tanto tenemos que el área del patín es:

$$A_f = 84.271 \text{ cm}^2$$

Ahora bien, si se propone una placa cuyo espesor sea:

$t_f = 2.54 \text{ cm}$  se puede definir el ancho del patín.

$$A_f = t_f b_f \quad b_f = \frac{A_f}{t_f} = \frac{84.271}{2.54} = 33.18 \text{ cm}$$

que consideraremos como  $b_f = 35 \text{ cm}$

B.1.1b Los patines estarán restringidos por ciertas condiciones, la primera de ellas es contra el pandeo local.

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{800}{\sqrt{F_y}} = \frac{800}{\sqrt{2530}} = 15.90 \approx 16$$

(4.9.1.2)

B.1.1c La segunda debe satisfacer la siguiente restricción:

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{545}{\sqrt{F_y}} = \frac{545}{\sqrt{2530}} = 10.84 \approx 11 \quad (4.5.1.4.1.2)$$

B.1.1.d Concluyendo que la sección es adecuada, dado que si satisface las restricciones:

$$\frac{bf}{2tr} = \frac{35}{2(2.54)} = 6.889 \leq \begin{cases} 16 & (1.0.1.2) \\ 11 & (1.5.1.4.1.2) \end{cases}$$

se aceptan como patines 2 placas 25.4 mm X 350 mm

### B.1.2 Alma

Se calcula el valor de la altura del alma ( $h_v$ ).

$$h_v = d - 2tr = 80 - 2(2.54) = 74.92 \text{ cm}$$

El alma se encuentra restringida por ciertas condiciones las cuales son:

B.1.2a Para evitar la reducción de esfuerzos permisibles en el patin comprimido, por pandeo del alma:

$$\frac{d}{t_v} \leq \frac{6370}{\sqrt{F_b}} = \frac{6370}{\sqrt{0.6F_y}} = \frac{6370}{\sqrt{0.6(2530)}} = 163.49 \quad (1.10.0)$$

por lo tanto el espesor correspondiente al alma es:

$$t_v = \frac{d}{163.49} = \frac{80}{163.49} = 0.489 \text{ cm} \quad 4.8 \text{ mm} \quad (3/16 \text{ "})$$

B.1.2b La relación peralte espesor del alma no debe exceder el valor obtenido por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{d}{t_v} \leq \frac{5370}{\sqrt{F_y}} \left[ 1 - 3.74 \frac{f_a}{F_y} \right] \quad \begin{matrix} (1.5.1.4.1.4) \\ (1.5-4a) \end{matrix}$$

como la viga va a estar sujeta a flexión,  $f_a = 0$ ; entonces

$$\frac{d}{t_v} \leq \frac{5370}{\sqrt{F_y}} = \frac{5370}{\sqrt{2530}} = 106.76 \approx 107$$

por lo cual el espesor correspondiente al alma es:

$$t_v = \frac{d}{107} = \frac{80}{107} = 0.75 \text{ cm} \quad 7.9 \text{ mm (5/16")}$$

B.1.2c Existe otra restricción que asigna un espesor mínimo del alma de la siguiente manera.

$$\frac{h_v}{t_v} \leq \frac{984000}{\sqrt{F_y(F_y + 1160)}} = \frac{984000}{\sqrt{2530(2530 + 1160)}} = 322.05 \quad (1.10.2)$$

donde el espesor correspondiente al alma será:

$$t_v = \frac{h_v}{322.05} = \frac{74.92}{322.05} = 0.23 \text{ cm} \quad 4.8 \text{ mm (3/16")}$$

B.1.2d En conclusión, eligiendo un valor de  $t_v = 1.27 \text{ cm}$ , con el cual la relación peralte-espesor del alma es menor que cualquiera de los tres valores de restricción obtenidos teniendo así ventajas sobre cada restricción.

$$\frac{d}{t_v} = \frac{80}{1.27} = 62.99 \leq \begin{cases} 163 & (1.10.6) \\ 107 & (1.5.1, 1.1.4) \\ 322 & (1.10.2) \end{cases}$$

se acepta como alma 1 placa 12.7 mm x 749.20 mm

B.1.3 Placas en el patín a compresión

B.1.3a Se diseñara al centro del claro donde se localiza el máximo momento flexionante horizontal.  $M_{maxH} = 820000 \text{ kg}$

Proponiendo una placa cuyo espesor sea  $t_p = 2.86$  cm para definir el ancho total, (Bt).

$$Bt = bf + 2t_p = 35 + 2(2.86) = 40.72 \text{ cm}$$

$$M_{DISH} = A_p F_b Bt$$

$$A_p = \frac{M_{DISH}}{F_b Bt} = \frac{830000}{0.6(2530)(40.72)} = 13.43 \text{ cm}^2$$

por lo tanto tenemos que el área de la placa  $A_p = 13.43 \text{ cm}^2$  pero como  $A_p = h_p t_p$  podremos definir la altura de la placa.

$$h_p = \frac{A_p}{t_p} = \frac{13.43}{2.86} = 4.7 \text{ cm}$$

que consideraremos como  $h_p = 24$  cm.

Estas placas también están restringidas por ciertas condiciones, la primera de ellas es contra el pandeo local.

$$\frac{h_p}{2t_p} \leq \frac{800}{\sqrt{F_y}} = \frac{800}{\sqrt{2530}} = 15.90 \approx 16 \quad 1.2.1.2$$

la segunda debe satisfacer la siguiente restricción:

$$\frac{h_p}{2t_p} \leq \frac{545}{\sqrt{F_y}} = \frac{545}{\sqrt{2530}} = 10.84 \approx 11 \quad 1.5.1.1.1.2$$

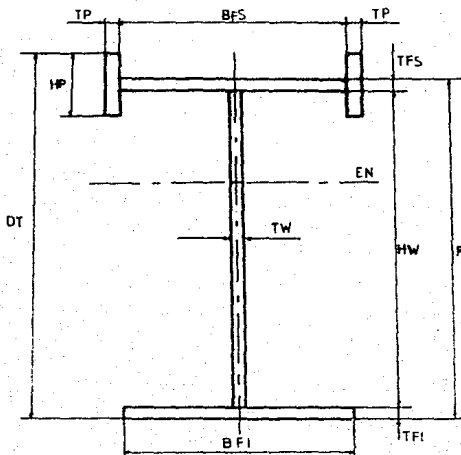
concluyendo que la sección es adecuada, dado que si satisface las restricciones:

$$\frac{h_p}{2t_p} = \frac{24}{2(2.86)} = 4.195 \leq \begin{cases} 16 & 1.2.1.2 \\ 11 & 1.5.1.1.1.2 \end{cases}$$

se aceptan como placas en el patín a compresión:

2 placas  $24.6 \text{ mm} \times 240 \text{ mm}$

B.2 Propiedades geometricas de la trabe-carril (5 placas soldadas)



Ancho de patin superior	BFS =	35.00	cm
Espesor de patin superior	TFS =	2.54	cm
Ancho de patin inferior	TFI =	35.00	cm
Espesor de patin inferior	BFI =	2.54	cm
Altura del alma	HW =	74.92	cm
Espesor del alma	TW =	1.27	cm
Altura de placa	hp =	24.00	cm
Espesor de placa	tp =	2.86	cm

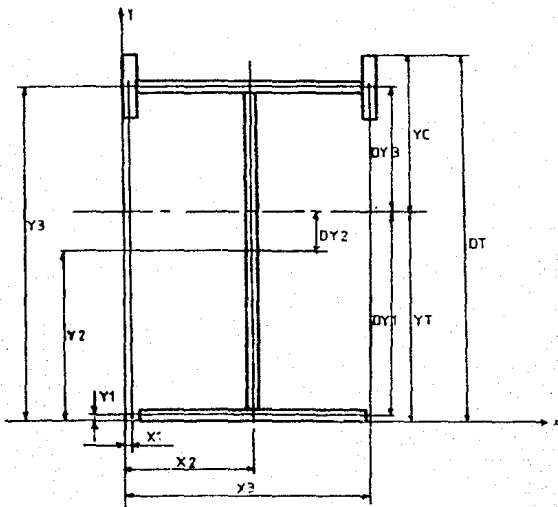
$$\text{Fuerza} \quad P = TFS + HW + TFI = 2.54 + 74.92 + 2.54 = 80 \text{ cm}$$

Fuerza total

$$DT = P + \frac{HP - TFS}{2} = 80 + \frac{24 - 2.54}{2} = 90.73 \text{ cm}$$

Ancho total

$$BT = BFS + TFI = 35 + 2(2.86) = 40.72 \text{ cm}$$



Cálculo del centroide de la sección (Eje neutro).

$$Y_1 = \frac{TF1}{2} = \frac{2.54}{2} = 1.27 \text{ cm}$$

$$Y_2 = TF1 + \frac{Hw}{2} = 2.54 + \frac{74.92}{2} = 40 \text{ cm}$$

$$Y_3 = TF1 + Hw + \frac{TF2}{2} = 2.54 + 74.92 + \frac{2.54}{2} = 78.73 \text{ cm}$$

Cálculo del área total de la sección

$$AF1 = (BF1)(TF1) = (35.00)(2.54) = 88.90 \text{ cm}^2$$

$$Aw = (TW)(Hw) = (1.27)(74.92) = 95.15 \text{ cm}^2$$

$$AF2 = (BF2)(TF2) = (35.00)(2.54) = 88.90 \text{ cm}^2$$

$$AP = (TP)(HP) = (2.86)(24.00) = 68.64 \text{ cm}^2$$

$$A_T = AF1 + Aw + AF2 + 2AP = 88.90 + 95.15 + 88.90 + 2(68.64) = 410.23 \text{ cm}^2$$



$$Y_T = \frac{AFI(x_1) + Aw(x_2) + AFS(x_3) + 2AF(x_4)}{A_T}$$

$$Y_T = \frac{(88.90)(1.27) + (95.15)(40) + (88.90)(78.72) + 2(68.64)(78.72)}{410.23}$$

$$Y_T = 52.96 \text{ cm}$$

$$Y_C = D_T - Y_T = 90.73 - 52.96 = 37.77 \text{ cm}$$

$$X_1 = \frac{TF}{2} = \frac{2.86}{2} = 1.43 \text{ cm}$$

$$X_2 = TF + \frac{BFS}{2} = 2.86 + \frac{35}{2} = 20.36 \text{ cm}$$

$$X_3 = TP + BFS + \frac{TP}{2} = BFS + \frac{3}{2} TP = 35 + \frac{3(2.86)}{2} = 39.29 \text{ cm}$$

$$X_T = \frac{AF(X_1) + AFS(X_2) + Aw(X_2) + AFI(X_2) + AF(X_3)}{A_T}$$

$$X_T = \frac{(68.64)(1.43) + (88.9)(20.36) + (95.15)(20.36) + (88.9)(20.36) + (68.64)(39.29)}{410.23} = 20.36 \text{ cm}$$

$$X_T = 20.36 \text{ cm}$$

$$X_C = B_T - X_T = 40.72 - 20.36 = 20.36 \text{ cm}$$

Cálculo de los momentos de inercia.

$$DY_1 = Y_T - \frac{TFI}{2} = 52.96 - \frac{2.54}{2} = 51.69 \text{ cm}$$

$$DY_2 = Y_T - \frac{HW}{2} - TFI = 52.96 - \frac{74.92}{2} - 2.54 = 12.96 \text{ cm}$$

$$DY_3 = Y_C - \frac{HP}{2} = 37.77 - \frac{24}{2} = 25.77 \text{ cm}$$

$$I_{xx} = \frac{BFI(TFI)^3}{12} + AFI(DY_1)^2 + \frac{Tw(HW)^3}{12} + Aw(DY_2)^2 + \frac{BFS(TFS)^3}{12} + AFS(DY_3)^2 + \frac{TF(HP)^3}{6} + 2AF(DY_3)^2$$

$$\begin{aligned}
 I_{xx} &= \frac{(35)(2.54)^3}{12} + (88.90)(51.69)^2 + \frac{(1.27)(74.92)^3}{12} + \\
 &+ (95.15)(12.96)^3 + \frac{(35)(24)^3}{12} + (88.90)(25.77)^2 + \\
 &+ \frac{(2.86)(24)^3}{6} + 2(68.64)(25.77)^2 = 454904.83 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_{xx} = 454904.83 \text{ cm}^4$$

$$DX_1 = \frac{BFS + TP}{2} = \frac{35 + 2.86}{2} = 18.93 \text{ cm}$$

$$I_{yy} = \frac{(BFS)^3(TFS)}{12} + \frac{(TP)^3(HF)}{6} + 2AF(DX_1)^2 + \frac{(TW)^3(HW)}{12}$$

$$\begin{aligned}
 I_{yy} &= \frac{(35)^3(2.54)}{12} + \frac{(2.86)^3(24)}{6} + 2(68.64)(18.93)^2 + \\
 &+ \frac{(1.27)^3(74.92)}{12} = 58364.50 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_{yy} = 58364.50 \text{ cm}^4$$

Cálculo de los módulos de sección.

$$S_{xc} = \frac{I_{xx}}{Y_c} = \frac{454904.83}{37.77} = 12044.08 \text{ cm}^3$$

$$S_{xt} = \frac{I_{xx}}{Y_t} = \frac{454904.83}{52.96} = 8589.59 \text{ cm}^3$$

$$S_{yc} = \frac{I_{yy}}{X_c} = \frac{58364.50}{20.36} = 2866.63 \text{ cm}^3$$

$$S_{yt} = \frac{I_{yy}}{X_t} = \frac{58364.50}{20.36} = 2866.63 \text{ cm}^3$$

Cálculo del radio de giro

ACOMF = Area del patin de compresion +  $\frac{1}{6}$  del area del alma.

$$ACOMF = AFS + 2AF + \frac{Aw}{6} = 88.90 + 2(68.64) + \frac{95.15}{6}$$

$$ACOMF = 242.04 \text{ cm}^2$$

$$I_{NR} = \frac{BFS(TFS)^3}{12} + AFS(Drs)^2 + \frac{TF(HF)^3}{6} + 2AF(DYs)^2 + \frac{Tw(Hw)^3}{72} + \frac{Aw(DYz)^2}{6}$$

$$I_{NR} = \frac{(35)(2.54)^3}{12} + (88.90)(25.77)^2 + \frac{(2.86)(24)^3}{6} + 2(68.64)(25.77)^2 + \frac{(1.27)(74.92)^3}{72} + \frac{(95.15)(12.96)^2}{6}$$

$$I_{NR} = 166922.98 \text{ cm}^4$$

$$I_{YR} = I_{YV} = 58364.50 \text{ cm}^4$$

$$R_{TX} = \sqrt{\frac{I_{NR}}{ACOMF}} = \sqrt{\frac{166922.98}{242.04}} = 26.261 \text{ cm}$$

$$R_{TY} = \sqrt{\frac{I_{YR}}{ACOMF}} = \sqrt{\frac{58364.50}{242.04}} = 15.53 \text{ cm}$$

$$R_b = R_{TY} = 15.53 \text{ cm}$$

### B.3 Revisión de la sección propuesta

#### B.3.1 Flexión

##### B.3.1a Esfuerzos flexionantes actuantes

$$f_{bxc} = \frac{M_{b1sv}}{S_{xc}} = \frac{10233812}{12044.08} = 849.69 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{bxt} = \frac{M_{b1sv}}{S_{xt}} = \frac{10233812}{8589.59} = 1191.43 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{bvc} = \frac{M_{b1sh}}{S_{vc}} = \frac{830000}{2866.63} = 289.54 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{bvt} = \frac{M_{b1sh}}{S_{vt}} = \frac{830000}{2866.63} = 289.54 \text{ kg/cm}^2$$

##### B.3.1b Esfuerzos permisibles para el patín de compresión (1.5.1.4.5.2)

Acero estructural A-36  $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$   $C_b = 1$

$$\frac{L}{r_c} = \frac{800}{15.53} = 51.513$$

$$\sqrt{\frac{717.1 \times 10^4 C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{717.1 \times 10^4 (1)}{2530}} = 53.24 \quad (1.5-7)$$

como  $51.513 < 53.24$

$$A_r = A_{FS} + 2A_F = 88.9 + 2(66.64) = 226.18 \text{ cm}^2$$

$$F_b = \frac{844 \times 10^3 C_b}{(L)(D_T)/A_r} = \frac{844 \times 10^3 (1)}{(800)(90.73)/(226.18)} = 2630 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{bp} = 0.6 F_y = 0.6(2530) = 1520 \text{ kg/cm}^2$$

como  $2630 \text{ kg/cm}^2 > 1520 \text{ kg/cm}^2$

por lo cual  $F_b = 1520 \text{ kg/cm}^2$

### B.3.1d Esfuerzos combinados

Compresión en el patín superior

$$f_{bxc} + f_{bxc} = (849.69 + 289.54)(1.33) = 1515.17 \text{ kg/cm}^2$$

$$1515.17 \text{ kg/cm}^2 \leq 1520 \text{ kg/cm}^2 \quad f_{bc} = 1515.17 \text{ kg/cm}^2$$

Tensión en el patín inferior

$$f_{bxt} = f_{bxt} = 1191.43 \text{ kg/cm}^2 \leq 1520 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{bt} = 1191.43 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{+1.5.0}$$

### B.3.1c Reducción del esfuerzo en el patín de compresión

$$\text{si } \frac{hw}{tw} > \frac{6370}{\sqrt{F_b}} \quad \text{+1.10.0}$$

$$F_b = 0.6 F_y = 0.6(2530) = 1520 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{como } \frac{74.92}{1.27} = 58.99 < \frac{6370}{\sqrt{2530}} = 163.39$$

no se hará la reducción del esfuerzo en el patín a compresión.

### B.3.2 Cortante

B.3.2a Para la revisión por esfuerzo cortante, se considera que toda la sección, (patines y alma), solo el área del alma puede resistir dicho esfuerzo, la revisión se hace en los extremos de la trabe, ya que aquí es donde se localizan los esfuerzos cortantes máximos. Tomando como cortante máximo de diseño:  $V_{disv} = 51169.60 \text{ kg}$

### B.3.2b Esfuerzo cortante actuante

$$f_v = \frac{V_{disv}}{A_w} = \frac{51169.60}{95.15} = 537.78 \text{ kg/cm}^2$$

### B.3.2c Esfuerzo cortante permisible

$$\text{como } \frac{a}{hw} = \frac{8.00}{74.92} = 10.68 > 1$$

$$\text{tenemos: } k = 5.34 + \frac{4.0}{(a/hw)^2} = 10.32$$

$$k = 5.34 + \frac{4.0}{(10.68)} = 5.38$$

$$C_v = \frac{1590}{(hw/tw)} \sqrt{\frac{k}{F_y}} = \frac{1590}{(74.92/1.27)} \sqrt{\frac{5.38}{2530}} = 1.24$$

como  $1.24 > 0.8$  por lo tanto  $C_v = 1.24$

B.3.2d De tal manera que se satisfice la restriccion  $f_v < F_v$

$$f_v = 537.78 \text{ Kg/cm}^2 \leq F_v = 1012 \text{ Kg/cm}^2$$

### B.3.3 Atiesadores en el alma

Los atiesadores, son elementos cortos, formados por placas simples o en par, o por angulos; siendo su funcion la de rigidizar el alma de la trabe.

Se requeriran atiesadores transversales intermedios si no se cumplen simultaneamente las dos restricciones que siguen

$$I) \frac{hw}{tw} < 260$$

$$\frac{74.92}{1.27} = 58.99 < 260 \quad \text{se cumple}$$

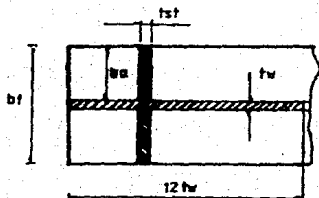
$$II) f_v \leq F_v$$

$$f_v = 537.78 \text{ Kg/cm}^2 \leq F_v = 1012 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{se cumple}$$

dado que se cumplen simultaneamente ambas restricciones no se requeriran atiesadores intermedios. Sin embargo existen los que se deben proporcionar por la siguiente condicion: Por especificacion, los atiesadores son requeridos en los apoyos de las trabes armadas sin refuerzo en el alma, segun el el manual IMCA (AISC) (1.10.5.1).

### B.3.3a Atiesadores en los apoyos (extremos).

Los atiesadores de colocaran en pares, colocados uno a cada lado del alma y se deberan diseñar como columna cumpliendo con el punto 1.5.1.3 del manual IMCA (AISC), asumiendo que la seccion de la columna comprende el par de atiesadores y una franja cuyo peralte es igual o no mayor que 12 veces el espesor del alma. La longitud efectiva que debera de tomarse sera no menor de 3/4 de la longitud del atiesador en el calculo de  $l/r$  por lo tanto tenemos:



$$tw = 1.27 \text{ cm} ; br = BFS = 35 \text{ cm}$$

$$12tw = 12(1.27) = 15.24 \text{ cm}$$

$$ba = \frac{(br - tw)}{2} = \frac{(35 - 1.27)}{2}$$

$$ba = 16.865 \text{ cm}$$

Reacción máxima de diseño en los

$$\text{apoyos: } R_{dsv} = 51169.60 \text{ Kg}$$

para atiesadores de acero A-36  $F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$  tenemos

un esfuerzo igual a :  $F_a = 0.6F_y = 0.6(2530) = 1518 \text{ Kg/cm}^2$

Obteniendo el área necesaria de atiesadores tenemos que:

$$F_a = \frac{R_{dsv}}{A_{nec}} ; A_{nec} = \frac{R_{dsv}}{F_a} = \frac{51169.60}{1518} = 33.71 \text{ cm}^2$$

tomando el valor del área necesaria como área efectiva:

$A_{ef} = A_{nec} = 33.71 \text{ cm}^2$  y despejando el valor del espesor del atiesado ( $t_{at}$ ), que se requiere, de la siguiente expresión

$$A_{ef} = 12t_w^2 + (bf - tw) t_{at}$$

$$t_{at} = \frac{A_{ef} - 12t_w^2}{bf - tw} = \frac{33.71 - 12(1.27)^2}{35 - 1.27} = 0.426 \text{ cm} \quad \begin{matrix} (4.8 \text{ mm}) \\ (3/16 \text{ "}) \end{matrix}$$

Los atiesadores se encuentran restringidos por ciertas condiciones por lo cual es necesario hacer las siguientes revisiones.

I) Revisión para ver si la placa pasa por pandeo

$$\frac{b_a}{t_a} \leq \frac{800}{\sqrt{F_y}} = \frac{800}{\sqrt{2530}} = 15.90 \quad (\text{A. 9.1.2})$$

$$\frac{16.865}{0.48} = 35.135 > 15.9 \text{ por lo tanto existe pandeo}$$

aumentando el espesor del atiesador  $t_a = 1.11 \text{ cm}$  (7/16 ")

$$\frac{16.865}{1.11} = 15.19 < 15.9 \text{ no se presentará pandeo por lo}$$

cual se acepta el espesor del atiesador  $t_{at} = 1.11 \text{ cm}$

II) Revisión de los atiesadores como columna

Cálculando el momento de inercia:

$$I_v = \frac{t_{at}(bf)^3}{12} + \frac{12t_w^4}{12} = \frac{1.11(35)^3}{12} + \frac{12(1.27)^4}{12}$$

$$I_v = 3968.54 \text{ cm}^4$$

Cálculo del área efectiva con  $t_{at} = 1.11 \text{ cm}$

$$A_{ef} = 12t_w^2 + (bf - tw)t_{at} = 12(1.27)^2 + (35 - 1.27)(1.11)$$

$$A_{ef} = 56.795 \text{ cm}^2$$



Cálculo del radio de giro

$$r = \sqrt{\frac{I_v}{A_{ef}}} = \sqrt{\frac{3968.54}{56.795}} = 8.36 \text{ cm}$$

Cálculo de la longitud del atiesador

$$L = 0.75 h_v = 0.75(74.92) = 56.19 \text{ cm}$$

por lo tanto la relación :  $\frac{L}{r} = \frac{56.19}{8.36} = 6.72$

sustituyendo en la siguiente expresión obtendremos los esfuerzos permisibles quedando de la siguiente manera:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \pi^2 (2.1 \times 10^6)}{2530}} = 128 \quad 1.5.1.3.1)$$

$$F_a = \frac{\left[ 1 - \frac{(L/r)^2}{2(C_c)^2} \right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{(L/r)^2}{C_c^2} - \frac{(L/r)^4}{8C_c^4}} = \frac{\left[ 1 - \frac{(6.72)^2}{2(128)^2} \right] 2530}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{(6.72)^2}{(128)^2} - \frac{(6.72)^4}{8(128)^4}}$$

$$F_a = 1498.52 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{esfuerzo permisible}$$

$$f_a = \frac{R_{DISV}}{A_{ef}} = \frac{51169.80}{56.795} = 900.95 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{esfuerzo actuante}$$

dado que  $f_a = 900.95 \text{ kg/cm}^2 < F_a = 1498.52 \text{ kg/cm}^2$  se acepta el espesor de la placa propuesta para el atiesador:

$t_{st} = 1.11 \text{ cm}$  por lo tanto la placa utilizada como atiesador tendrá las siguientes dimensiones:

$$\text{Altura del atiesador} = h_w - 4t_{st} = 74.92 - 4(1.11) = 70.48 \text{ cm}$$

Usar como atiesadores extremos:

$$4 \text{ placas } 11.1 \text{ mm} \times 168.65 \text{ mm} \times 704.80 \text{ mm}$$

### B.3.4 Revisión del arrugamiento (aplastamiento) del alma

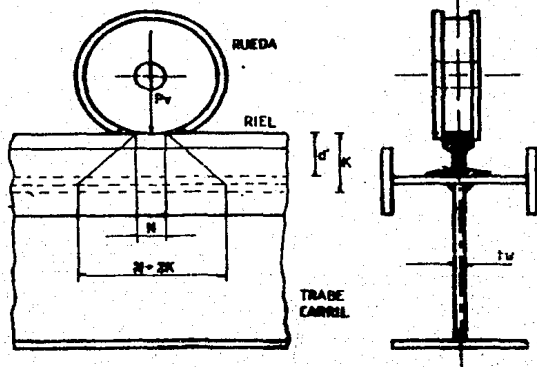
El alma y soldadura de las trabe armadas, estarán sujetas a esfuerzos de compresión, en la interacción del alma con los cordones de soldadura, debido a cargas concentradas no soportadas por placas de apoyo, las cuales no deben exceder de  $0.75F_y$ . Para esta revisión se considerarán los siguientes dos casos:

#### 1) Para carga central

Tomando como carga de diseño a la carga por rueda.

$$P_v = 24684.53 \text{ Kg}$$

(ver figura)



debe cumplirse con:

$$\frac{P_v}{t_w(N + 2K)} \leq 0.75F_y = 0.75(2530) = 1897.50 \text{ kg/cm}^2$$

Riel No 85      peralte del riel ( $d'$ ) = 13.18 cm

peso del riel ( $W_r$ ) = 42.16 Kg/m

$t' = d' + t_r + \text{dim filete} = 13.18 + 2.54 + 0.6 = 16.32 \text{ cm}$

$N = 2d' = 2(13.18) = 26.36 \text{ cm}$

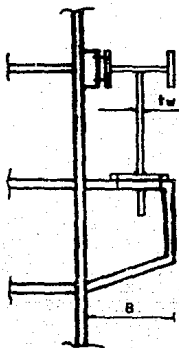
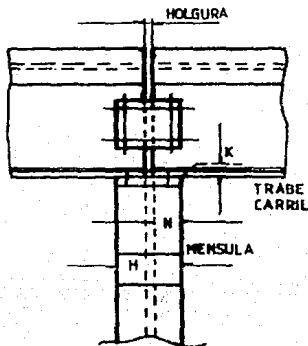
$$\frac{49369.06}{1.27(26.36 + 2(16.32))} = 656.87 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1897.50 \text{ Kg/cm}^2$$

II) Para los apoyos

Tomando la carga reacción en el apoyo.

$R_{dxv} = 51169.6 \text{ Kg}$

(ver figura)



debe cumplirse con:

$$\frac{R}{t_w(N + K)} \leq 0.75F_y = 0.75(2530) = 1897.50 \text{ Kg/cm}^2$$

$N = 2d' = 2(13.18) = 26.36 \text{ cm}$

$B = 1.5 (35) = 52.5 \text{ cm}$

$K = t_r + \text{dim filete} = 2.54 + 0.6 = 3.14 \text{ cm}$

$H = 2N + \text{HOLGURA} = 2(26.36) + 0.6 = 53.32 \text{ cm}$

$$\frac{51169.60}{1.27(26.36 + 5.14)} = 1365.79 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1897.50 \text{ Kg/cm}^2$$

en conclusión como los valores son menores en ambos casos se acepta la sección.

### B.3.5 Revisión por compresión en el alma.

Obedeciendo a las especificaciones del Manual IMCA (AISC) punto 1.10.10.2 las almas de traveses armadas de alma llena se deberán diseñar de manera que la suma de los esfuerzos de compresión resultantes de cargas concentradas que se aplican directamente sobre la placa del patín en compresión, y que no están directamente unidos por atiesadores, no exceda de los siguientes valores:

I) Cuando el patín está restringido contra la rotación:

$$\left[ 5.5 + \frac{4}{(a/hw)^2} \right] \frac{703000}{(hw/tw)^2} = \left[ 5.5 + \frac{4}{\left(\frac{800}{74.92}\right)^2} \right] \frac{703000}{\left(\frac{74.92}{1.27}\right)^2}$$

$$= 1118.13 \text{ Kg/cm}^2$$

II) Cuando el patín no está restringida contra rotación:

$$\left[ 2 + \frac{4}{(a/hw)^2} \right] \frac{703000}{(hw/tw)^2} = \left[ 2 + \frac{4}{\left(\frac{800}{74.92}\right)^2} \right] \frac{703000}{\left(\frac{74.92}{1.27}\right)^2}$$

el esfuerzo se calculara como sigue:

$$f_{vc} = \frac{P_v}{(tw)(hw)} = \frac{24648.53}{(1.27)(74.92)} = 259.43 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{vw} = \frac{W}{tw} = \frac{4.5}{1.27} = 3.54 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{vt} = f_{vc} + f_{vt} = 259.43 + 3.54 = 262.97 \text{ kg/cm}^2 \leq$$

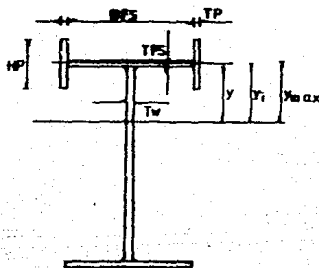
$$\left\{ \begin{array}{l} 1118.13 \\ 411.10 \end{array} \right.$$

se cumplen ambas condiciones por lo tanto no se requieren atiesadores intermedios y por lo tanto se acepta la seccion.

### B.3.6 Conexiones

Las conexiones de los patines al alma y de los atiesadores a estos, será a base de soldadura; esta debe ser tal que resista los esfuerzos cortantes debidos a flexion que se presentan precisamente en la unión entre dichos elementos.

#### B.3.6.1 Soldadura entre patines y alma.



$$q = \frac{V \cdot \bar{w}}{I} = \frac{R \cdot D_1 \cdot V \cdot \bar{w}}{I_x}$$

$$Q_y = \sum A_i \cdot y_i$$

$$y_1 = D_{Y_1} - \frac{TFS}{2} = 25.77 - \frac{2.54}{2} = 24.50 \text{ cm}$$

$$y_2 = D_{Y_2} = 25.77 \text{ cm}$$

$$y_3 = D_{Y_3} + \frac{TFS}{2} = 25.77 + \frac{2.54}{2} = 27.04 \text{ cm}$$

$$A_1 = AFS + 2TP \left[ \frac{HF + IFS}{2} \right] = 88.90 + 2(2.84) \left[ \frac{24 + 2.54}{2} \right]$$

$$A_1 = 164.80 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = BFS \left( \frac{IFS}{2} \right) + TP(HF) = 35(1.27) + (2.86)(24)$$

$$A_2 = 113.09 \text{ cm}^2$$

$$A_3 = TP(HF - IFS) = 2.86(24 - 2.54) = 61.38 \text{ cm}^2$$

$$Q = A_1 Y_1 + A_2 Y_2 + A_3 Y_3$$

$$Q = (164.80)(24.5) + (113.09)(25.77) + (61.38)(27.04)$$

$$Q = 8611.64 \text{ cm}^3$$

por lo tanto el esfuerzo cortante actuante es igual a:

$$q = \frac{(51169.60)(8611.64)}{(454904.83)} = 968.67 \text{ Kg/cm}$$

El esfuerzo permisible esta en funcion del tipo de electrodo y el espesor de la soldadura de filete.

Utilizando electrodo E-60 con un espesor de filete de 0.6 cm tenemos que la resistencia es igual a:

$$\text{Cap filete} = 0.6 \times 1 \times 0.7071 \times 1265 = 536.69 \text{ Kg/cm}$$

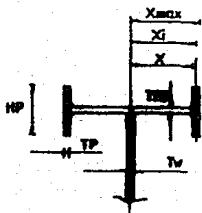
por filete. Al aplicarla en ambos lados del alma tendremos:

$$\text{Cap filete} = 2(536.69) = 1073.38 \text{ Kg/cm}$$

por lo cual  $968.67 \text{ Kg/cm} \leq 1073.38 \text{ Kg/cm}$

Usar electrodo E-60 para soldadura de filete con un espesor de 6 mm entre patin y alma en ambos lados.

### B.3.6.2 Soldadura entre patín superior y placas



$$q = \frac{V Q}{I} = \frac{R_{pl} S_{II} Q_x}{I_y}$$

$$X_1 = DX_1 - \frac{TP}{2} = 18.93 - 1.43 = 17.50 \text{ cm}$$

$$X_2 = DX_2 = 18.93 \text{ cm}$$

$$X_3 = DX_3 + \frac{TP}{2} = 18.93 + 1.43 = 20.36 \text{ cm}$$

$$A_1 = (TP)(HP) = (2.86)(24) = 68.64 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{(TP)(HP)^2}{2} = \frac{(2.86)(24)^2}{2} = 34.32 \text{ cm}^2$$

$$A_3 = 0$$

$$Q = A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3$$

$$Q = (68.64)(17.5) + (34.32)(18.93) + (0)(20.36)$$

$$Q = 1850.88 \text{ cm}^3$$

por lo cual el esfuerzo cortante actuante es igual a:

$$q = \frac{(4150)(1850.88)}{58364.50} = 131.606 \text{ Kg/cm}$$

Utilizando electrodo E-60 con un espesor de filete de 0.4 cm teniendo que la resistencia es igual a:

$$\text{Cap filete} = 0.4 \times 1 \times 0.7071 \times 1265 = 357.80 \text{ Kg/cm}$$

por filete. Al aplicarla en ambos lados del alma tendremos:

$$\text{Cap filete} = 2(357.80) = 715.60 \text{ Kg/cm}$$

por lo cual:

$$131.606 \text{ Kg/cm} \leq 715.60 \text{ Kg/cm}$$

usar electrodo E-60 para soldadura de filete con un espesor de 4 mm entre patin superior y placas.

#### B.3.6.3 Soldadura entre alma y atiesadores (10.5.4)

Los atiesadores se conectarán para poder transmitir una fuerza cortante total no menor que la calculada por la expresion siguiente:

$$f_v s = \sqrt{\left(\frac{F_y}{1400}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2530}{1400}\right)^2} = 182 \text{ Kg/cm}$$

usando filete a ambos lados la dimension será:

$$\text{para E-60} \quad F_v s = 1265 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = \frac{f_v s}{2(0.7071)F_v s} = \frac{182}{2(0.7071)(1265)} = 0.10 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$

$$\text{usar filete } 3.18 \text{ mm } (1/8 \text{ "}) \quad \text{Cap} = q_a = 284.44 \text{ Kg/cm}$$

Longitud minima de filete:

$$L_f = 4t_w = 4(1.27) = 5.08 \text{ cm} \quad (17.4)$$



Espaciamiento máximo:  $S_{max} \leq 30.5 \text{ cm}$

$$S_{min} = 24t_w = 24(1.27) = 30.48 \text{ cm}$$

en este caso  $S_{min} = 30.48 \text{ cm} \leq 30.5 \text{ cm}$

Usando soldaduras intermitentes el paso será:

$$P = \frac{2(L_f)(q_a)}{f_v s} = \frac{2(5.08)(284.44)}{182} = 15.88 \text{ cm}$$

Usar filete de 3.18 mm (1/8") @304.8 mm de 50.8mm de longitud en ambos lados.

B.3.7 Obtención de peso real de la trabe-carril.

a Patín superior

$$1 \text{ PL } 0.35 \text{ m} \times 0.0254 \text{ m} \times 7850 \text{ Kg/m}^3 = 69.7865 \text{ Kg/m}$$

b Placas en el patin superior

$$2 \text{ PL } 0.24 \text{ m} \times 0.0286 \text{ m} \times 7850 \text{ Kg/m}^3 = 107.7648 \text{ Kg/m}$$

c Patín inferior

$$1 \text{ PL } 0.35 \text{ m} \times 0.0254 \text{ m} \times 7850 \text{ Kg/m}^3 = 69.7865 \text{ Kg/m}$$

d Alma

$$1 \text{ PL } 0.7492 \text{ m} \times 0.0127 \text{ m} \times 7850 \text{ Kg/m}^3 = 74.6915 \text{ Kg/m}$$

e Atiesador extremo

$$4 \text{ PL } 0.0111 \text{ m} \times 0.16865 \text{ m} \times 0.7048 \text{ m} \times 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$\frac{41.429 \text{ Kg}}{8 \text{ m}} = 5.1780 \text{ Kg/m}$$

f Placa tapa

$$2 \text{ PL } 0.0111 \text{ m} \times 0.4072 \text{ m} \times 0.80 \text{ m} \times 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$\frac{56.77 \text{ Kg}}{8 \text{ m}} = 7.0963 \text{ Kg/m}$$

f Riel

$$1 \text{ Riel } 85 \text{ ASCE} = 42.16 \text{ Kg/m}$$

Riostras y conexiones + 10%

$$\frac{376.464 \text{ Kg/m}}{37.646 \text{ Kg/m}}$$

Soldadura + 4%

$$\frac{414.110 \text{ Kg/m}}{16.564 \text{ Kg/m}}$$

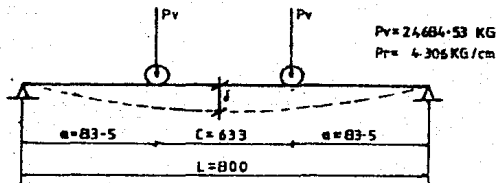
$$430.674 \text{ Kg/m}$$

$$P_r = 430.674 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \left[ \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right] = 4.306 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

$$P_{real} = 4.306 \text{ Kg/cm} < P_{sup} = 4.5 \text{ Kg/cm}$$

### B.3.8 Revisión de la deflexión vertical

Considerando la grúa en el centro de la viga:



$$\Delta_{perm} = \frac{L}{1000} = \frac{800}{1000} = 0.8 \text{ cm} = 8 \text{ mm}$$

$$I_x = 454904.83 \text{ cm}^4$$

$$\delta = \frac{5 W L^4}{384 E I_x} + \frac{P_v a}{24 E I_x} (3L^2 - 4a^2)$$

$$\delta = \frac{1}{(2.1 \times 10^5) (454904.83)} = 1.0467914 \times 10^{-12}$$

$$\delta = \delta \left[ \frac{5(4.306)(800)^4}{384} + \frac{24684.53(83.5)}{24} (3(800)^2 - 4(83.5)^2) \right]$$

$$\delta = 1.0467914 \times 10^{-12} ((2.299 \times 10^{10}) + (1.6249751 \times 10^{11}))$$

$$\delta = 0.194 \text{ cm} < \Delta_{perm} = 0.8 \text{ cm}$$

por lo tanto se acepta la sección.

## CAPITULO IV

### PROGRAMA DE COMPUTADORA

La computadora electrónica ha acelerado el desarrollo de diversos aspectos de la tecnología contemporánea y constituye hoy en día una poderosa herramienta para el ejercicio profesional del ingeniero.

La computadora ha ocasionado un cambio radical en la ingeniería civil; cambio que afecta tanto al análisis como al diseño de estructuras.

La computadora representa la culminación de dispositivos de cálculo, como el ábaco, regla de cálculo, tablas, nomogramas, calculadoras de escritorio, etc.

La aplicación de las computadoras ha desarrollado nuevos tópicos como los métodos numéricos, en donde el análisis numérico y las matemáticas proporcionan métodos susceptibles para programarse en la máquina.

En el diseño estructural las computadoras se usan con ventaja en la práctica. En principio, para diseñar se tienen que efectuar una serie de cálculos que pueden ser laboriosos, para obtener las dimensiones de las secciones. Esta cantidad de operaciones limita el número de diseños que pudieran ser deseables considerar.

Con el auxilio de la computadora es factible considerar, una infinidad de condiciones, de manera que se puede realizar un trabajo más eficiente e instructivo en el diseño estructural. Las aplicaciones de las computadoras digitales son prácticamente ilimitadas, como puede observarse en las revistas

libros , congresos , etc. . . En un principio existió una fuerte tendencia hacia los métodos de análisis de las estructuras , programándose desde los métodos tradicionales , hasta los nuevos métodos. A continuación se desarrollaron métodos para el diseño estructural , aprovechando las características de poder tomar decisiones con la máquina. Con esta característica se desarrolló el diseño estructural para obtener la optimización de las estructuras. es decir, la combinación de propiedades geométricas y físicas, de manera que la estructura cumpla su finalidad y sea la mas económica posible. Siendo los criterios el de mínimo peso de las estructuras , el de diseño al límite y el de deformaciones. El diseño con computadoras se complementa con las graficadoras que pueden dibujar desde los diagramas de elementos mecánicos y secciones transversales hasta estructuras completas como edificios y puentes. Las computadoras se usan cada vez con más frecuencia en todos los campos de la ingeniería civil y otras técnicas , siendo el elemento de enlace entre ellas la universalidad de las matemáticas. Las computadoras son herramientas que no sustituyen al ingeniero sino que le permiten mayor libertad en la solución de problemas, satisfaciendo su curiosidad y no restringiendolo a conceptos anticuados limitados.

#### 4.1 Conceptos Básicos de Computación.

##### 4.1.1 Características de las computadoras

Las computadoras digitales de cualquier tamaño, básicamente son dispositivos electrónicos que transmiten, almacenan y procesan información.

Para procesar un conjunto determinado de datos se debe impartir a la computadora instrucciones apropiadas (un programa), las cuales se almacenan en un sector de la memoria de la computadora durante el tiempo que se necesiten. En cualquier momento se puede ejecutar un programa almacenado, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

- 1 - Se introduce en la computadora la información denominada datos de entrada (terminal, consola, lectora de tarjetas, etc.), y se almacena en un sector de la memoria.
- 2 - Se procesan los datos de entrada para producir los resultados deseados, denominados datos de salida.
- 3 - Se imprimen en una hoja de papel los datos de salida (quizás una parte de los de entrada), ó se representan visualmente en un monitor de T.V..

Estos 3 pasos se pueden repetir cuantas veces se desee y procesar así gran cantidad de datos en una secuencia rápida.

##### Memoria

Toda la información que se almacena en la memoria de la computadora se codifica en una combinación de ceros y unos. Estos ceros y unos se denominan bits y cada uno está representado por un dispositivo electrónico.

La mayoría de las computadoras pequeñas tienen memorias

organizadas en multiples de 8 bits denominados bytes. Normalmente un solo caracter ocupa un byte ; una instrucción puede ocupar 1,2, ó 3 bytes , y una sola cantidad numérica puede ocupar de 2 a 5 bytes ( dependiendo de la precision y tipo del numero ).

Bit - Es la unidad mas pequeña que se puede tener de informacion.

Sistema operativo - Es un programa que se encarga de administrar los recursos de la computadora.

- Permite aumentar la velocidad de proceso.
- Incluye compiladores y ensambladores que facilitan la programación.
- La participación del operador se reduce al máximo.
- Incluye programas de definición para ayudar al programador a descubrir y corregir errores de programación.

Unidad de control - Toma las instrucciones de la memoria en la suceción apropiada, interpreta las instrucciones y hace que los componentes apropiados de la maquina efectuen las operaciones especificadas por las instrucciones.

Unidad aritmetica logica - Desarrolla todas las operaciones aritmeticas y lógicas.

Unidad de entrada - Se usa esta unidad para introducir información a la computadora, puede consistir en lectoras de tarjetas perforadas , cintas de papel o de cintas magneticas, unidad de discos.

Unidad de salida - Atraves de esta la computadora transmite informacion al usuario, por medio de cintas, impresoras , etc..

Memoria auxiliar - Complementa al almacenamiento principal de la computadora y generalmente guarda cantidades mayores de datos.

#### 4.1.2 Algoritmos y Diagramas de Flujo.

##### Algoritmo

Un algoritmo es un conjunto de acciones que determinan la secuencia de los pasos a seguir para resolver un problema específico.

Por las características del problema específico que se plantea, es posible distinguir dos tipos de algoritmo:

- a) Algoritmo no numérico - En alguna de nuestras actividades diarias, desarrollamos labores que requieren necesariamente se realicen siguiendo una secuencia de pasos bien definidos y reglamentados, lo cual cumple con las características de algoritmo.
- b) Algoritmo numérico - Son aquellos que están orientados hacia problemas de ingeniería, científicos, etc., y en general en los que se vean involucrados cálculos matemáticos.

Características que deben cumplir los algoritmos:

Finitud - El procedimiento para la solución de un problema dado, se debe de terminar a un número finito de pasos.

Definición - Durante el desarrollo del algoritmo, los pasos deben estar definidos con precisión.

Entrada - Se considera como entrada el conjunto de datos o información requerida para resolver un problema dado.



Es decir , cuando se establece un algoritmo para encontrar la solución de un problema , los datos deben cumplir con las características propias a dicho problema.

Salida - Recibe el nombre de salida , el resultado o conjunto de resultados que se obtienen al desarrollar un algoritmo utilizando los datos de entrada.

Efectividad - El desarrollo del algoritmo que se proponga nos debe conducir a la solución del problema planteado.

De lo anterior podemos pensar que cuando se propone un problema después de analizarlo y ver la conveniencia de utilizar la computadora para su solución , entonces habrá que visualizar dicho problema planteado de modo tal que sean definidas perfectamente todas las operaciones o decisiones , estableciendo una secuencia entre ellas que conduzca a los resultados esperados . es decir habrá que plantear el problema como un algoritmo o una serie de ellos.

#### Secuencia:

Es la ejecución o realización de pasos o acciones el desarrollo de un algoritmo , siguiendo un orden establecido.

#### Programa:

Se le llama programa a la serie de instrucciones escritas en alguno de los lenguajes disponibles en la instalación de cómputo , por medio de las cuales se logra que la computadora realice todas las operaciones o decisiones señaladas en dichas instrucciones.

Foedemos distinguir dos tipos de programas:

- a) Programa Fuente - Es el conjunto de instrucciones escritas en algún lenguaje de computadora, las cuales han sido perforadas o transcritas para ser interpretadas por algún dispositivo de lectura de la computadora.
- b) Programa Objeto - Recibe este nombre el conjunto de instrucciones que componen un programa fuente que han sido traducidas al lenguaje de máquina por medio del compilador correspondiente.

Diagramas de Flujo y su Simbología.

Un diagrama de flujo es la representación gráfica de un algoritmo, en el cual se contemplan los siguientes elementos:

- 1.- Inicio.
- 2.- Especificación de los datos de entrada.
- 3.- Operaciones a realizar con los datos o decisiones a tomar.
- 4.- Especificación de la salida (resultados).
- 5.- Fin.

Hasta ahora no existen reglas o estándares que indiquen claramente la interpretación o uso que debe darse a todas las figuras geométricas que usualmente se utilizan para la elaboración de un diagrama de flujo.

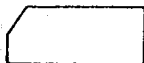
Sin embargo, las figuras geométricas más comúnmente utilizadas, así como su interpretación son las que a continuación se indican:



Esta figura en forma de ovalo se utiliza para indicar el inicio o fin de un procedimiento.



El rectangulo nos sirve para indicar cualquier operación que se tenga que realizar en el procedimiento.



El rectangulo con un corte en el margen superior izquierdo indica una operación de entrada o salida a través de tarjetas perforadas.



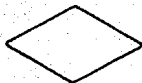
Este símbolo se utiliza para representar un disco magnético, e indica entrada de datos almacenados en él o bien salida que quedará grabada en dicho disco.



Este otro representa una terminal de video.



Un Hexagono se usa para indicar el inicio y el fin de un proceso iterativo.



Un rombo se utiliza para indicar una decisión, es decir elegir una alternativa entre dos o tres que se presenten.



Este símbolo se utiliza para denotar que los resultados en una operación de salida aparecerán en hoja impresa.



Este pequeño círculo llamado conector se utiliza para indicar cambios en la secuencia del procedimiento.



Este pequeño símbolo , también llamado conector , se utiliza para indicar la continuación de un diagrama de hoja a hoja.



Las flechas se utilizan para indicar hacia donde se dirige el flujo del proceso.

Mediante un diagrama de flujo se expresa en forma gráfica la secuencia de pasos ordenados que se deben realizar para obtener la solución al problema planteado.

Por lo tanto , un diagrama de flujo es una importante herramienta en la programación , ya que permite al programador planear la secuencia de operaciones en un programa antes de escribirlo.

En un diagrama de flujo se debe tener cuidado de expresar en forma clara todas y cada una de las operaciones y/o decisiones a realizar , con el fin de que cualquier persona , aun ajena a la programación pueda interpretarlo.

Podemos señalar como ventajas al utilizar un diagrama de flujo , las siguientes:

- Permite en forma gráfica planear las operaciones y/o decisiones de un programa antes de escribirlo.
- Representa ayuda visual para observar las correlaciones que se presentan entre operaciones o decisiones de un programa.
- Facilita la interpretación.
- Ayuda a la comunicación entre programadores.

- Forma parte de la documentación de un programa.
- Es independiente del lenguaje de programación a emplear.

Cabe señalar que en muchas ocasiones se utiliza el término diagrama de bloque como sinónimo de diagrama de flujo, sin embargo, por lo general la aceptación de diagrama de bloque es utilizada para indicar operaciones o decisiones agrupándolas por objetivos.

Iteración - Es el proceso de llevar a cabo varias veces una misma acción o serie de acciones antes de continuar adelante.

Arreglo - Es un conjunto de elementos los cuales dependen del nombre del arreglo y de un índice.

Es recomendable usar arreglos para facilitar la programación de aquellos problemas en los que el proceso de solución se presentan iteraciones en las que se ven involucrados datos, para los cuales es posible realizar un agrupamiento.

#### 4.1.3 Lenguajes utilizados en las computadoras.

El como hacer que una computadora lleve a cabo la tarea de cálculo que deseamos, se logra mediante una serie de instrucciones que obedecen ciertas reglas y métodos utilizando un vocabulario propio.

De acuerdo al problema que se tenga (científico, técnico, administrativo), se empleará el lenguaje mas apropiado.

El programa se debe realizar de acuerdo a las reglas del lenguaje para poder transmitir a la computadora las instrucciones que debe realizar exactamente, este conjunto

de instrucciones se alimentan a la computadora por su unidad de entrada, las cuales son traducidas por el compilador al lenguaje de máquina.

Esto trae como consecuencia que para cada lenguaje diferente debe haber un traductor o compilador que transforme nuestras instrucciones al lenguaje de máquina.

El decidir que lenguaje de programación es conveniente utilizar depende de las características del problema a resolver, memoria disponible de la computadora en que se va a procesar, compiladores o traductores de que dispone dicha máquina.

En los problemas técnicos y científicos los lenguajes más comúnmente usados son: FORTRAN, ALGOL, BASIC y PASCAL.

#### 4.1.4 Introducción al BASIC.

El BASIC es un lenguaje "amable" y fácil de usar, cuyas instrucciones recuerden las fórmulas elementales del álgebra complementadas con algunas palabras claves en inglés como LET, READ, PRINT, GO TO, IF, THEN, etc.

Casi todos los demás lenguajes tienen una estructura semejante, pero son más difíciles de aprender y usar que el BASIC, el cual se adapta muy bien a las personas que están aprendiendo a programar.

##### Historia de BASIC

Originalmente el BASIC fue desarrollado por John Kemeny y Thomas Kurtz en Dartmouth College, a mediados de la década del 60. Rápidamente llamó la atención y fue adoptado por

varios servicios comerciales de tiempo compartido, lo cual hizo que el lenguaje se difundiera ampliamente entre miles de usuarios de computadoras.

A mediados de la década de los 70, a raíz del desarrollo de las microcomputadoras a bajo costo, el BASIC recibió otro gran impulso. Prácticamente todas las microcomputadoras han adoptado al BASIC como lenguaje estándar de programación. Ultimamente se han desarrollado nuevas versiones del BASIC, que incluyen diversas características sofisticadas las cuales son versiones avanzadas destinadas a las microcomputadoras.

Estructura de un programa en BASIC.

En un programa en BASIC cada instrucción se escribe como una proposición separada.

El programa completo está formado por una serie de proposiciones, colocadas en el orden que deben ser ejecutadas, a menos que se indique una "bifurcación", (transferencia de control), intencional.

Las siguientes reglas se aplican a cualquier proposición en BASIC :

- 1.- Cada proposición del BASIC debe aparecer en un renglón ó separada por dos puntos.
- 2.- Cada proposición comienza con un número entero positivo o número de proposición.
- 3.- La numeración debe ser creciente.

4.- A continuación de este número de proposición debe ir una palabra clave del BASIC ,que indica el tipo de operación a ejecutar.

5.- Se pueden incluir espacios en blanco donde se desee para hacer más legible la proposición.

#### Ventajas del BASIC

a) El BASIC es "amable" . es decir , está "orientado a las personas".es fácil de aprender y agradable de usar,permite a cualquier individuo bien organizado aprender a programar , sin que se requieran conocimientos profundos.

b) Es un lenguaje muy flexible que permite a un programador desarrollar nuevos programas y modificar los ya existentes sin mayor esfuerzo.

c) El BASIC se ajusta muy bien al sistema interactivo , que incluye aplicaciones para microcomputadoras y aplicaciones de tiempo compartido para los computadores grandes.

d) El lenguaje es universal en grandes y pequeñas computadoras y se ha convertido en el lenguaje estándar de programación para las microcomputadoras.

#### Elementos del Lenguaje BASIC.

##### Constantes

Las constantes son representaciones simbólicas de valores fijos que aparecen en un programa.



### Constantes numéricas.

Las constantes numéricas en BASIC se pueden expresar en dos formas: como cantidades enteras o como cantidades decimales. Las siguientes reglas se aplican a la escritura de las constantes numéricas.

- 1.- No deben aparecer comas en ninguna parte de la constante.
- 2.- Una constante puede estar precedida del signo + ó - .
- 3.- Una constante puede tener exponencial , si se desea , la notación exponencial es similar a la científica , cambiando la base 10 por la letra E .

ejemplo:

$2.5 \times 10^{-3}$  se puede escribir como 2.5 E - 03

- 4.- La mayoría de las versiones en BASIC permiten que un número tenga hasta 8 ó 9 cifras significativas.
- 5.- Las magnitudes de una constante normalmente pueden variar desde  $10^{98}$  hasta  $10^{-98}$ .

### Constantes Alfanuméricas.

Las constantes alfanuméricas son aquellas cadenas de combinaciones de números, letras y caracteres especiales encerrados entre comillas. Se utilizan para representar información no numérica (nombres , direcciones , etc.).

ejemplo:

"A\$"      " ROSA "      " A7\$W "

Variable.

Es un nombre que se utiliza para representar constantes.

Variable alfanumérica - Es aquella que representa una serie de caracteres los cuales pueden consistir de letras, letras y números o bien letras, números y caracteres especiales.

El número de máximo de caracteres que puede contener una variable alfanumérica varía de versión a versión de BASIC en algunas puede contener 15 caracteres y en otras hasta 4095.

Para escribir una variable alfanumérica se debe emplear una letra seguida por el signo de pesos \$.

Ejemplo:

A\$ , B\$ , J\$ , Bp\$

Variable Numérica - Es aquella que representa un número y consta de una letra o una letra seguida de un entero.

Ejemplo:

A , K , X , C1 , X5

#### Operadores

En BASIC para indicar operaciones aritméticas, se utilizan los siguientes símbolos llamados operadores:

Exponenciación      ^

Multiplicación      \*

División             /

Suma                 +

Resta                -

Los operadores se utilizan para unir constantes o variables numéricas formando expresiones aritméticas o fórmulas.

Una expresión aritmética o fórmula puede estar formada por una constante, una variable numérica o una combinación de constantes, variables numéricas y operadores, sin embargo es necesario que cualquier variable numérica que aparezca en una fórmula se le haya asignado previamente un valor numérico.

Prioridades entre operadores al ejecutar operaciones:

- 1.- Se ejecutan las operaciones de exponenciación.
- 2.- La multiplicación y división, dentro de una fórmula en la que aparecen multiplicación y división, se ejecutan según el orden de aparición ya que ambas tienen la misma jerarquía.
- 3.- Suma y resta, al aparecer en una fórmula operaciones de suma y resta, también se ejecutan según su orden de aparición ya que tienen la misma jerarquía.

Por lo tanto en una expresión en la que se tengan operaciones de exponenciación, multiplicación, división, suma, resta, estas se ejecutarán de acuerdo a las prioridades señaladas, es decir primero las exponenciaciones, luego las multiplicaciones y/o divisiones y por último las sumas y/o restas. Las operaciones son ejecutadas de izquierda a derecha dentro de un mismo grupo jerárquico.

ejemplos:

Expresion BASIC

$$A/B*C$$

$$B^2-4*A*C$$

Expresion Algebraica

$$\frac{a}{b} * c$$

$$b^2 - 4ac$$

Una forma de alterar la jerarquía normal de ejecución de las operaciones, es mediante el uso de paréntesis ya que en una fórmula en la que aparezcan paréntesis, siempre por pares, se realizan primero las operaciones que se encuentran dentro de los paréntesis observando la jerarquía ya establecida antes.

ejemplos:

Expresión BASIC

$(A+B)/2$

$S*(M+N+O)$

Expresión Algebraica

$\frac{a+b}{2}$

$S*(m+n+o)$

#### Funciones

En el lenguaje BASIC al igual que en otros lenguajes es posible evaluar funciones matemáticas, teniendo acceso a la función mediante la referencia de su nombre.

Las funciones matemáticas más comúnmente utilizadas son las siguientes:

Descripción	Función
valor absoluto de x	ABS(X)
ángulo cuya tangente es x	ATN(X)
coseno de x	COS(X)
cotangente de x	COT(X)
exponencial de x	EXP(X)
asigna el mayor valor entero de x	INT(X)
logaritmo natural de x	LOG(X)
determina el signo de x	SGN(X)
seno de x	SIN(X)

raíz cuadrada de x

SQR(X)

tangente de x

TAN(X)

Las funciones matemáticas descritas son subprogramas que forman parte integral del lenguaje, de tal manera que basta hacer referencia a la función deseada dentro del programa para que ejecute la serie de instrucciones correspondientes a dicha función.

La parte que se encuentra encerrada dentro del paréntesis recibe el nombre de argumento. El valor del argumento para las funciones trigonométricas se debe proporcionar en radianes.

Proposiciones READ y DATA.

La proposición READ se utiliza para proporcionar datos a un programa que los requiera, y está formada por un número de proposición, la palabra READ y una lista de variables separadas por comas.

ejemplo:                   10 READ X,Y,Z,A\*

La proposición READ se utiliza siempre en combinación con la proposición DATA; esta última se forma con un número de proposición, la palabra DATA y una lista de constantes numéricas o alfanuméricas separadas por comas.

ejemplo:                   140 DATA 5,9,-4,ALFA

La proposición DATA sirve para colocar datos que serán asignados mediante la proposición READ; puede ser colocada en cualquier punto del programa.

Con la proposición READ los datos forman parte del programa fuente ; si se desea cambiar se debe sustituir la línea o líneas de data que los contengan.

#### Proposición INPUT

La proposición INPUT se utiliza para introducir datos numericos o alfanumericos a la computadora durante la ejecución del programa .

La proposición esta formada por un número de proposición , la palabra INPUT , y una lista de variables separadas por comas.

ejemplo:           25 INPUT A,B,C,N\$

Cuando durante la ejecución de un programa se encuentra la proposición INPUT , se escribe un signo de interrogación en la pantalla , indicando solicitud de datos.

El signo de interrogación se escribe normalmente en el principio de un nuevo renglón, y la ejecución del resto del programa queda detenida hasta recibir los datos solicitados.

Cuando aparece el símbolo de interrogación en la pantalla , se debere suministrar la información solicitada , escribiendo los datos necesarios mediante el teclado. transmitiendo la información a la computadora para que la ejecución del programa continúe. Por lo cual la proposición INPUT es útil en progamas en modo conversacional.

#### Proposición PRINT.

La proposición PRINT se utiliza para transmitir datos de salida numericos o constantes alfanuméricos .

La proposición se forma con un número de proposición , la palabra clave PRINT y una lista de elementos de salida , que pueden ser números , fórmulas o constantes alfanuméricas ; estos elementos se pueden separar por medio de comas .

ejemplo:                   30 PRINT C1,C2  
                              50 PRINT "RESULTADOS"

#### Proposición LPRINT.

Algunas versiones del BASIC para microcomputadoras incluyen la proposición LPRINT , que se emplea específicamente para imprimir datos de salida en una impresora de líneas o en un terminal de máquina (en lugar de una pantalla).

La proposición es idéntica a la proposición PRINT , excepto por el empleo de la palabra clave LPRINT en lugar de PRINT.

#### Proposición END.

La proposición END indica fin del programa. Esta proposición consta de un número de proposición seguido de la palabra clave END , debe ser la última proposición del programa , y su número de proposición debe de ser el mayor dentro del programa.

ejemplo:                   100 END

#### Proposición REM.

La forma más común de introducir comentarios en un programa en BASIC es utilizando la proposición REM seguidas de un mensaje textual .

La proposición REM se puede insertar en cualquier parte del programa.

ejemplo:                   20 REM ANALISIS Y DISEÑO

Proposición GO TO

Las proposiciones de un programa BASIC se ejecutan normalmente en el orden en que aparecen, sin embargo, a veces es necesario "saltar" a otra parte del programa, alterando la secuencia normal de ejecución.

Esto se puede hacer utilizando la proposición GO TO.

Una Proposición GO TO permite transferir el control a otra proposición de un programa en BASIC.

La proposición GO TO está formada por un número de proposición seguido de la palabra clave GO TO y del número de la proposición a la que se quiere transferir el control.

ejemplo:                   90 GO TO 60

Operadores de Relación

Para ejecutar la bifurcación condicional en el BASIC se debe tener una forma de indicar las condiciones de igualdad o desigualdad, y por medio de los operadores de relación que se indican estas condiciones. Estos operadores son:

Igual a:	=
No igual a:	<>
Menor que:	<
Menor o igual que:	<=
Mayor que:	>
Mayor o igual que:	>=



Los operadores de relación se utilizan para conectar cantidades numéricas o alfanuméricas formando así conexiones que pueden estar satisfechas o insatisfechas.

Proposición IF - THEN.

La proposición IF - THEN se utiliza para llevar a cabo la operación de bifurcación condicional.

La proposición consiste de las palabras IF y THEN , separadas por una relación , seguidas del número de la proposición remota , a la cual se transfiere el control cuando se ejecute la proposición IF - THEN si la condición se satisface , en caso contrario , la ejecución continúa con la proposición que está a continuación del IF - THEN.

ejemplo                            40 IF I >= 100 THEN 80  
                                  45 I = I + 1

Proposición STOP.

La proposición STOP se utiliza para terminar la ejecución en cualquier lugar del programa , es equivalente a una proposición GO TO que transfiera el control a una proposición END.

La proposición está formada por un número de proposición y la palabra STOP.

ejemplo:                            75 STOP

Proposición FOR TO NEXT.

La proposición FOR TO especifica el número de veces que se debe ejecutar el ciclo ; esta proposición debe ser siempre la primera del ciclo.

Entre las palabras FOR y TO se debe incluir una variable numérica no subindicada, llamada variable de ejecución, cuyo valor varía cada vez que se ejecuta el ciclo.

El número de veces que se ejecuta el ciclo está determinado por los valores inicial y final de la variable de ejecución.

ejemplo:           50 FOR I = 1 TO 10

La variable de ejecución se incrementa en 1 unidad a menos que la proposición FOR - TO indique lo contrario, ya que es posible incrementar la variable de ejecución en un valor diferente de 1 si se desea añadiendo la cláusula STEP a la proposición FOR - TO.

Así como un ciclo siempre comienza con una proposición FOR-TO siempre termina con una proposición NEXT, el ciclo completo está comprendido por todas las proposiciones existentes entre las proposiciones FOR - TO y NEXT.

La proposición NEXT se forma con un número de proposición, seguido de la palabra clave NEXT, y a continuación un nombre de variable de ejecución, que debe ser la misma variable definida para la proposición FOR - TO correspondiente.

ejemplo:                   90 NEXT I

#### Proposición GOSUB.

Una subrutina se referencia por medio de la proposición GOSUB, la cual consiste en un número de proposición, la palabra clave GOSUB, y el número de la primera proposición se transfiere el control a la subrutina, y cuando se encuentre

una proposición RETURN el control se regresa hacia la proposición siguiente a la GOSUB.

ejemplo:                   100 GOSUB 200  
                              :            :  
                              :            :  
                              300 RETURN

#### Funcion TAB

La función TAB permite al programador especificar el posicionamiento exacto de cada elemento de salida listado con la proposición PRINT, lo cual permite una mayor flexibilidad en el espacio de los datos de salida.

Cada vez que aparece la función TAB en una lista de salida, el cabezal de impresión del terminal se mueve hacia la derecha hasta llegar a la columna especificada.

ejemplo:                   100 PRINT TAB(9);A;TAB(27);B\*

#### Proposición LOCATE

La proposición LOCATE

La proposición LOCATE permite al programador especificar el posicionamiento exacto de cada elemento en la pantalla de video, asociada con las proposiciones INPUT y PRINT, lo cual permite una mayor flexibilidad en el espacio de los datos de entrada y salida en pantalla, esta formada por un número de proposición, la palabra LOCATE seguida de dos constantes numéricas separadas por una coma, donde la primera de ellas representa el número de renglones y la segunda el número de columna.

ejemplo:

```
100 LOCATE 10,5 : INPUT " Datos ":D,E,F  
500 LOCATE 10,10: INPUT " Resultados":D,E,F
```

**At = INPUT#(1):** instrucción que permite al programador mantener los datos de entrada y salida en pantalla.

**CLS** Instrucción que permite al programador borrar lo que aparezca en pantalla.

#### 4.2 Información General Sobre el Programa

El programa que aquí se describe sirve para analizar y diseñar traves-carril simplemente apoyadas, que soporten una o dos traves-puente, las cuales transmiten las reacciones por medio de dos o más ruedas en cada trabe-carril, procesándose hasta solo dos ganchos de carga, con sus respectivos carros y polipastos.

El programa podrá ser utilizado para el análisis de la trabe-carril solo en los siguientes casos:

- a) Cuando solo soporte una grúa-puente con 1 o 2 ganchos de izaje y con 2 ruedas sobre cada trabe-carril, analizando esta como:
  - Viga simplemente apoyada con una carga móvil y concentrada en el centro del claro.
  - Viga simplemente apoyada con dos cargas móviles, iguales y concentradas
- b) Cuando solo soporte una grúa-puente con 1 o 2 ganchos de izaje y con 4 ruedas sobre cada trabe-carril, analizando esta como:
  - Viga simplemente apoyada con cuatro cargas móviles, iguales y concentradas, utilizando el método de líneas de influencia.
- c) Cuando soporte 2 grúas-puente con 1 o 2 ganchos de izaje, respectivamente y con 2 ruedas cada una sobre cada trabe-carril, analizando esta como:
  - Viga simplemente apoyada con 4 cargas móviles y concentradas utilizando el método de líneas de influencia

- d) Cuando soporte 2 grúas-puente con 1 ó 2 ganchos de izaje y con 2 y 4 ruedas respectivamente cada una sobre cada trabe-carril , analizando esta como :
- Viga simplemente apoyada con 6 cargas móviles y concentradas utilizándose el método de líneas de influencia.
- e) Cuando soporte 2 grúas-puente con 1 ó 2 ganchos de izaje respectivamente y con 4 ruedas cada una sobre cada trabe-carril , analizando esta como:
- Viga simplemente apoyada con 8 cargas móviles y concentradas utilizando el método de líneas de influencia.

En el dimensionamiento de la sección de la trabe-carril , el programa solo , lo hara para tres secciones diferentes , las mas comunes ; siendo estas:

- Sección Compuesta de 5 Placas Soldadas.
- Sección Compuesta de 3 Placas Soldadas y una Sección Canal.
- Sección Compuesta de 3 Placas Soldadas.

El programa nos proporciona la opción de elegir el tipo de dimensionamiento de la sección ya sea generando las dimensioness de los anchos y espesores de la sección elegida proporcionando solamente el claro de la trabe-carril,asi como los elementos mecánicos de diseño , el esfuerzo de fluencia , modulo de elasticidad del acero y utilizando una subrutina de ayuda la cual contiene una tabla de los espesores de placas mas comunes.0 la de solo proporcionar las dimensiones de los anchos y espesores que definen a la sección de la trabe-carril. Para posteriormente el programa obtenga las propiedades geometricas de la sección deseada , asi como los esfuerzos

permisibles , la revisión por cortante , atiesadores extremos e intermedios , la revisión por aplastamiento del alma , soldadura , peso total de la trabe-carril y la revisión por deflexión permisible.

Los datos que se procesan , son proporcionados por el fabricante , los cuales vaciamos en una forma llamada "Datos para el análisis y diseño de trabe-carril", (tabla 4.1) para luego introducirlos en el programa conforme este los vaya pidiendo.

En el análisis de la trabe-carril, el programa procede como sigue:

Primero se obtienen las reacciones estáticas verticales de la trabe-puente (esto lo hace sumando los pesos del carro más el peso del polipasto , más la carga de izaje del gancho correspondiente y localizando estos pesos en las distancias de acercamiento mínimas a la trabe-carril), a la reacción máxima le aplica un factor de impacto , para obtener la fuerza vertical ; después calcula la fuerza lateral horizontal , sumando el peso del carro más la fuerza de izaje , aplicando un factor debido a carga horizontal y una fuerza longitudinal que es un porcentaje de la reacción vertical , cuyo valor varía de acuerdo al tipo de servicio de la grúa.

El segundo paso es la obtención de los elementos mecánicos para lo cual se emplean las formulas , para 2 cargas iguales y móviles , que aparecen en la página 335 del manual Monterrey o el método de líneas de influencia , en el caso de que se tengan más de 2 cargas móviles . obteniendo así las reacciones

Datos requeridos para el análisis y diseño de las traves-carril.

Tipo de grúa :  
Fabricante :  
No de grúas :  
No de puentes :

Tipo de servicio de la(s) grúa(s) :  
(A) Mantenimiento (C) Mediano (E) Cíclico  
(B) Ligero (D) Pesado

Capacidad de la(s) grúa(s):  
Fuerza de izaje en el gancho principal  $G_1 =$  Kg  
Fuerza de izaje en el gancho secundario  $G_2 =$  Kg

Peso de la grúa-puente:  
Peso propio de la trabe-puente  $W_1 =$  Kg  
Peso propio del carro principal  $W_2 =$  Kg  
Peso propio del carro secundario  $W_3 =$  Kg  
Peso propio del polipasto principal  $W_4 =$  Kg  
Peso propio del polipasto secundario  $W_5 =$  Kg

Dimensiones en la trabe-puente:  
Distancia mínima entre el gancho principal y la trabe-carril  $A =$  cm  
Distancia mínima entre el gancho secundario y la trabe-carril  $A_1 =$  cm  
Distancia máxima entre ganchos  $B =$  cm  
Distancia entre ejes de traves-carril  $D =$  cm  
Número de ruedas sobre la trabe-carril  $NR =$   
Distancia entre ruedas sobre la trabe carril  $C =$  cm  
Longitud de trabe-carril  $L =$  cm  
Peso propio de la trabe-carril  $W =$  Kg/cm  
( 1.25 a 5.0 kg/cm )

Nota: El peso propio del carro puede tomarse aproximadamente como el 25% del peso propio de la trabe-puente.

Observaciones: Dentro del peso propio del carro se incluye el peso propio del polipasto.

Tabla 4.1



y momentos máximos , tanto verticales como horizontales.

Después calcula las reacciones y el momento debidos al peso propio de la trabe-carril ; para luego obtener los momentos y reacciones de diseño verticales y horizontales , (sumando los momentos y reacciones máximos verticales con el momento y las reacciones debidas al peso propio de la trabe-carril).

Para el dimensionamiento el programa hace lo siguiente:

Pregunta que tipo de sección desea dimensionar desplegando en pantalla las secciones siguientes:

- (A) Sección Compuesta de 5 Placas Soldadas.
- (B) Sección Compuesta de 3 Placas Soldadas y una Sección Canal
- (C) Sección Compuesta de 3 Placas Soldadas.

Si se elige la sección A , el programa vuelve a preguntar que tipo de dimensionamiento quiere efectuar ; desplegando en pantalla las siguientes opciones:

- 1) Generación de Datos.
- 2) Alimentación de Datos (Revisión).

Si se elige la opción 1 , el programa pedirá los valores correspondientes al esfuerzo de fluencia y modulo de elasticidad del acero , para que a partir del claro de la trabe-carril , los elementos mecánicos de diseño y ayudandose de una subrutina que contiene una tabla de espesores de placas , procede a obtener las dimensiones de los anchos y espesores que definen la sección a dimensionar.

Si se elige la opción 2 , el programa pedirá los valores de los anchos y espesores que definen a la sección . Esta opción

comunmente es utilizada para efectuar la revisión de una sección ya dimensionada.

Si se elige la sección B , el programa desplegará en pantalla una tabla , la cual , contiene las secciones canal más usuales con sus respectivas propiedades geométricas , preguntando que sección canal se desea usar.

Después de elegir la sección canal , el programa pregunta que tipo de dimensionamiento se quiere hacer para la I soldada , desplegando en pantalla las opciones siguientes:

- 1) Elección de Datos Almacenados.
- 2) Generación de Datos.
- 3) Alimentación de Datos (Revisión).

Si se elige la opción 1 el programa desplegará en pantalla una tabla que contiene las secciones I soldadas más comunes con sus respectivos anchos y espesores , preguntando que sección I soldada se desea usar.

Si se elige la opción 2 el programa efectuará el mismo proceso descrito para la sección A , opción 1.

Si se elige la opción 3 el programa efectuará el mismo proceso descrito para la sección B , opción 2.

Si se elige la sección C , el programa preguntará que tipo de dimensionamiento se requiere hacer para la I soldada , desplegando en pantalla las opciones descritas para la sección E , siguiendo la misma secuencia.

Después de haber elegido el tipo de sección y la forma del dimensionamiento obteniendo las dimensiones de los anchos y espesores que definen a la sección deseada , el programa procede a obtener las propiedades geométricas de la sección.

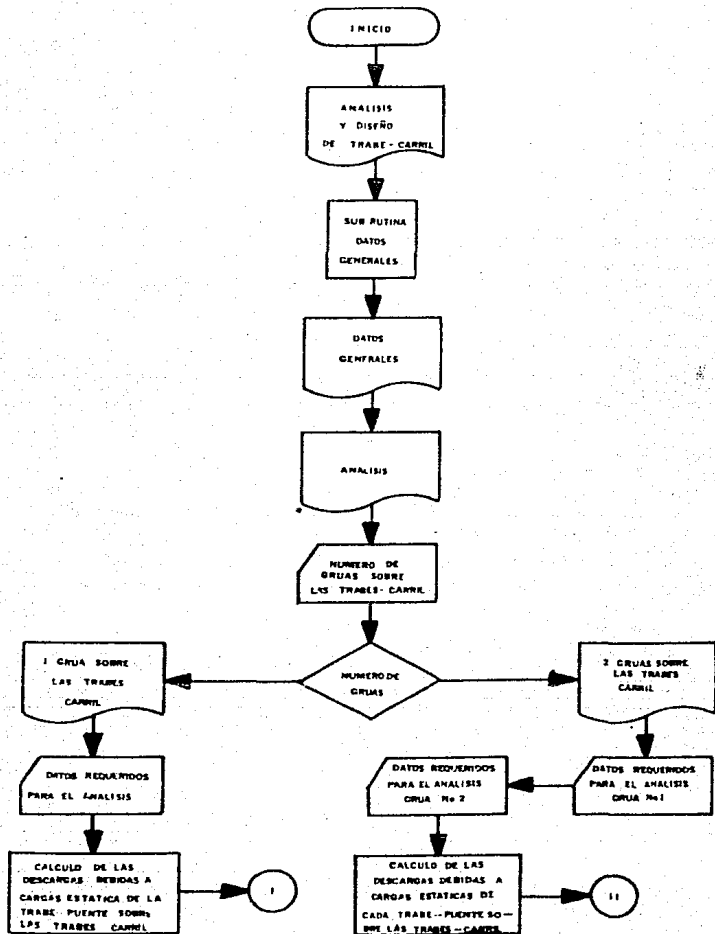
Dentro del diseño el programa obtiene los esfuerzos actuantes y permisibles tanto en la zona de compresión ( patín de compresión ) , como en la zona de tensión ; haciendo la revisión por flexión , luego efectua la revisión del esfuerzo cortante en el alma calculando los esfuerzos cortantes actuante y permisible , comparandolos entre si , para posteriormente revisar si se necesitan o no atiesadores intermedios , luego efectua el cálculo de las dimensiones de los atiesadores extremos ; revisandolos como columna .

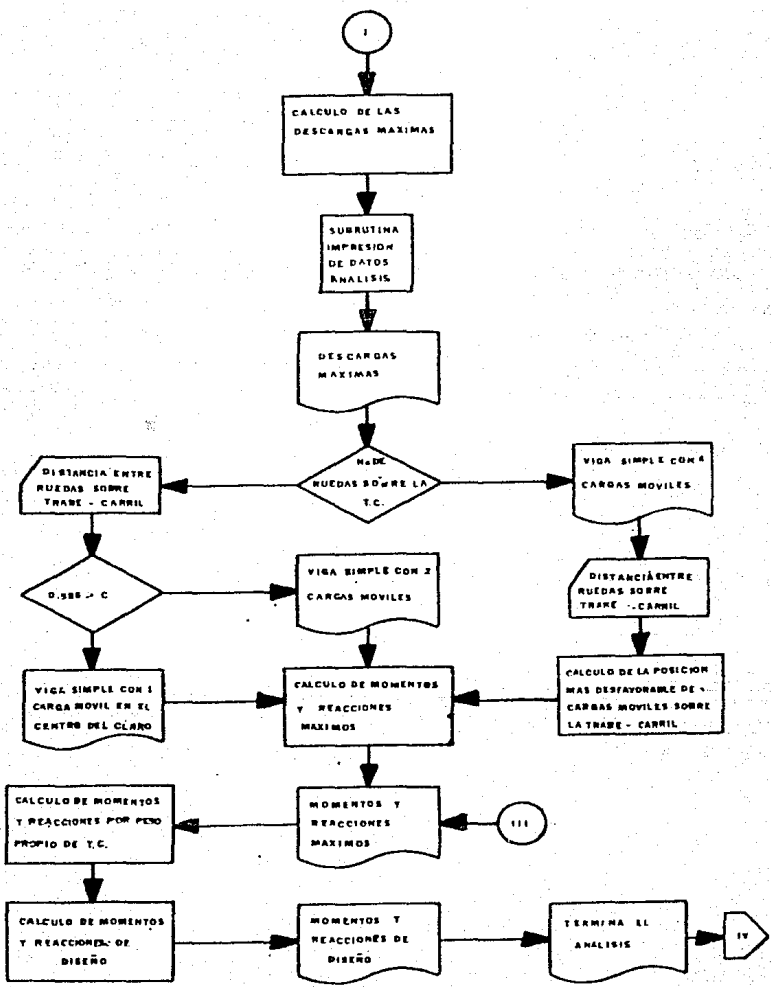
Posteriormente hace la revisión por aplastamiento del alma , luego calcula el tipo de soldadura a usar tanto en el patín y alma , en el patín superior, alma y atiesadores .

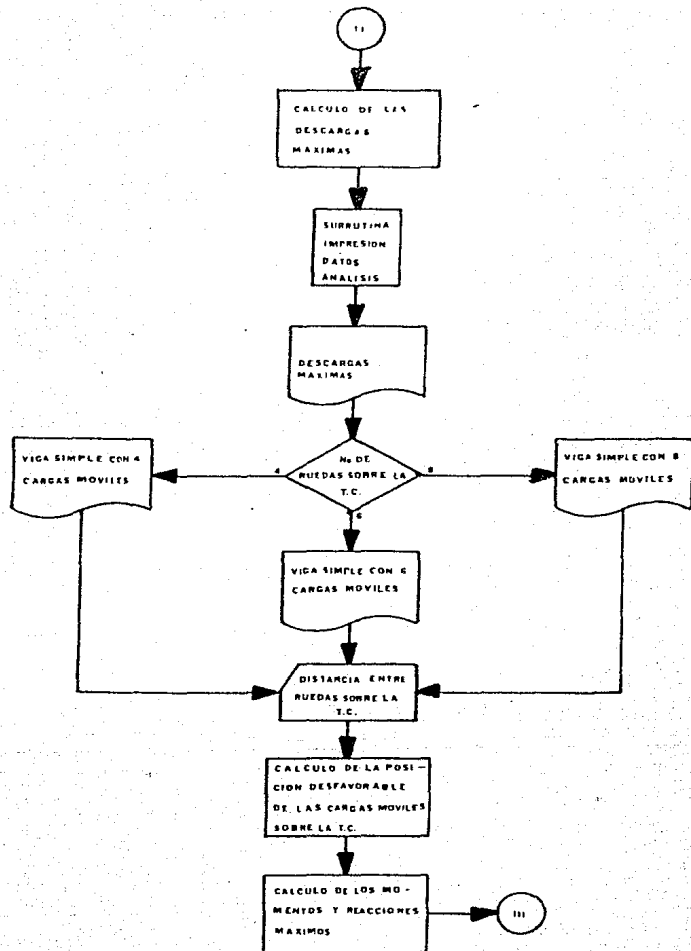
Al termino de esto procede a calcular el peso total real de la trabe-carril , para luego efectuar la revisión por deflexión permisible.

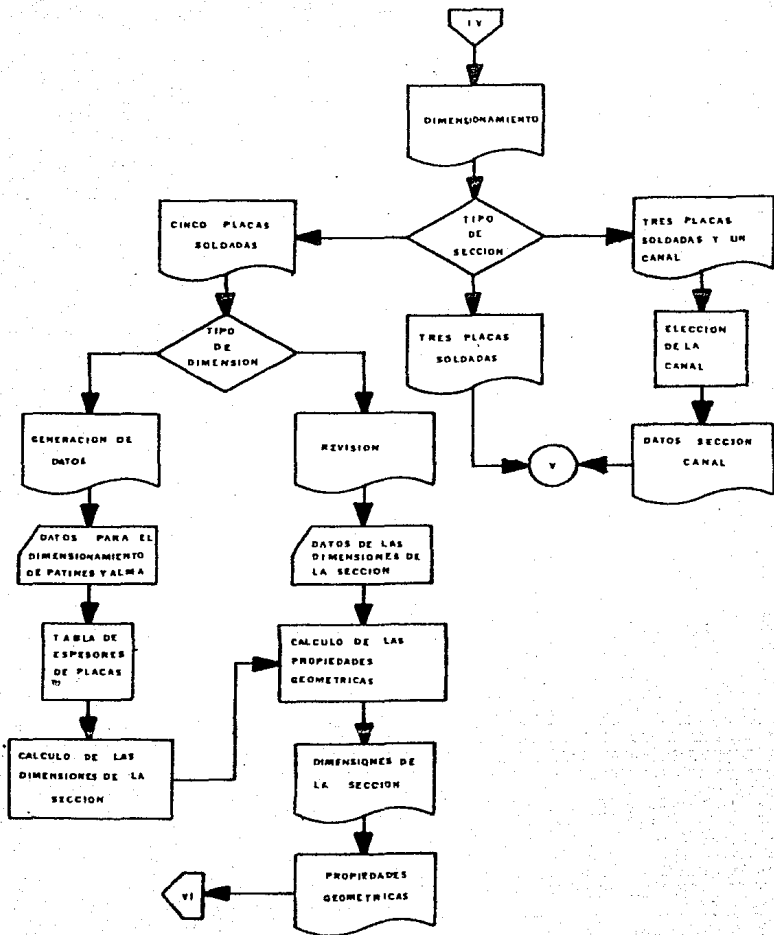
En el listado se imprimen los datos que se procesaron , los elementos mecánicos y la sección de la trabe-carril con las propiedades geométricas , los esfuerzos permisibles , la revisión por cortante , atiesadores , revisión por aplastamiento del alma , soldadura , peso total de la trabe-carril y la revisión por deflexión permisible.

### 4.3 DIAGRAMAS DE BLOQUES

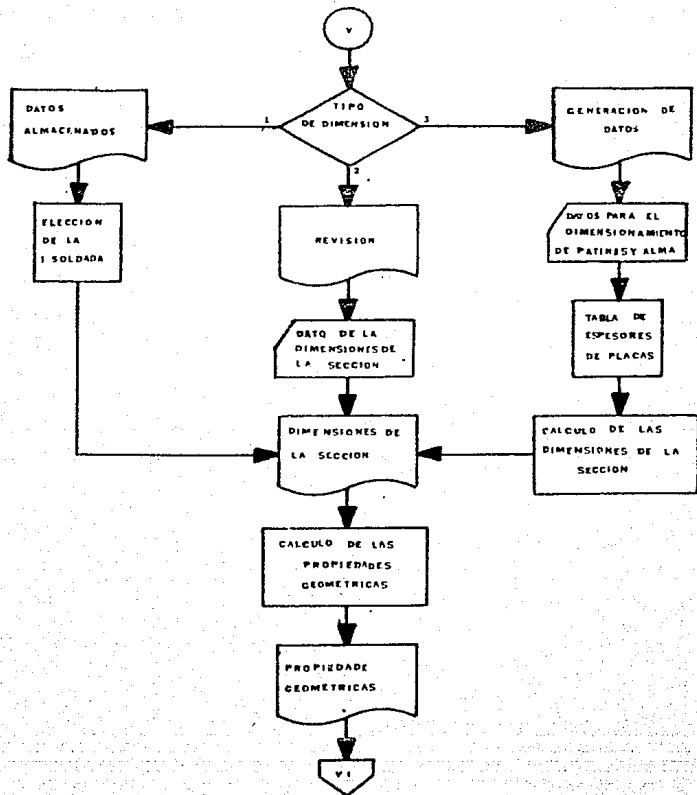


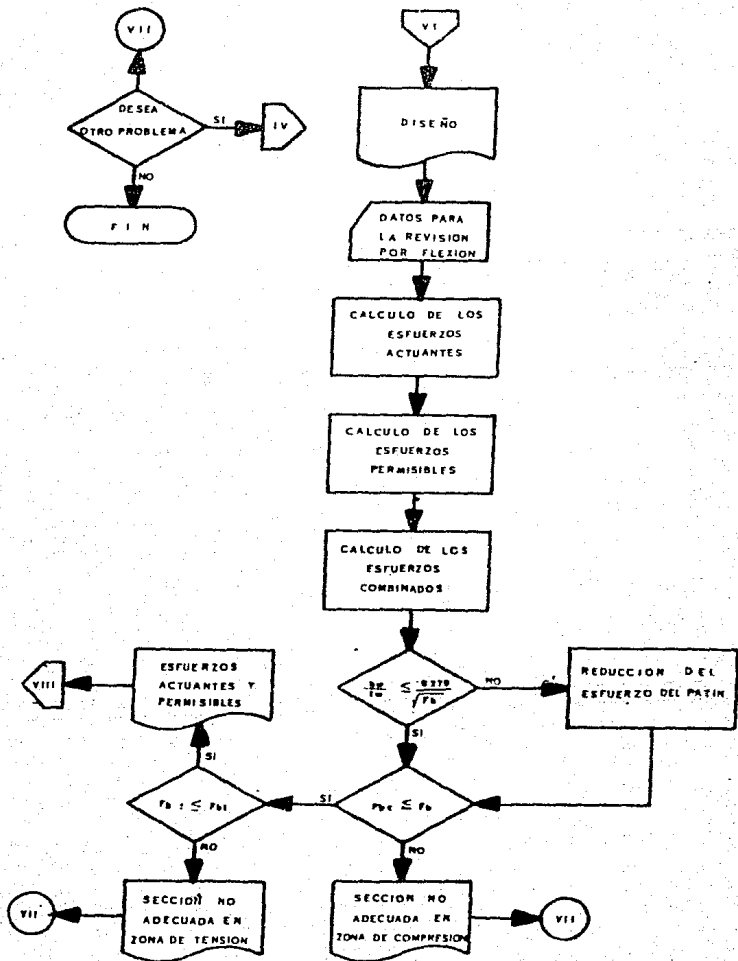


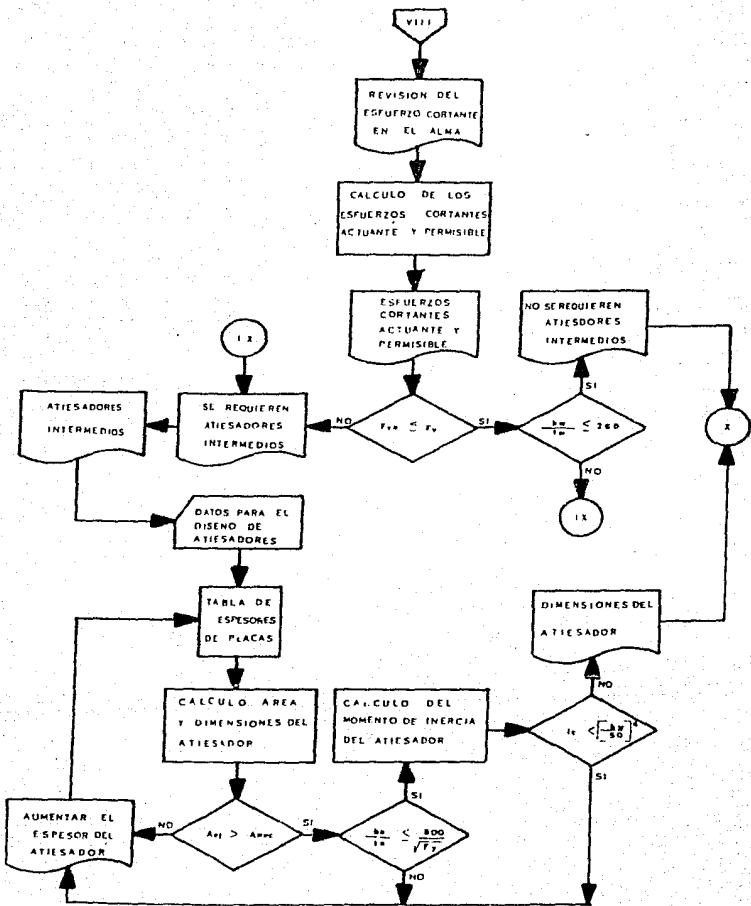


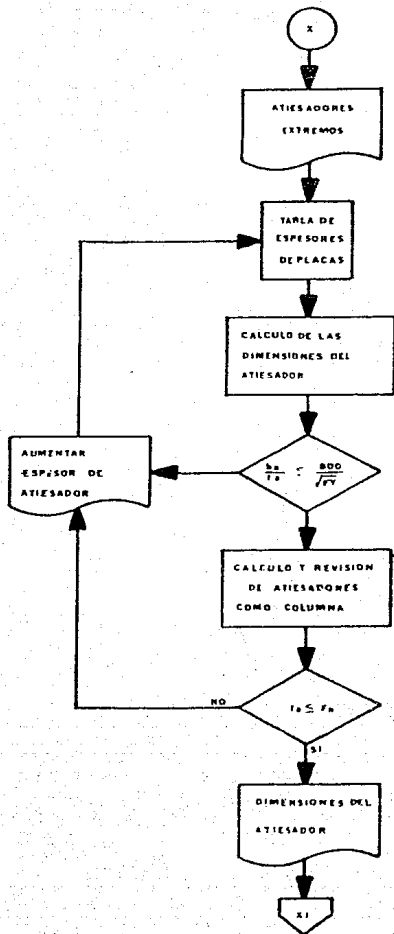


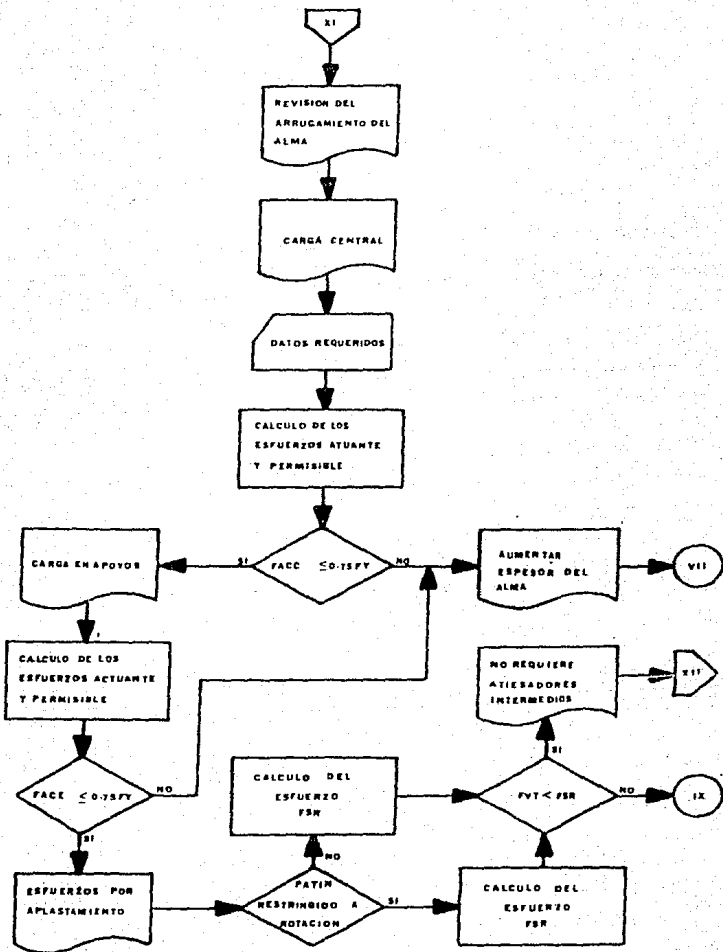


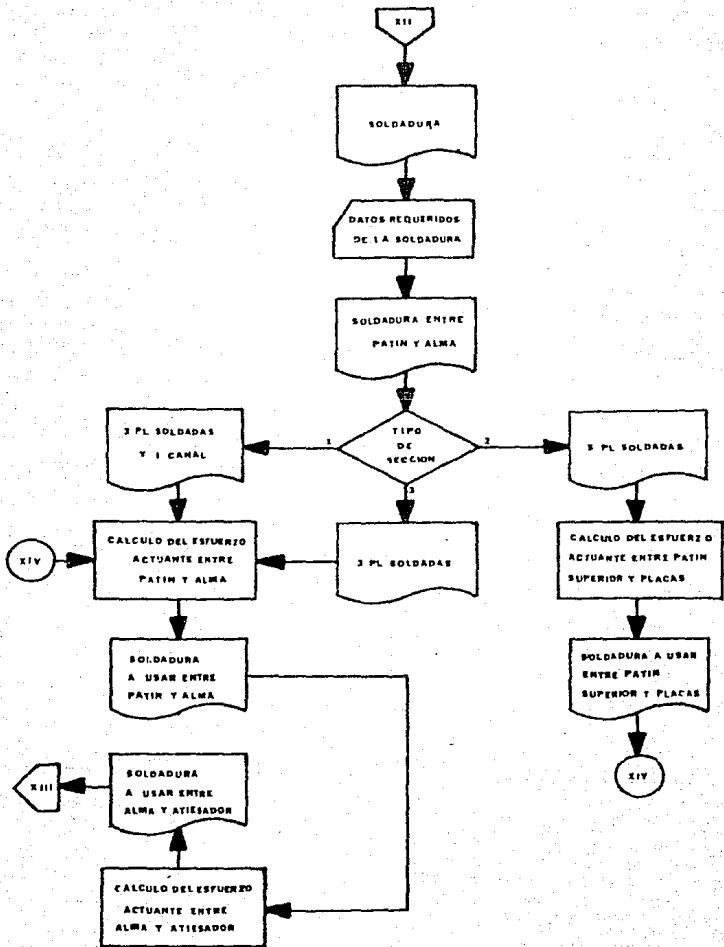


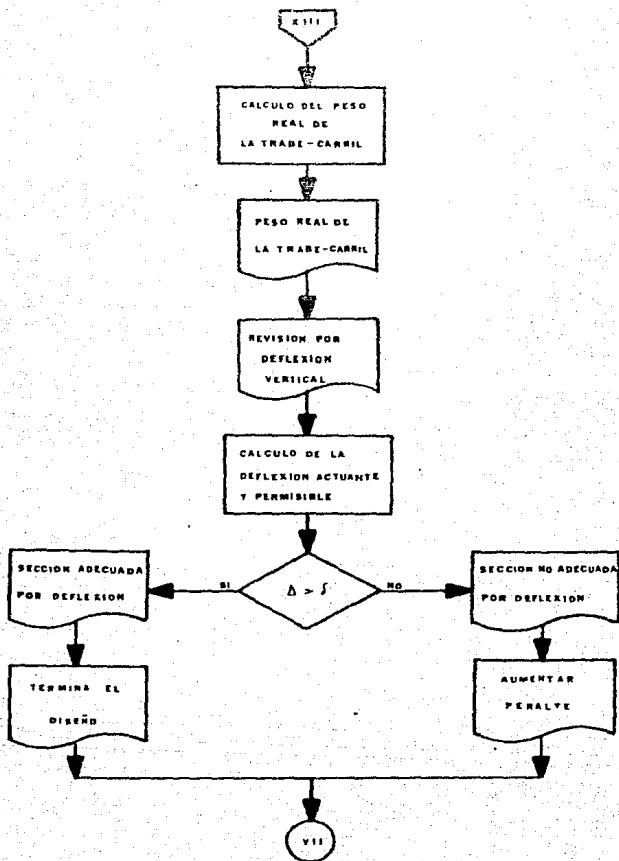












#### 4.4 LISTADO DEL PROGRAMA



```

LOCATE 1,5:PRINT "*****"
LOCATE 2,5:PRINT "*****"
LOCATE 3,5:PRINT "*****"
LOCATE 4,5:PRINT "*****"
LOCATE 5,5:PRINT "***** UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO *****"
LOCATE 6,5:PRINT "*****"
LOCATE 7,5:PRINT "*****"
LOCATE 8,5:PRINT "***** E.N.E.F. ARAGON *****"
LOCATE 9,5:PRINT "*****"
LOCATE 10,5:PRINT "*****"
LOCATE 11,5:PRINT "***** INGENIERIA CIVIL *****"
LOCATE 12,5:PRINT "*****"
LOCATE 13,5:PRINT "*****"
LOCATE 14,5:PRINT "***** PROGRAMA PARA EL ANALISIS Y DISEÑO DE *****"
LOCATE 15,5:PRINT "***** VIGAS DE APOYO PARA GRUAS VIAJERAS *****"
LOCATE 16,5:PRINT "*****"
LOCATE 17,5:PRINT "*****"
LOCATE 18,5:PRINT "***** ELABORADO POR: *****"
LOCATE 19,5:PRINT "*****"
LOCATE 20,5:PRINT "***** SAMPEDRO MENDOZA JUAN CARLOS *****"
LOCATE 21,5:PRINT "*****"
LOCATE 22,5:PRINT "*****"
LOCATE 23,5:PRINT "*****"
LOCATE 24,5:PRINT "*****"
GO SUB 20000
A$=INPUT$(1) : CLS
LPRINT"*****"
LPRINT"***** ANALISIS *****"
LPRINT"*****"
LPRINT : LPRINT
LOCATE 3,5:PRINT "ANALISIS"
LPRINT"DATOS REQUERIDOS PARA EL ANALISIS Y DISEÑO:"
LPRINT
LOCATE 12,5:INPUT"TIPO DE GRUA:";TG$
LOCATE 14,5:INPUT"FABRICANTE:";F$
LOCATE 16,5:INPUT"NO DE PUENTES-GRUA:";NPG,C$
LPRINT"TIPO DE GRUA: " ;TG$
LPRINT"FABRICANTE: " ;F$
LPRINT"NO DE PUENTES-GRUA: " ;NPG,C$
LOCATE 16,5:INPUT"TIPO DE SERVICIO DE LA GRUA:";D$,E$
LPRINT"TIPO DE SERVICIO DE LA GRUA: " ;D$,E$
A$=INPUT$(1):CLS
LPRINT : LPRINT
00075 LOCATE 8,5:INPUT "NUMERO DE GRUAS SOBRE LA TRASE-CARRIL";NG
IF NG=1 THEN 12
IF NG=2 THEN 10
IF NG=3 THEN 75
00010 GO TO 20000
00012 A$=INPUT$(1):CLS
LOCATE 8,5:PRINT"CAPACIDAD DE LA GRUA:"
LOCATE 10,5:INPUT "FUERZA DE IZAJE EN EL GANCHO PRINCIPAL (KG)=";G1

LOCATE 12,5:INPUT "FUERZA DE IZAJE EN EL GANCHO SECUNDARIO (KG)=";G2

```

```

LOCATE 14,5:PRINT "PESO DE LA GRUA-FUENTE:"
LOCATE 16,5:INPUT "PESO PROPIO DE TRABE FUENTE (KG)=":W1
LOCATE 18,5:INPUT "PESO PROPIO DEL CARRO PRINCIPAL (KG)=":W2
LOCATE 20,5:INPUT "PESO PROPIO DEL CARRO SECUNDARIO (KG)=":W3
LOCATE 22,5:INPUT "PESO PROPIO DEL POLIFASIO PRINCIPAL (KG)=":W4
LOCATE 24,5:INPUT "PESO PROPIO DEL POLIFASIO SECUNDARIO (KG)=":W5:CLS
LOCATE 8,5:PRINT "DIMENSIONES DE LA TRABE-FUENTE:"
LOCATE 10,5:INPUT "DISTANCIA MINIMA ENTRE EL GANCHO PRINCIPAL Y LA TRABE C
ARRIL (cm)=":A
LOCATE 12,5:INPUT "DISTANCIA MINIMA ENTRE EL GANCHO SECUNDARIO Y LA TRABE
CARRIL (cm)=":A1
LOCATE 14,5:INPUT "DISTANCIA MINIMA ENTRE GANCHOS (cm)=":B
LOCATE 16,5:INPUT "DISTANCIA ENTRE EJES DE TRABES CARRIL (cm)=":D
LOCATE 18,5:INPUT "DISTANCIA ENTRE EJES DE COLUMNA (cm)=":L
LOCATE 20,5:INPUT "PESO PROPIO DE TRABE CARRIL (KG/cm)=":W
LOCATE 22,5:INPUT "NUMERO DE RUEDAS SOBRE TRABE CARRIL "":N:CLS
00045 PRINT
REM DESCARGAS DEBIDAS A CARGAS ESTATICAS
PRINT
P1=G1+W2+W4 : P2=G2+W3+W5
AB=D-(A+B) : BA=D-(A1+B)
R2=(P1+A+P2*(D-AB))/D : R1=(P1+P2)-R2
R4=(P1+BA+P2*(D-A1))/D : R3=(P1+P2)-R4
R5=W1/2 : R6=R5
RM1=R1+R5 : RM2=R4+R6
IF RM1>RM2 THEN RM=RM1:GO TO 140
RM=RM2
00140 LOCATE 8,5:INPUT "TIPO DE SERVICIO DE LA GRUA (1:A;(2):B;(3):C;(4):D;(5):E):(1)
SG:CLS
IF TSG=1 THEN CV=1.10 : CH=0.10 : CL=0.05 : GO TO 235
IF TSG=2 THEN CV=1.13 : CH=0.10 : CL=0.05 : GO TO 235
IF TSG=3 THEN CV=1.25 : CH=0.20 : CL=0.10 : GO TO 235
IF TSG=4 THEN CV=1.25 : CH=0.20 : CL=0.10 : GO TO 235
IF TSG=5 THEN CV=1.50 : CH=0.25 : CL=0.25 : GO TO 235
00235 A$=INPUT$(1):CLS
PRINT
REM CALCULO DE LA CARGA VERTICAL
PRINT
FV=(CV*RM)/NR2
PRINT
REM CALCULO DE LA CARGA HORIZONTAL
PRINT
RH=CH*(G1+G2+W2+W3)/2 : PH=RH/NR2
PRINT
REM CALCULO DE LA CARGA LONGITUDINAL
PRINT
FL=CL*FV
IF NG=1 THEN 3125
LOCATE 8,5 : LPRINT GRUA No 2"
03125 GO SUB 23000
LPRINT"TIPO DE SERVICIO DE LA GRUA: " : D$,E$
LPRINT"CARGA VERTICAL = " : CV
LPRINT"CARGA HORIZONTAL = " : CH

```

```

LPRINT"CARGA LONGITUDINAL = " ; CL
LPRINT : LPRINT ; A$=INPUT$(1)
LPRINT"DESCARGA MAXIMA VERTICAL POR RUEDA (KG) = " ; FV
LPRINT"DESCARGA MAXIMA HORIZONTAL POR RUEDA (KG) = " ; FH
LPRINT"DESCARGA MAXIMA LONGITUDINAL (KG) = " ; FL ; A$=INPUT$(1) : CL
S
LPRINT : LPRINT
NR = NR1 + NR2
IF NR=2 THEN 350
GO TO 800
00350 U=0.586*L
LOCATE 5,5 : INPUT"DISTANCIA ENTRE RUEDAS SOBRE LA TRABE-CARRIL (cm) =" ; C
IF U<C THEN 390
LPRINT "CASO 2,VIGA SIMPLE CON CARGA CONCENTRADA EN EL CENTRO DEL CLARO"
LPRINT
FV=2*PV ; MMAXV=(FV*L)/4 ; RMAXV=FV ; PH=2*FH ; MMAXH=(FH*L)/4 ; RMAXH=PH
: GO TO 410
00390 LPRINT "CASO 1,VIGA SIMPLE CON DOS CARGAS IGUALES,MOVILES Y CONCENTRADAS"
LPRINT
MMAXV=(FV*(2*L))*(L-C/2)^2 ; RMAXV=FV*(2-C/L) ; MMAXH=(FH*(2*L))*(L-C/2)^2
: RMAXH=PH*(2-C/L)
00410 LPRINT "MOMENTO MAXIMO VERTICAL MMAXV= " ; MMAXV
LPRINT "REACCION MAXIMA VERTICAL RMAXV= " ; RMAXV
LPRINT "MOMENTO MAXIMO HORIZONTAL MMAXH= " ; MMAXH
LPRINT "REACCION MAXIMA HORIZONTAL RMAXH= " ; RMAXH
LPRINT
RPP=(W*L)/2 ; MPP=(W*L^2)/6
LPRINT "MOMENTO POR PESO PROPIO MPP= " ; MPP
LPRINT "REACCION POR PESO PROPIO RPP= " ; RPP
LPRINT : LPRINT
A$=INPUT$(1) : CLS
MDSV=MMAXV+MPP ; RDSV=RMAXV+RPP ; MDISH=MMAXH ; RDISH=RMAXH
LPRINT "MOMENTO DE DISEÑO VERTICAL MDSV= " ; MDSV
LPRINT "REACCION DE DISEÑO VERTICAL RDSV= " ; RDSV
LPRINT "MOMENTO DE DISEÑO HORIZONTAL MDISH= " ; MDISH
LPRINT "REACCION DE DISEÑO HORIZONTAL RDISH= " ; RDISH
LPRINT : LPRINT
A$=INPUT$(1) : CLS
LOCATE 10,2:PRINT "TERMINA EL ANALISIS"
LPRINT"*****"
LPRINT"*****"
LPRINT"*****"
LPRINT : LPRINT : A$=INPUT$(1) : CLS
00600 LOCATE 5,5 : PRINT "DIMENSIONAMIENTO" ; A$=INPUT$(1)
LPRINT"*****"
LPRINT"*****"
LPRINT"*****"
LPRINT : LPRINT
FE=0.785 ; REM PESO ESPECIFICO DEL ACERO
REM ELECCION DEL TIPO DE SECCION
LOCATE 10,5 : PRINT " TIPO DE SECCION A DIMENSIONAR : "
LOCATE 12,5 : PRINT " (A) SECCION COMPUESTA DE 5 PLACAS SOLDADAS "
LOCATE 14,5 : PRINT " (B) SECCION COMPUESTA POR UNA I SOLDADA Y UNA SECCION

```

```

N CANAL "
  LOCATE 16,5 : PRINT " (C) SECCION COMPUESTA POR UNA I SOLDADA "
  LOCATE 18,5 : INPUT " QUE TIPO DE SECCION ELIGE (1)A;(2)B;(3)C (STC)=";STC
: CLS
  IF STC=1 THEN 690
  IF STC=2 THEN 700
  IF STC=3 THEN 705
00690 LPRINT " SECCION COMPUESTA DE 5 PLACAS SOLDADAS " : LPRINT I GO TO 710
00700 LPRINT " SECCION COMPUESTA POR UNA I SOLDADA Y UNA SECCION CANAL " : GO TO
11100
00705 LPRINT " SECCION COMPUESTA POR UNA I SOLDADA " : GO TO 11000
00710 LOCATE 5, 5 : PRINT"ELECCION DEL TIPO DE DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCION"
  LOCATE 7, 5 : PRINT" (A) GENERACION DE DATOS "
  LOCATE 9, 5 : PRINT" (B) ALIMENTACION DE DATOS (REVISION) "
  LOCATE 11,5 : INPUT"QUE OPCION ELIGE (1)A ; (2)B " : OFF :CLS
  IF OFF = 1 THEN 390
  IF OFF = 2 THEN 450
  GO TO 710
00800 IF NR <= 4 THEN 820
  GO TO 2500
00820 IF NG = 1 THEN 840
  GO TO 1050
00840 LPRINT"UNA GRUA CON 4 RUEDAS SOBRE CADA TRABE-CARRIL"
  LPRINT
  LOCATE 6,5 : PRINT"DISTANCIA ENTRE RUEDAS SOBRE LA TRABE-CARRIL"
  LOCATE 8,5 : INPUT"C1=";C1
  LOCATE 10,5 : INPUT"C=";C
  LOCATE 12,5 : INPUT"C2=";C2 : CLS
  B=NR*PV
  LL=PV*(3*C1+2*C+C2)/G : D=0
  X=(L/2)*(1-(D/L))
  X1=X-(C1+(C/2)) : X2=X-(C2+(C/2))
  RBV=PV*(4*X1+3*C1+2*C+C2)/L
  RAV=4*PV-RBV
  MMAXV=RAV*X-PV*(2*X-2*X1-C1)
  RMAXV=PV*(4*L-3*C1-2*C-C2)/L
  RBH=PH*(4*X1+3*C1+2*C+C2)/L
  RAH=4*PV-RBH
  MMAXH=RAH*X-PH*(2*X-2*X1-C1)
  RMAXH=PH*(4*L-3*C1-2*C-C2)/L
  GO TO 410
01050 LPRINT"DOS GRUAS CON DOS RUEDAS CADA UNA SOBRE CADA TRABE-CARRIL"
  LPRINT
  LOCATE 6,5 : PRINT"DISTANCIA ENTRE RUEDAS SOBRE LA TRABE-CARRIL"
  LOCATE 8,5 : INPUT"C1=";C1
  LOCATE 10,5 : INPUT"C=";C
  LOCATE 12,5 : INPUT"C2=";C2 : CLS
  G=2*PV + 2*PV2
  LL=PV*(3*C1+2*C+C2)/G
02020 HL=L,2 : GF = PV
  IF (GF/AL) < (G/L) THEN 2060
  LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA PRIMERA
CARGA MOVIL"
  LPRINT
  D=LL : GO TO 2500

```

```

02060 GF=GF+PV
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 2100
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA SEGUNDA
CARGA MOVIL"
LPRINT
D=LL-C1 : GO TO 2000
02100 GF=GF+PV2
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 2140
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA TERCERA
CARGA MOVIL"
LPRINT
D=LL-C1-C : GO TO 2000
02140 GF=GF+PV2
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 2180
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA CUARTA C
ARCA MOVIL"
LPRINT
D=LL-C1-C-C2 : GO TO 2000
02180 GO TO 2000
02200 X=L/D*(1-(D/L))
X=L-X : X1=X-LL : X2=L-(X1+C1+C+C2)
RBV=(PV*(2*X1+C1)+PV2*(2*X1+2*C1+2*C+C2))/L
RAV=2*PV+2*PV2+RBV
RMAV=RAV*(X+PV*(2*X-C+X1-C1))
RMA2V=RV*(2*L-C1)+RV2*(2*L-2*C1-2*C+C2)/L
RPH=(PH*(2*X1+C1)+PH2*(2*X1+2*C1+2*C+C2))/L
RAH=2*PH+2*PH2+RPH
RMAH=RAH*(X+PH*(2*X-C+X1-C1))
RMA2H=RH*(2*L-C1)+RH2*(2*L-2*C1-2*C+C2)/L
GO TO 410
02300 IF NA = 0 THEN 2520
GO TO 3100
02320 LPRINT"DOS GRUPOS CON DOS Y CUATRO RUEDAS CADA UNA SOBRE CADA TRASE-CARRIL"
LOCATE 8,5: PRINT"DISTANCIA ENTRE RUEDAS SOBRE LA TRASE-CARRIL"
LOCATE 9,5: INPUT"C1=":C1
LOCATE 10,5: INPUT"C=":C
LOCATE 11,5: INPUT"C2=":C2
LOCATE 12,5: INPUT"C3=":C3
LOCATE 13,5: INPUT"C4=":C4
G=2*P+4*PV2
LL=PV*(5*C1+4*C+3*C2+2*C3+C4)+G
AL=L/2 : GF=PV
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 2350
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA PRIMERA
CARGA MOVIL"
D=LL : GO TO 2900
02350 GF=GF+PV
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 2390
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA SEGUNDA
CARGA MOVIL"
D=LL-C1 : GO TO 2900
02390 GF=GF+PV2
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 2430

```

```

LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA TERCERA
CARGA MOVIL"
D=LL-C1-C : GO TO 2900
02700 GP=GP+PV2
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 2770
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA CUARTA C
ARGA MOVIL"
D=LL-C1-C-C2 : GO TO 2900
02770 GP=GP+PV2
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 2810
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA QUINTA C
ARGA MOVIL"
D=LL-C1-C-C2-C3 :GO TO 2900
02810 GP=GP+PV2
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 2850
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA SEXTA C
ARGA MOVIL"
D=LL-C1-C-C2-C3-C4 : GO TO 2900
02850 GP=GP+PV2
02900 X=(L/2)*(1-(D/L)) : X=L-X
X1=X-LL : X2=L-X1-C1-C-C3-C4
RBV=(PV*(2*X1+C1)+PV2*(4*X1+4*C1+4*C+3*C2+2*C3+C4))/L
RAV=D+PV+4*PV2-RBV
RMAXV=RAV+X*PV*(2*X-2*X1-C1)+PV2*(2*X-2*X1-2*C1-2*C-C2)
RMAXV=(PV*(2*L-C1)+PV2*(4*L-4*C1-4*C-3*C2-2*C3-C4))/L
RBH=(PH*(2*X1+C1)+PH2*(4*X1+4*C1+4*C+3*C2+2*C3+C4))/L
RAH=D+PH+4*PH2-RBH
RMAXH=RAH+X*PH*(2*X-2*X1-C1)+PH2*(2*X-2*X1-2*C1-2*C-C2)
RMAXH=(PV*(2*L-C1)+PV2*(4*L-4*C1-4*C-3*C2-2*C3-C4))/L
GO TO 410
03100 LPRINT"DOS GRUAS CON CUATRO RUEDAS CADA UNA SOBRE CADA TRASE-CARRIL"
LOCATE 5,5: PRINT"DISTANCIA ENTRE RUEDAS SOBRE LA TRASE-CARRIL"
LOCATE 9,5: INPUT"C1=":C1
LOCATE 10,5: INPUT"C2=":C2
LOCATE 12,5: INPUT"C3=":C3
LOCATE 14,5: INPUT"C4=":C4
LOCATE 16,5: INPUT"C5=":C5
LOCATE 18,5: INPUT"C6=":C6
LOCATE 20,5: INPUT"C7=":C7
G4=PV+4*PV2
LLRBV=(7*C1+6*C2+5*C3+4*C4+3*C5+2*C6+1)*G
03210 AL=L/2 : GP=PV
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 3250
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA PRIMERA
CARGA MOVIL"
D=LL : GO TO 3550
03250 GP=GP+PV
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 3290
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA SEGUNDA
CARGA MOVIL"
D=LL-C1 : GO TO 3550
03290 GP=GP+PV
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 3330

```

```

LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA TERCERA
CARGA MOVIL"
D=LL-C1-C2 : GO TO 0350
0330 GP=GF+PV
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 3370
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA CUARTA C
ARGA MOVIL"
D=LL-C1-C2-C3 : GO TO 0350
03370 GP=GF+PV2
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 3410
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA QUINTA C
ARGA MOVIL"
D=LL-C1-C2-C3-C : GO TO 0350
03410 GP=GF+PV2
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 3450
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA SEXTA CA
RGA MOVIL"
D=LL-C1-C2-C3-C-C4 : GO TO 0350
03450 GP=GF+PV2
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 3490
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA SEPTIMA
CARGA MOVIL"
D=LL-C1-C2-C3-C-C4-C5 : GO TO 0350
03490 GP=GF+PV2
IF (GF/AL) < (G/L) THEN 3530
LPRINT"EL CENTRO DEL CLARO ESTA COLOCADO ENTRE LA RESULTANTE Y LA OCTAVA C
ARGA MOVIL"
D=LL-C1-C2-C3-C-C4-C5-C6 : GO TO 0350
03530 GO TO 3210
03550 X=(L/2)*(1-(D/L)) : X=L-X
X1=X-LL : X2=L-X1-C1-C2-C3-C4-C5-C6
RBV=(PV*(4*X1+3*C1+2*C2+C3)+PV2*(4*X1+4*C1+4*C2+4*C3+4*C4+3*C5+2*C6))/L
RAV=4*PV+4*PV2-RBV
MMAV=RAV*X-PV*(4*X-4*X1-3*C1-2*C2-C3)-PV2*(X-X1-C1-C2-C3-C)
RMAV=(PV*(4*L-3*C1-2*C2-C3)+PV2*(4*L-4*C1-4*C2-4*C3-4*C4-3*C5-C6))/L
RBH=(FH*(4*X1+3*C1+2*C2+C3)+FH2*(4*X1+4*C1+4*C2+4*C3+4*C4+2*C5+C6))/L
RAH=4*FH+4*FH2-RBH
MMAH=RAH*X-FH*(4*X-4*X1-3*C1-2*C2-C3)-FH2*(X-X1-C1-C2-C3-C)
RMAH=(FH*(4*L-3*C1-2*C2-C3)+FH2*(4*L-4*C1-4*C2-4*C3-4*C4-3*C5-C6))/L
GO TO 410
0390 LOCATE 8,5 : PRINT "GENERACION DE DATOS"
LOCATE 10,5 : INPUT "ESFUERZO DE FLUENCIA DEL ACERO (KG/cm) F= " :IF
LOCATE 12,5 : INPUT "MODULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO (KG/cm) E = " :E
F=L/10 : FEF=(1)*F
LOCATE 14,5 : PRINT"PATINES"
LPRINT"*****"
LPRINT"***** PATINES *****"
LPRINT"*****"
LPRINT : LPRINT
AF=NDISV*(F*F*F) : A=INPUT$(1) :CLS
0400 GO SUB 21000
LOCATE 22,5 : INPUT"ELIGE EL ESPESOR DE LA PLACA (cm) " :TF
LOCATE 23,5 : INPUT"PESO DE LA PLACA (KG/M) " :WF :CLS

```

```

BF=BF/TF
PRINT
IF (BF/(2*TF)) <= (600/SQR(FY)) THEN 4100
LOCATE 4,5: PRINT "AUMENTAR EL ESPESOR DE LA PLACA " ; A*INPUT$(1) ; CLS ; G
O TO 4040
04100 IF (BF/(2*TF)) <= (545/SQR(FY)) THEN 4120
LOCATE 4,5: PRINT "AUMENTAR EL ESPESOR DE LA PLACA " ; A*INPUT$(1) ; CLS ; G
O TO 4040
04120 BFS=BF ; BFI=BF ; TFS=TF ; TFI=TF ; WFS=WF ; WFI=WF ; A*=INPUT$(1) ; CLS
LOCATE 8,5 : PRINT "SE ACEPTA PARA PATINES 2 PL";TF*10 ; LOCATE 8,40: PRIN
T "mm X " ; BF*10 ; LOCATE 8,50: PRINT "mm" ; A*INPUT$(1) ; CLS
LPRINT ; LPRINT
LPRINT "SE ACEPTA PARA PATINES 2 PL";TAB(30);TF*10;TAB(35);"mm X";TAB(40);
BF*10;TAB(50);"mm"
LPRINT ; LPRINT ; LPRINT
LOCATE 8,5 : PRINT "ALMA " ; A*INPUT$(1) ; CLS
LPRINT "....."
LPRINT "..... ALMA ..... "
LPRINT "....."
LPRINT ; LPRINT
HW=F*L*TF
TW1=F*SQR(FBF)/6370
TW2=F*SQR(FY)/5370
TW3=HW*SQR(FY*(F*1160))/7934000
04210 GO SUB 21000
LOCATE 22,5 : PRINT "TW1=" ; TW1
LOCATE 22,20: PRINT "TW2=" ; TW2
LOCATE 22,35: PRINT "TW3=" ; TW3
LOCATE 23,5 : INPUT "ELIJA UN VALOR DEL ESPESOR DEL ALMA MAYOR QUE LOS CAL
CULADOS (cm)";TW
LOCATE 24,5 : INPUT "PESO DE LA PLACA (K.G.M) " ; HW ; CLS
IF (F/TW) <= (6370/SQR(FBF)) THEN 4280
LOCATE 4,5 : PRINT "AUMENTAR EL ESPESOR DEL ALMA" ; A*INPUT$(1) ; CLS ;
GO TO 4210
04280 IF (F/TW) <= (5370/SQR(FY)) THEN 4300
LOCATE 4,5 : PRINT "AUMENTAR EL ESPESOR DEL ALMA" ; A*INPUT$(1) ; CLS ;
GO TO 4210
04300 IF (HW*TW) <= (954000/SQR(FY*(F*1160))) THEN 4320
LOCATE 4,5 : PRINT "AUMENTAR EL ESPESOR DEL ALMA" ; A*INPUT$(1) ; CLS ; G
O TO 4210
04320 LOCATE 8,5 : PRINT "SE ACEPTA PARA EL ALMA 1 PL";TW*10 ; LOCATE 8,40: PRIN
T "mm X " ; HW*10 ; LOCATE 8,50 : PRINT "mm " ; A*INPUT$(1) ; CLS
LPRINT ; LPRINT
LPRINT "SE ACEPTA PARA EL ALMA 1 PL";TAB(28);TW*10;TAB(33);"mm X";TAB(41);
HW*10;TAB(48);"mm"
LPRINT ; LPRINT
LPRINT "....."
LPRINT "..... PLACAS EN EL PATIN A COMPRESION ..... "
LPRINT "....."
A*=INPUT$(1) ; CLS
LPRINT ; LPRINT
GO SUB 21000
LOCATE 22,5 : INPUT "ELIGE EL ESPESOR DE LA PLACA TF=" ; TF

```



```

LOCATE 23,5 : INPUT "PESO DE LA PLACA (KG/M)" : HP : CLS
BT=BF+2*TF : AP=MOISH/(FBF*BT) : HF=AP/TF
LOCATE 4,5 : PRINT "ALTIMA DE LA PLACA (CM) : ";HF
LOCATE 6,5 : PRINT "ALTIMA DE LA PLACA (CM) VARIA DE 10 A 25 CM "
LOCATE 8,5 : INPUT "ALTIMA DE LA PLACA (CM) : ";HF : CLS
04420 IF (HP/(2*TF)) <= (800/SQR(FY)) THEN 4440
LOCATE 10,5 : INPUT "DISMINUIR LA ALTIMA DE PLACA HF=" : HF : GO TO 4420
04440 IF (HF/(2*TF)) <= (545/SQR(FY)) THEN 4460
LOCATE 10,5 : INPUT "DISMINUIR LA ALTIMA DE PLACA HF=" : HF : GO TO 4420
04460 LOCATE 12,5 : PRINT "SE ACEPTAN PARA PLACAS EN EL PATIN A COMPRESION 2 FL":
TF*10 : LOCATE 12,63 : PRINT "mm X ";HP*10 : LOCATE 12,72 : PRINT "mm" : A1=INPUT(
1) : CLS
LPRINT : LPRINT
LPRINT "SE ACEPTAN PARA PLACAS EN EL PATIN A COMPRESION 2 FL":TAB(34);TF*10
;TAB(60);"mm X":TAB(65);HF*10;TAB(72);"mm"
LPRINT : LPRINT
GO TO 4660
04500 LOCATE 8, 5 : PRINT "INTRODUSCA LAS DIMENSIONES DE LA SECCION"
LOCATE 10, 5 : INPUT "ANCHO DE PATIN SUPERIOR (BFS)=" : BFS
LOCATE 12, 5 : INPUT "ESPESOR DEL PATIN SUPERIOR (IFS)=" : IFS
LOCATE 14, 5 : INPUT "ANCHO DE PATIN INFERIOR (BFI)=" : BFI
LOCATE 16, 5 : INPUT "ESPESOR DEL PATIN INFERIOR (IFI)=" : IFI
LOCATE 18, 5 : INPUT "ESPESOR DEL ALMA (TW)=" : TW
LOCATE 20, 5 : INPUT "ALTIMA DEL ALMA (HW)=" : HW
LOCATE 20, 5 : INPUT "ESPESOR DE PLACA (TP)=" : TP
LOCATE 22, 5 : INPUT "ALTIMA DE PLACA (HF)=" : HF : CLS
LPRINT " LOS VALORES DE LA SECCION SON : "
LPRINT
GO TO 4670
04600 LPRINT " LOS VALORES ACEPTADOS SON: "
LPRINT
LPRINT " ESPESOR DE FATIN SUPERIOR (IFS)= " : IFS
LPRINT " ANCHO DE PATIN SUPERIOR (BFS)= " : BFS
LPRINT " ESPESOR DEL PATIN INFERIOR (IFI)= " : IFI
LPRINT " ANCHO DE PATIN INFERIOR (BFI)= " : BFI
LPRINT " ESPESOR DEL ALMA (TW)= " : TW
LPRINT " ALTIMA DEL ALMA (HW)= " : HW
LPRINT " PERALTE (F)= " : HF : A2=INPUT(1) : CLS
LPRINT : LPRINT
GO TO 4300
04650 LPRINT " LOS VALORES ACEPTADOS DE LA SECCION SON: "
LPRINT
04670 LPRINT " ANCHO DE PATIN SUPERIOR (CM)= " : BFS
LPRINT " ESPESOR DE FATIN SUPERIOR (CM)= " : IFS
LPRINT " ALTIMA DE PLACA (CM)= " : HF
LPRINT " ESPESOR DE PLACA (CM)= " : TP
LPRINT " ESPESOR DE PATIN INFERIOR (CM)= " : IFI
LPRINT " ANCHO DE PATIN INFERIOR (CM)= " : BFI
LPRINT " ALTIMA DEL ALMA (CM)= " : HW
LPRINT " ESPESOR DEL ALMA (CM)= " : TW : A3=INPUT(1) : CLS
LPRINT : LPRINT
GO TO 5000
04700 REM CALCULO DE LAS PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION

```

```

P=L/10 ; DT=P+(HF-TFS)/2 ; HW=P-(TF1+TFS) ; BT=BFS+2*TF
AF=TP*HP ; AFS=BFS*TFS ; AF1=BF1*TF1 ; AW=HW*W ; A1=2*AF+AFS+AF1*AW ; WT=
AT*PE ; AP=AFS+2*AP
Y1=TF1/2 ; Y2=((HW/2)+TF1) ; Y3=TF1+HW+TFS/2
YT=(Y1*AF1+Y2*AW+Y3*AFS+2*Y3*AP)/A1
X1=TP/2 ; X2=TP+BFS/2 ; X3=TP+BFS+TP/2
YT=(AP*X1+AFS*X2+AW*X2+AF1*X2+AF*XC)/AT
YC=DT-YT ; XC=BT-XT
DY1=YT-TF1/2 ; DY2=YT-((HW/2)+TF1) ; DY3=(C-HF/2) ; DX1=(BFS+TF1)/2
IXX=((BF1*TF1/3)/12)+AF1*(DY1)^2+((TW*HW/3)/12)+AW*(DY2)^2+(BFS+TFS/3)/12
)+AFS*DY3^2+((TP*HP/3)/6)+2*AP*DY3
IYY=((TFS+BFS/3)/12)+((HF+TP/3)/6)+2*AP*(DX1)^2+(HW*W/3)/12
SXC=IXX,YC ; SX1=IXX/YT ; SYC=IYY/XC ; S1T=IYY/YT
ACOMP=AFS+2*AP*AW/6
IXR=((BFS+TFS/3)/12)+AFS*(DY2)^2+((TP*HP/3)/6)+2*AP*(DY3)^2+((TW*HW/3)/12
)+(AW*(DY2)^2)/6
IYR=IYY ; RTX=SQR(IXR/ACOMP) ; RTY=SQR(IYR/ACOMP)
LFRINT = PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA TRASE CARRIL ; LFRINT ; GO TO 10
190
05000 LOCATE 10, 5 ; PRINT " CALCULO DE LAS PROPIEDADES GEOMETRICAS " ; A=INPUT
*(1) ; CLS
GO TO 4790
11100 LOCATE 8,5;PRINT "DIMENSIONAMIENTO"
PRINT ; PRINT
A*=INPUT*(1);CLS
REM ELECCION DE LA SECCION CANAL
LOCATE 4,5 ; PRINT " SECCION CANAL (CE)"
LOCATE 5,5 ; PRINT " 1 CE 20,3 X 17,11 ; TWC=0,559 ; DC=20,3 ; AC=21,63
; X=1,45 "
LOCATE 6,5 ; PRINT " IXC= 1344,4 ; IYC= 54,11 ; I=1
0,1 "
LOCATE 7,5 ; PRINT " 2 CE 20,3 X 20,46 ; TWC=0,77 ; DC=20,3 ; AC=25,94
; X=1,405 "
LOCATE 8,5 ; PRINT " IXC= 1409,1 ; IYC= 61,47 ; I=1
6,1 "
LOCATE 9,5 ; PRINT " 3 CE 20,3 X 27,90 ; TWC=1,237 ; DC=20,3 ; AC=35,42
; X=1,425 "
LOCATE 10,5 ; PRINT " IXC= 1818,7 ; IYC= 62,43 ; I=1
0,1 "
LOCATE 11,5 ; PRINT " 4 CE 25,4 X 22,76 ; TWC=0,61 ; DC=25,4 ; AC=28,97
; X=1,61 "
LOCATE 12,5 ; PRINT " IXC= 2805,4 ; IYC= 54,90 ; I=2
1 "
LOCATE 13,5 ; PRINT " 5 CE 25,4 X 29,76 ; TWC=0,963 ; DC=25,4 ; AC=37,94
; X=1,54 "
LOCATE 14,5 ; PRINT " IXC= 3284,1 ; IYC=116,96 ; I=2
1 "
LOCATE 15,5 ; PRINT " 6 CE 25,4 X 37,20 ; TWC=1,336 ; DC=25,4 ; AC=47,42
; X=1,567 "
LOCATE 16,5 ; PRINT " IXC= 3796 ; IYC=139,85 ; I=2
1 "
LOCATE 17,5 ; PRINT " 7 CE 29,4 X 44,64 ; TWC=1,709 ; DC=29,4 ; AC=56,90
; X=1,648 "

```

```

LOCATE 18.5 : PRINT "
1 " A:=INPUT*(1) : CLS
LOCATE 4.5 : PRINT " B CE 30.5 X 30.80 : TWC=0.716 : DC=30.5 : AC=39.29
; X=1.773 "
LOCATE 5.5 : PRINT " IXC=5369.4 : IYC=163.99 : I=2
.4 " LOCATE 6.5 : PRINT " 7 CE 30.5 X 37.20 : TWC=0.983 : DC=30.5 : AC=47.42
; X=1.711 "
LOCATE 7.5 : PRINT " IXC= 5993.7 : IYC=186.05 : I=.
5.4 " LOCATE 8.5 : PRINT " 10 CE 30.5 X 44.64 : TWC=1.295 : DC=30.5 : AC=56.90
; X=1.711 "
LOCATE 9.5 : PRINT " IXC= 6742.9 : IYC=210.94 : I=.
5.4 " LOCATE 10.5 : PRINT " 11 CE 38.1 X 30.30 : TWC=1.02 : DC=38.1 : AC=64
; X=2.0 "
LOCATE 11.5 : PRINT " IXC=13000.0 : IYC=326.00 : I=.
0.8 " LOCATE 12.5 : PRINT " 12 CE 38.1 X 39.1 : TWC=1.72 : DC=38.1 : AC=75.30
; X=1.574 "
LOCATE 13.5 : PRINT " IXC=14300.0 : IYC=364.00 : I=.
0.8 " LOCATE 14.5 : PRINT " 13 CE 38.1 X 73.60 : TWC=1.82 : DC=38.1 : AC=93.70
; X=2.027 "
LOCATE 15.5 : PRINT " IXC=16400.0 : IYC=424.00 : I=.
0.8 "
A:=INPUT*(1) : CLS
LOCATE 4.5 : PRINT " SECCION CANAL "
LOCATE 6.5 : INPUT " (1)CE 20.5X17.11 : (2)CE 20.5X29.46 : (3)CE 20.5X
27.90 : (SC)= : SC
LOCATE 8.5 : INPUT " (4)CE 25.4X22.76 : (5)CE 25.4X29.76 : (6)CE 25.4X
27.20 : (SC)= : SC
LOCATE 10.5 : INPUT " (7)CE 25.4X44.64 : (8)CE 30.5X30.80 : (9)CE 30.5X
37.20 : (SC)= : SC
LOCATE 12.5 : INPUT " (10)CE 30.5X44.64 : (11)CE 38.1X50.30 : (12)CE 38.1X
39.1 : (SC)= : SC
LOCATE 14.5 : INPUT " (13)CE 38.1X73.60 : (SC)= : SC:CLS
IF SC= 1 THEN TWC=0.554 : DC=20.5 : AC=17.11 : X=1.45 : IXC= 1344.4 : IYC
= 34.11 : I=1.4 : WC=17.11 : GU TO 11500
IF SC= 2 THEN TWC=0.77 : DC=20.5 : AC=29.46 : X=1.405 : IXC= 1409.1 : IYC
= 32.43 : I=1.6 : WC=20.46 : GU TO 11500
IF SC= 3 THEN TWC=1.277 : DC=20.5 : AC=35.42 : X=1.435 : IXC= 1818.9 : IYC
= 33.25 : I=1.6 : WC=27.90 : GU TO 11500
IF SC= 4 THEN TWC=0.61 : DC=25.4 : AC=28.97 : X=1.61 : IXC= 2805.4 : IYC
= 94.70 : I=2.1 : WC=22.76 : GU TO 11500
IF SC= 5 THEN TWC=0.963 : DC=25.4 : AC=37.94 : X=1.54 : IXC= 3284.1 : IYC
=116.95 : I=2.1 : WC=29.76 : GU TO 11500
IF SC= 6 THEN TWC=1.336 : DC=25.4 : AC=47.42 : X=1.567 : IXC= 3776 : IYC
=139.85 : I=2.1 : WC=37.20 : GU TO 11500
IF SC= 7 THEN TWC=1.709 : DC=25.4 : AC=56.90 : X=1.648 : IXC= 4287.2 : IYC
=163.99 : I=2.1 : WC=44.64 : GU TO 11500
IF SC= 8 THEN TWC=0.716 : DC=30.5 : AC=39.29 : X=1.773 : IXC= 5369.4 : IYC

```

```

#181.50 : I=25.4 : WC=39.89 : GO TO 11500
IF SC= 9 THEN TWC=0.983 : DC=30.5 : AC=47.42 : X=1.711 : YC= 5593.7 : IXC
#186.05 : I=25.4 : WC=37.20 : GO TO 11500
IF SC=10 THEN TWC=1.295 : DC=30.5 : AC=56.96 : X=1.711 : YC= 6740.9 : IXC
#213.94 : I=25.4 : WC=44.64 : GO TO 11500
IF SC=11 THEN TWC=1.02 : DC=38.1 : AC=64.00 : X=2.00 : YC=10400.0 : IXC
#326.00 : I=30.8 : WC=50.59 : GO TO 11500
IF SC=12 THEN TWC=1.33 : DC=38.1 : AC=75.50 : X=1.974 : YC=14300.0 : IXC
#364.00 : I=30.8 : WC=59.1 : GO TO 11500
IF SC=13 THEN TWC=1.82 : DC=38.1 : AC=91.79 : X=2.027 : YC=16400.0 : IXC
#424.00 : I=30.8 : WC=73.69 : GO TO 11500

```

```

PRINT
LPRINT

```

```

11500 LPRINT " DATOS DE LA SECCION CANAL (SC) = " ; SC

```

```

LPRINT
LPRINT " AREA DE LA SECCION (AC) = " ; AC
LPRINT " ESPESOR DEL ALMA (TWC) = " ; TWC
LPRINT " PERALTE (DC) = " ; DC
LPRINT " MOMENTO DE INERCIA EN X (IXC) = " ; IXC
LPRINT " MOMENTO DE INERCIA EN Y (IYC) = " ; IYC
LPRINT " DISTANCIA EN X (X) = " ; X
LPRINT " PESO DE LA SECCION (WC) = " ; WC
LPRINT " DISTANCIA Y (Y) = " ; Y

```

```

GO TO 11600
11600 LPRINT " ELEGIR UN VALOR DE LA SECCION CANAL PARA EL DISEÑO "
LOCATE 5,5 : PRINT " ELECCION DEL TIPO DE DISEÑO/SECCION DE LA I SOLDADA "

```

```

LOCATE 7,5 : PRINT " (A) ELECCION DE DATOS ALMACENADOS "
LOCATE 9,5 : PRINT " (B) GENERACION DE DATOS "
LOCATE 11,5 : PRINT " (C) CALIFICACION DE BARRAS "
LOCATE 13,5 : PRINT " (D) CALIFICACION DE LA I SOLDADA "

```

```

:CLS

```

```

IF OPC = 1 THEN 11890
IF OPC = 2 THEN 11900
IF OPC = 3 THEN 11910

```

```

11890 LOCATE 5,5 : PRINT " ELIJA LOS VALORES DE LA I SOLDADA " : GO TO 12010
11900 LOCATE 5,5 : PRINT " LOS VALORES DE LA I SOLDADA SON GENERADOS POR EL PROGRAMA " : GO TO 16000
11910 LOCATE 5,5 : PRINT " INTRODUzca LOS VALORES DE LA I SOLDADA " : GO TO 150
GO

```

```

12010 LOCATE 5,5 : PRINT " SECCION I SOLDADA (IS) "
LOCATE 6,5 : PRINT " 1 IS 40.6X 51 (20.3) "
LOCATE 7,5 : PRINT " 2 IS 40.6X 61 (20.3) "
LOCATE 8,5 : PRINT " 3 IS 40.6X 70 (20.3) "
LOCATE 9,5 : PRINT " 4 IS 40.6X 81 (20.3) "
LOCATE 10,5 : PRINT " 5 IS 40.6X 96 (20.3) "
LOCATE 11,5 : PRINT " 6 IS 40.6X115 (20.3) "
LOCATE 12,5 : PRINT " 7 IS 40.6X131 (20.3) "
LOCATE 13,5 : PRINT " 8 IS 40.6X145 (20.3) "
LOCATE 14,5 : PRINT " 9 IS 45.7X 55 (20.3) "
LOCATE 15,5 : PRINT " 10 IS 45.7X 65 (20.3) "
LOCATE 16,5 : PRINT " 11 IS 45.7X 75 (20.3) "
LOCATE 17,5 : PRINT " 12 IS 45.7X 85 (20.3) "
LOCATE 18,5 : PRINT " 13 IS 45.7X 98 (20.3) "

```

```

LOCATE 19.5 : PRINT " 14 IS 45.7X118 : (30.5) "
LOCATE 20.5 : PRINT " 15 IS 45.7X134 : (30.5) "
LOCATE 21.5 : PRINT " 16 IS 45.7X149 : (30.5) "
LOCATE 22.5 : PRINT " 17 IS 53.3X 64 : (20.5) "
LOCATE 23.5 : PRINT " 18 IS 53.3X 73 : (20.5) "
LOCATE 24.5 : PRINT " 19 IS 53.3X 79 : (30.5) "
A$=INPUT$(1) : CLS
LOCATE 3.5 : PRINT " SECCION I SOLDADA (15) "
LOCATE 4.5 : PRINT " 20 IS 53.3X 74 : (30.5) "
LOCATE 5.5 : PRINT " 21 IS 53.3X108 : (30.5) "
LOCATE 6.5 : PRINT " 22 IS 61.0X 68 : (20.5) "
LOCATE 7.5 : PRINT " 23 IS 61.0X 78 : (20.5) "
LOCATE 8.5 : PRINT " 24 IS 61.0X 82 : (30.5) "
LOCATE 9.5 : PRINT " 25 IS 61.0X 98 : (30.5) "
LOCATE 10.5 : PRINT " 26 IS 61.0X113 : (30.5) "
LOCATE 11.5 : PRINT " 27 IS 68.6X 73 : (20.5) "
LOCATE 12.5 : PRINT " 28 IS 68.6X 82 : (20.5) "
LOCATE 13.5 : PRINT " 29 IS 68.6X 88 : (30.5) "
LOCATE 14.5 : PRINT " 30 IS 68.6X107 : (30.5) "
LOCATE 15.5 : PRINT " 31 IS 68.6X118 : (30.5) "
LOCATE 16.5 : PRINT " 32 IS 76.2X100 : (30.5) "
LOCATE 17.5 : PRINT " 33 IS 76.2X108 : (30.5) "
LOCATE 18.5 : PRINT " 34 IS 83.8X108 : (30.5) "
LOCATE 19.5 : PRINT " 35 IS 83.8X123 : (30.5) "
LOCATE 20.5 : PRINT " 36 IS 91.4X116 : (30.5) "
LOCATE 21.5 : PRINT " 37 IS 91.4X128 : (30.5) "
LOCATE 22.5 : PRINT " 38 IS 91.4X143 : (30.5) "
A$=INPUT$(1) : CLS
LOCATE 4.5 : PRINT " SECCION I SOLDADA ELEGIDA "
LOCATE 6.5 : INPUT " (1) IS 40.6X51 (2) IS 40.6X70
(3) IS 40.6X70
LOCATE 7.5 : INPUT " (4) IS 40.6X81 (5) IS 40.6X96 (6) IS 40.6X115
(7) IS 40.6X115
LOCATE 9.5 : INPUT " (7) IS 40.6X131 (8) IS 40.6X145 (9) IS 45.7X37
(10) IS 45.7X37
LOCATE 9.5 : INPUT " (10) IS 45.7X63 (11) IS 45.7X73 (12) IS 49.7X83
(13) IS 49.7X83
LOCATE 10.5 : INPUT " (13) IS 45.7X98 (14) IS 45.7X118 (15) IS 45.7X134
(16) IS 45.7X134
LOCATE 11.5 : INPUT " (16) IS 45.7X149 (17) IS 53.3X64 (18) IS 53.3X73
(19) IS 53.3X73
LOCATE 12.5 : INPUT " (19) IS 53.3X79 (20) IS 53.3X94 (21) IS 53.3X106
(22) IS 53.3X106
LOCATE 13.5 : INPUT " (22) IS 61.0X68 (23) IS 61.0X78 (24) IS 61.0X82
(25) IS 61.0X82
LOCATE 14.5 : INPUT " (25) IS 61.0X98 (26) IS 61.0X113 (27) IS 68.6X73
(28) IS 68.6X73
LOCATE 15.5 : INPUT " (28) IS 68.6X82 (29) IS 68.6X88 (30) IS 68.6X103
(31) IS 68.6X103
LOCATE 16.5 : INPUT " (31) IS 68.6X118 (32) IS 76.2X100 (33) IS 76.2X102
(34) IS 76.2X102
LOCATE 17.5 : INPUT " (34) IS 83.8X108 (35) IS 83.8X123 (36) IS 91.4X116
(37) IS 91.4X116
(38) IS 91.4X128
(39) IS 91.4X143
(40) IS 91.4X143

```

```

LOCATE 18,5 : INPUT " (07) IS 01.4X128 (08) IS 01.4X143 ( 09) IS " : SI:CLS
IF SI= 1 THEN BFS=20.0 : TFS=0.95 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=38.7 : TW=0.64
: WI= 51 : GO TO 13000
IF SI= 2 THEN BFS=20.0 : TFS=1.27 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=38.7 : TW=0.64
: WI= 61 : GO TO 13000
IF SI= 3 THEN BFS=20.0 : TFS=1.59 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=37.5 : TW=0.54
: WI= 70 : GO TO 13000
IF SI= 4 THEN BFS=30.5 : TFS=1.27 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=38.1 : TW=0.54
: WI= 81 : GO TO 13000
IF SI= 5 THEN BFS=30.5 : TFS=1.59 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=37.5 : TW=0.64
: WI= 96 : GO TO 13000
IF SI= 6 THEN BFS=30.5 : TFS=1.91 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=36.8 : TW=0.72
: WI=115 : GO TO 13000
IF SI= 7 THEN BFS=30.5 : TFS=2.22 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=36.2 : TW=0.72
: WI=121 : GO TO 13000
IF SI= 8 THEN BFS=30.5 : TFS=2.54 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=35.6 : TW=0.75
: WI=145 : GO TO 13000
IF SI= 9 THEN BFS=20.0 : TFS=0.95 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=42.8 : TW=0.64
: WI= 53 : GO TO 13000
IF SI=10 THEN BFS=20.0 : TFS=1.27 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=43.2 : TW=0.64
: WI= 63 : GO TO 13000
IF SI=11 THEN BFS=20.0 : TFS=1.59 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=42.5 : TW=0.64
: WI= 73 : GO TO 13000
IF SI=12 THEN BFS=30.5 : TFS=1.27 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=43.2 : TW=0.54
: WI= 83 : GO TO 13000
IF SI=13 THEN BFS=30.5 : TFS=1.59 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=42.5 : TW=0.54
: WI= 95 : GO TO 13000
IF SI=14 THEN BFS=30.5 : TFS=1.91 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=42.5 : TW=0.72
: WI=118 : GO TO 13000
IF SI=15 THEN BFS=30.5 : TFS=2.22 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=41.2 : TW=0.72
: WI=124 : GO TO 13000
IF SI=16 THEN BFS=30.5 : TFS=2.54 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=40.6 : TW=0.72
: WI=149 : GO TO 13000
IF SI=17 THEN BFS=20.0 : TFS=0.95 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=51.5 : TW=0.79
: WI= 64 : GO TO 13000
IF SI=18 THEN BFS=20.0 : TFS=1.27 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=50.8 : TW=0.79
: WI= 75 : GO TO 13000
IF SI=19 THEN BFS=30.5 : TFS=0.95 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=51.4 : TW=0.79
: WI= 79 : GO TO 13000
IF SI=20 THEN BFS=30.5 : TFS=1.27 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=50.8 : TW=0.79
: WI= 94 : GO TO 13000
IF SI=21 THEN BFS=30.5 : TFS=1.59 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=50.2 : TW=0.79
: WI=108 : GO TO 13000
IF SI=22 THEN BFS=20.0 : TFS=0.95 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=59.1 : TW=0.79
: WI= 68 : GO TO 13000
IF SI=23 THEN BFS=20.0 : TFS=1.27 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=58.4 : TW=0.79
: WI= 78 : GO TO 13000
IF SI=24 THEN BFS=30.5 : TFS=0.95 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=59.1 : TW=0.79
: WI= 83 : GO TO 13000
IF SI=25 THEN BFS=30.5 : TFS=1.27 : BFI=BFS : TFI=TFS : HW=58.4 : TW=0.79
: WI= 98 : GO TO 13000

```

```

      IF SI=25 THEN BFS=30.5 ; TFS=1.59 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=27.5 ; TW=0.74
1010 W1=113 : GO TO 13000
      IF SI=27 THEN BFS=30.5 ; TFS=1.75 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=28.7 ; TW=0.77
1020 W1=115 : GO TO 13000
      IF SI=29 THEN BFS=30.5 ; TFS=1.91 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=29.9 ; TW=0.79
1030 W1=53 : GO TO 13000
      IF SI=25 THEN BFS=30.5 ; TFS=1.59 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=27.5 ; TW=0.74
1040 W1=55 : GO TO 13000
      IF SI=27 THEN BFS=30.5 ; TFS=1.75 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=28.7 ; TW=0.77
1050 W1=107 : GO TO 13000
      IF SI=29 THEN BFS=30.5 ; TFS=1.91 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=29.9 ; TW=0.79
1060 W1=118 : GO TO 13000
      IF SI=31 THEN BFS=30.5 ; TFS=2.07 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=31.1 ; TW=0.81
1070 W1=120 : GO TO 13000
      IF SI=33 THEN BFS=30.5 ; TFS=2.23 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=32.3 ; TW=0.83
1080 W1=122 : GO TO 13000
      IF SI=35 THEN BFS=30.5 ; TFS=2.39 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=33.5 ; TW=0.85
1090 W1=116 : GO TO 13000
      IF SI=37 THEN BFS=30.5 ; TFS=2.55 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=34.7 ; TW=0.87
1100 W1=128 : GO TO 13000
      IF SI=39 THEN BFS=30.5 ; TFS=2.71 ; BFI=BFS ; TFI=TFS ; HW=35.9 ; TW=0.89
1110 W1=143 : GO TO 13000
      PRINT
      PRINT
13000 LPRINT " DATOS DE LA SECCION I SOLDADA (SI)=SI"
      LPRINT
      LPRINT " ANCHO DE PATIN SUPERIOR (BFS)= BFS"
      LPRINT " ESPESOR DE PATIN SUPERIOR (TFS)= TFS"
      LPRINT " ANCHO DE PATIN INFERIOR (BFI)= BFI"
      LPRINT " ESPESOR DE PATIN INFERIOR (TFI)= TFI"
      LPRINT " ALTURA DEL ALMA (HW)= HW"
      LPRINT " ESPESOR DEL ALMA (TW)= TW"
      LPRINT " PESO DE LA SECCION I SOLDADA (W1)= W1"
      LPRINT : LPRINT
      AT=INPUT(1) : CLS
      PATFS=HW+TFI : DTA+TWC : GO TO 13100
13090 REM CALCULO DE LAS PROPIEDADES GEOMETRICAS
      TFL=10 : DTA+TWC : HW+B*(TFI+TFS)
13100 AFB=BFS+TFS : AFI=BFI+TFI : ANH=HW+TWC : W1=AFB+AH+BFI+TWC : AI=AFB+AH+AFI
      W1=0.0001+AI+PE : MT=(W1+ND)*1.03
      YI=TFI/2 : Y2=(HW+TWC)/2 : Y3=TFI+HW+TFS/2 : YA=DT+Y1 : AF=AC+AFB
      IF ST=C THEN Y1=BFS/2 : GO TO 13120
      AT=CC/2
13120 YTA=AFI*Y1+HW*B+AFB*(Y2+C)/2+Y3*(Y1+Y2) : YB=DT+Y1 : AT=AI : XC=DC+AT
      D1=Y1-TFI/2 : D2=Y1-(HW+TWC)+TFI : D3=Y2-TWC-TFS/2 : D4=Y2-C
      IXX=(D1+TFI/2)*2+(D2+TFI+D3)*2+(D4+TFI+D3)*2+(BFS+TFS)*2*(D1+
      S*(DY2)*2+(XC+DC+DY4)*2
      IYY=IXC+(TFS*BFS)*2*(D2+HW+TW)/2
      ACCM=AFB*B*HW : SAC=IXX*ND : SC=IXX*ND : SX=IYI*YI : SY=AI*YI*AI
      IXX=IXC+DC*(D1+D2+BFS+TFS)*2+(D2+TFI+D3)*2*(HW+TWC)+D4*(D1+D2)

```

```

IY=IYI ; RT=(SOR(IY/ACOMP) ; RTY=SOR(IY/ACOMP)
LPRINT " PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA TRABE CARRIL "
LPRINT
10170 LPRINT " PERALTE TOTAL (CM)= " ; IYD
LPRINT " YI (CM)= " ; IYT
LPRINT " IC (CM)= " ; IYC
LPRINT " AC (CM)= " ; IXC
LPRINT " AREA TOTAL (CM)= " ; IAT
LPRINT " PESO TOTAL (KG/CM)= " ; IWT
LPRINT " MOMENTO DE INERCIA EN X (CM)= " ; IIX
LPRINT " MOMENTO DE INERCIA EN Y (CM)= " ; IYY
LPRINT " AREA DE LA SECCION A COMPRESION (CM) " ; IACOMP
LPRINT " MODULO DE SECCION A COMPRESION EN X (CM)= " ; IXC
LPRINT " MODULO DE SECCION A TENSION EN X (CM)= " ; IXT
LPRINT " MODULO DE SECCION A COMPRESION EN Y (CM)= " ; IYC
LPRINT " MODULO DE SECCION A TENSION EN Y (CM)= " ; IYT
LPRINT " RADIO DE GIRO EN X (CM)= " ; IRTX
LPRINT " RADIO DE GIRO EN Y (CM)= " ; IRTY
LPRINT ; LPRINT
A=INPUT(1) ; CLS ; GO TO 6000
LOCATE 10,10 ; PRINT " TERMINA EL DIMENSIONAMIENTO "
11040 LOCATE 12,10 ; INPUT " DESEA HACER OTRO DIMENSIONAMIENTO SI/NO : " ; DD(1)
RES="RES ; CLS
IF RES = 0 THEN 6000
IF RES = 1 THEN 10400
IF RES = 2 THEN 10040
10400 END
10000 LOCATE 10,5 ; INPUT " ANCHO DE PATIN SUPERIOR (BPS)= " ; BPS
LOCATE 12,5 ; INPUT " ESPESOR DE PATIN SUPERIOR (TPS)= " ; TPS
LOCATE 14,5 ; INPUT " ANCHO DE PATIN INFERIOR (BPI)= " ; BPI
LOCATE 16,5 ; INPUT " ESPESOR DEL PATIN INFERIOR (TPI)= " ; TPI
LOCATE 18,5 ; INPUT " ESPESOR DEL ALMA (TW)= " ; TW
LOCATE 20,5 ; INPUT " PESO DE LA SECCION I SOLDADA (WI)= " ; WI ; CLS
F=L/10 ; DT=F*TW ; HW=F*(TPI+TPS) ; GO TO 4500
10000 LOCATE 10,5 ; INPUT " MODULO DE ELASTICIDAD DEL ACERO (KG/CM) = " ; E
LOCATE 12,5 ; INPUT " COEFICIENTE DE FLUENCIA DEL ACERO (KG/CM) = " ; FY
F=L/10 ; FBF=0.6*FY
LOCATE 14,5 ; PRINT " PATINES "
LPRINT"....."
LPRINT"..... PATINES ..... "
LPRINT"....."
LPRINT ; LPRINT
A=INPUT(1) ; CLS
10000 GO SUB 21000
LOCATE 10,5 ; INPUT"ELIJE EL ESPESOR DE FLACA (cm) TP=" ; TP
LOCATE 12,5 ; INPUT"PESO DE LA FLACA (KG/M) " ; WP ; CLS
IF AS=TP
PRINT
IF (BF*(2*TP)) <= (800/SOR(F)) THEN 10030
LOCATE 4,0 ; PRINT"AUUMENTAR EL ESPESOR DE LA FLACA" ; A=INPUT(1) ; CLS ;
GO TO 10000
10030 IF (BF*(2*TP)) >= (245/SOR(F)) THEN 10100
LOCATE 4,0 ; PRINT"BAJARE EL ESPESOR DE LA FLACA" ; A=INPUT(1) ; CLS ;

```



```

GO TO 16000
16100 BPS=BF : BFI=BF : BPS=BF : BFI=BF : BPS=BF : BFI=BF
LOCATE 4,5 : PRINT"SE ACEPTA PARA PATINES 2 FL " : TF*10 : LOCATE 4,45 : FF
INT" mm " : BFI*10 : LOCATE 4,55 : PRINT" mm " : BFI*INPUT*(1) : CLS
LPRINT"SE ACEPTA COMO PATINES 2 FL" : TAB(100) : TF*10 : TAB(40) : "mm " : TAB(45) :
BF*10 : TAB(55) : "mm"
LPRINT : LPRINT
LOCATE 5,5 : PRINT " ALMA "
LPRINT : LPRINT
LPRINT "....."
LPRINT "..... ALMA ....."
LPRINT "....."
LPRINT : LPRINT
A=INPUT*(1) : CLS
HW=2*TF : TW=FSOR(FB)/2*TF : TH=FSOR(FY)/2*TF : TH=HW*FSOR(FY*TF*1
16200 GO SUB 21000
16210 GO SUB 21000
LOCATE 2,5 : PRINT"INICIO"
LOCATE 2,20 : PRINT"INICIO"
LOCATE 2,35 : PRINT"INICIO"
LOCATE 2,5 : INPUT" ELIJA UN VALOR DEL ESPESOR DE ALMA MAYOR QUE LOS CALL
CUAOS 10*10"
LOCATE 3,5 : INPUT" PESO DE LA PLACA (G/GM) " : WN : CLS
IF (WN) < 10000.SOR(FB) THEN 16270
LOCATE 4,5 : PRINT" AUMENTAR EL ESPESOR DEL ALMA " : A=INPUT*(1) : CLS :
GO TO 16100
16270 IF (WN) < 10000.SOR(FB) THEN 16250
LOCATE 4,5 : PRINT" AUMENTAR EL ESPESOR DEL ALMA " : A=INPUT*(1) : CLS :
GO TO 16100
16250 IF (WN) < 10000.SOR(FB) THEN 16250
LOCATE 4,5 : PRINT" AUMENTAR EL ESPESOR DEL ALMA " : A=INPUT*(1) : CLS :
GO TO 16100
16300 LOCATE 6,5 : PRINT" SE ACEPTA COMO ALMA 1 FL " : TH*10 : LOCATE 6,45 : PRINT
" mm " : TH*10 : LOCATE 6,55 : PRINT" mm " : A=INPUT*(1) : CLS
LPRINT
LPRINT"SE ACEPTA COMO ALMA 1 FL" : TAB(100) : TH*10 : TAB(40) : "mm " : TAB(45) : TH*1
0 : TAB(55) : "mm"
LPRINT : LPRINT
LPRINT " LOS VALORES ACEPTADOS DE LA SECCION SON : "
LPRINT
LPRINT " PEGANTE DE LA TRABA " : P " : P
LPRINT " ANCHO DE PATIN SUPERIOR (BFS) = " : BFS
LPRINT " ESPESOR DE PATIN SUPERIOR (BFI) = " : BFI
LPRINT " ANCHO DE PATIN INFERIOR (BFI) = " : BFI
LPRINT " ESPESOR DE PATIN INFERIOR (TFI) = " : TFI
LPRINT " ALTURA DEL ALMA (HW) = " : HW
LPRINT " PESO DE LA SECCION (W) = " : W : A=INPUT*(1) : CLS
LPRINT : LPRINT
REN CALLULO DE LAS PROFUNDIDADES GEOMETRICAS
AFS=B*TF : AFI=BF*10 : AN=HW*10 : D1=TF*HW*FI*TW : A1=AFS*AFI*AN*
IF B10* THEN (CORS 2 : GO TO 16620
16620 C1=FI*2 : D1=DT-2*TFI : D1=DT-TWC-(TFB,2) : D1=DT-C : D1=DC/2

```

```

YT*XC : YT*(AF1*DY1+AN*DY2+AF5*DY3+AC*DY4)*AT : YC*RT-YT
IX1=(BF1+TF1)*D12+AF1*(YT-TF1)*D12+(TW*AN)*D12+AN*(YT-TF1)*HW
IX2=(BF5+TF5)*D12+AF5*(YC-TW-TF5)*D2+YV*AC*(Y-C)*X1
IX=(IX1+IX2)
IY=(IY1+IY2+IY3+IY4+IY5+IY6+IY7+IY8+IY9+IY10)
ACOMPAF5=AC*AN*5 : SAC=IX1*YC : SAC1=IX1*YC : SAT=IX1*AT : S1Y=IY1*AT
RT=SQR((IX1+IY5+IY6+IY7+IY8+IY9+IY10)**2+(YV*AC)**2) : S1Y=AN*(IY1+IY2+IY3+IY4+IY5)
HW/2) : 2)*S1Y/ACOMP)
RT1=SQR((IX1+IY5+IY6+IY7+IY8+IY9+IY10)**2+(YV*AC)**2) : ACOMP)
LPRINT " PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA TRAPE CARRE "
LPRINT " PERALTE TOTAL DT= " : DT1
LPRINT " " : AT
LPRINT " " : YC
LPRINT " AREA TOTAL AT= " : AT
LPRINT " MOMENTO DE INERCIA EN X IX1= " : IX1
LPRINT " MOMENTO DE INERCIA EN Y IY1= " : IY1
LPRINT " AREA DE LA SECCION A COMPRESION ACOMP= " : ACOMP
LPRINT " MODULO DE SECCION A COMPRESION EN X SYC= " : SYC
LPRINT " MODULO DE SECCION A TENSION EN X SAT= " : SAT
LPRINT " MODULO DE SECCION A COMPRESION EN Y S1Y= " : S1Y
LPRINT " RADIO DE GIRO EN X RTX= " : RTX
LPRINT " RADIO DE GIRO EN Y RTY= " : RTY
LPRINT : LPRINT
AT=INPUT$(1) : CLS
GO TO 6000
06000 LOCATE 5, 5 : PRINT "DISEÑO"
LPRINT "*****"
LPRINT "***** DISEÑO *****"
LPRINT "*****"
PRINT
LOCATE 10, 5 : INPUT " (CB)= " : CB
LOCATE 12, 5 : INPUT " ESFUERZO DE FLUENCIA (FY)= " : FY : CLS
IF RTY = RTX THEN 6070
IF RTY > RTX THEN 6080
06070 RT=RTY : GO TO 6090
06080 RT=RTX
06090 REM CALCULO DE LOS ESFUERZOS ACTUAENTES
TF1=CB*(D12/YC) : F1=TW*(D12/SY1) : F5Y=CB*(D12/SY1) : F5Y1=TW*(D12/SY1)
REM CALCULO DE LOS ESFUERZOS PERMISIBLES EN EL PATIN DE COMPRESION
FBF=0.5*FY : Q1=FY/RT : Q1=SQR((17176+4*CB)*FY) : Q5=50R*((25*FC+4*CB)*FY)
06100 IF Q1<Q1 THEN 6170
IF Q1=Q3 THEN 6180
IF Q1<Q5 THEN 6190
GO TO 6120
06170 FB=(644E+3)*CB) : (L*DT)/AF : GO TO 6180
06180 FB=(1273+1E+10)*D12/(1080E+3)*CB)*FY : GO TO 6200
06190 FB=(120E+3)*CB)/(Q1*Q1)
06200 FB1=(644E+3)*CB)/(L*DT)/AF
IF FB1>FB THEN 6150
IF FB1>FB5 THEN 6240
FB=FB1 : GO TO 6210
06240 FB=FB5 : GO TO 6210

```

```

06250 IF FRI/=FB THEN 6270
    FB=FR : GO TO 6310
06270 FR=FBI : GO TO 6310
06280 IF FB/=FBF THEN 6300
    FB=FBF : GO TO 6310
06300 FB=FB
06310 REM ESFUERZOS COMBINADOS EN LA ZONA DE COMPRESION
    FFC=(FBXC+FBYC)*1.33
    REM ESFUERZO PERMISIBLE EN LA ZONA DE TENSION
    FB1=0.8*FY
    O=(W*TW + OS*6270)/SQRT(FB)
    IF O =OS THEN 6360
    REM REDUCCION DEL ESFUERZO EN EL PATIN DE COMPRESION
    LPRINT"REDUCCION DEL ESFUERZO EN EL PATIN DE COMPRESION" : AT=INPUT$(1) :
CLS
    LPRINT : LPRINT
    FB=FB*(1-0.0005*(AW/AF)*(O-OS))
06360 IF FFC>FB THEN 6410
    LOCATE 5, 5 : PRINT " LA SECCION NO ES ADECUADA EN LA ZONA DE COMPRESION"
    : A$=INPUT$(1):CLS
    LPRINT " LA SECCION NO ES ADECUADA EN LA ZONA DE COMPRESION "
    LPRINT
    LPRINT " ESFUERZOS COMBINADOS EN LA ZONA DE COMPRESION = " :FBFC
    LPRINT " ESFUERZO PERMISIBLE EN LA ZONA DE COMPRESION = " :FB
    LPRINT : LPRINT
    GO TO 13340
06410 IF FB>FB1 THEN 6440
    LOCATE 5, 5 : PRINT " LA SECCION NO ES ADECUADA EN LA ZONA DE TENSION "
    A$=INPUT$(1):CLS
    LPRINT " LA SECCION NO ES ADECUADA EN LA ZONA DE TENSION "
    LPRINT
    LPRINT " ESFUERZO ACTUANTE EN LA ZONA DE TENSION = " :FBAT
    LPRINT " ESFUERZO PERMISIBLE EN LA ZONA DE TENSION = " :FB1
    LPRINT : LPRINT
    GO TO 13340
06440 LPRINT " ESFUERZO ACTUANTE A COMPRESION EN X (KG/cm)2 = " :FBXC
    LPRINT " ESFUERZO ACTUANTE A TENSION EN X (KG/cm)2 = " :FBXT
    LPRINT " ESFUERZO ACTUANTE A COMPRESION EN Y (KG/cm)2 = " :FBYC
    LPRINT " ESFUERZO ACTUANTE A TENSION EN Y (KG/cm)2 = " :FBYT
    LPRINT " ESFUERZO TOTAL ACTUANTE EN LA ZONA DE COMPRESION (KG/cm)2 = " :FBFC
    LPRINT " ESFUERZO PERMISIBLE EN LA ZONA DE COMPRESION (KG/cm)2 = " :FB
    LPRINT " ESFUERZO PERMISIBLE EN LA ZONA DE TENSION (KG/cm)2 = " :FB1
    LPRINT : LPRINT
    LOCATE 14, 5 : PRINT " LA SECCION ES ADECUADA POR FLEXION " : A$=INPUT$(1)
CLS
    LPRINT " LA SECCION ES ADECUADA POR FLEXION "
    LPRINT : LPRINT : A$=INPUT$(1)
    GO TO 6700
06700 LOCATE 5, 5 : PRINT " REVISION DEL ESFUERZO CONSTANTE EN EL ALMA "
    LPRINT "*****"
    LPRINT "***** REVISION DEL ESFUERZO CONSTANTE EN EL ALMA *****"
    LPRINT "*****"
    LPRINT : LPRINT : LPRINT

```

```

LOCATE 10, 5 : INPUT " MODULO DE ELASTICIDAD (NBS/CM)2 = " : E : CLS
PRINT
REM CALCULO DEL ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (FVA)
FV=REDSQ/(HW*TW)
REM CALCULO DEL ESFUERZO CORTANTE MAXIMO PERMISIBLE (FVP)
ALPH=1.0/ALPH*HW : FVPR=0.4*E : J=1 : 2*E
IF QV=1 THEN GOTO 6870
(45.00+1.4*QV*QV) : GO TO 6860
6870 V=1+(45.00*QV*QV)
6880 QV=(1.0/ALPH)*FV/(HW*TW) : FV
IF QV<=0.8 THEN 6850
QV=(1.0/ALPH)*(HW*TW)*SQRT(FV)
IF QV<1.8 THEN 6850
GO TO 6860
6890 IF QV=1 THEN 6870
FV=(FV*1.89)+QV : GO TO 6850
6900 FV=(FV*2.89)+QV*(1-QV)/(1.15+SQRT(1+QV*QV))
FVPR=0.52*E*(1.75+(FV/FVPR)*FV)
IF FV<=FVPR THEN 6910
FVPR=0.6*FV : GO TO 6920
6910 FV=FVPR
6920 IF FV<=FVPR THEN 6940
FV=FVPR : GO TO 6950
6940 FV=FV
6950 IF FV<=FVA THEN 6970
FV=FVA : GO TO 6980
6970 FV=FV
6980 LPRINT " ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (FVA)= " : FVA
LPRINT " ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (FVP)= " : FV
LPRINT " ESFUERZO CORTANTE MAXIMO PERMISIBLE (FVPR)= " : FVPR
LPRINT : LPRINT
IF FVA<=FV THEN 7040
LOCATE 10,5 : PRINT "FVA=" : FVA : LOCATE 12,25 : PRINT " MAYOR QUE " : LD
DATE 10,26 : PRINT " FV=" : FV
LPRINT " FVA=" : FVA : TAB(17) : "MAYOR QUE" : TAB(30) : "FV=" : TAB(35) : FV
LPRINT : LPRINT
07000 LOCATE 15,5 : PRINT " SE REQUIEREN ATIESADORES INTERMEDIOS " : A=INPUT(1)
: : CLS
LPRINT " SE REQUIEREN ATIESADORES INTERMEDIOS " : LPRINT : GO TO 7100
07040 LOCATE 10,5 : PRINT " FVA=" : FVA : LOCATE 12,15 : PRINT " MENOR, IGUAL QUE
E " :
LOCATE 10,25 : PRINT " FV=" : FV
PRINT " FVA=" : FVA : TAB(17) : "MENOR, IGUAL QUE" : TAB(35) : "FV=" : TAB(38) : FV
LPRINT : LPRINT
IF (HW/TW)<=200 THEN 7070
LOCATE 10,5 : PRINT " (HW/TW)= " : (HW/TW) : LOCATE 10,25 : PRINT " MAYOR
QUE " : LOCATE 10,26 : PRINT " 200 "
LPRINT "(HW/TW)=" : TAB(9) : (HW/TW) : TAB(30) : "MAYOR QUE" : TAB(35) : "200"
LPRINT : LPRINT : GO TO 7000
07070 LOCATE 10,5 : PRINT " (HW/TW)= " : (HW/TW) : LOCATE 10,25 : PRINT " MENOR,
IGUAL
QUE " : LOCATE 10,26 : PRINT " 200 "
LPRINT "(HW/TW)=" : TAB(9) : (HW/TW) : TAB(30) : "MENOR, IGUAL QUE" : TAB(37) : "200"
LPRINT : LPRINT
SQRT(1.0+QV) : PRINT " NO SE REQUIEREN ATIESADORES INTERMEDIOS " : A=INPUT
(1) : : CLS
LPRINT " NO SE REQUIEREN ATIESADORES INTERMEDIOS " : LPRINT : GO TO 7200
07090 REM ATIESADORES INTERMEDIOS
07100 LOCATE " 5,5 : PRINT " ATIESADORES INTERMEDIOS "

```

```

LPRINT "
LPRINT "..... ATIESADORES INTERMEDIOS
LPRINT "
LOCATE 1:1PRINT
LOCATE 2:5: INPUT " F: DEL ALMA (F=0)E=1F=0
LOCATE 3:5: INPUT " F: DEL ATIESADOR (F=0)E=1F=0
LOCATE 10:5: PRINT " DETALLO ATIESADORES POP PARES "
LOCATE 11:5: PRINT " DETALLO UN ARBOL ATIESADOR "
LOCATE 12:5: PRINT " DETALLO UN SOLO ATIESADOR DE PLACA "
LOCATE 13:5: INPUT " DET: 1: 2: 3: 4: 5:
07100 JEU=1: A=0: B=0: C=0: D=0: E=0: F=0: G=0: H=0: I=0
IF CL=1 THEN GOTO 07100
GO TO 07100
07100 IF CL=2 THEN 07100
GO TO 07100
07101 AST=(1-CL)*D+(CL-1)*C+(CL-2)*B+(CL-3)*A+(CL-4)*H+(CL-5)*G
07102 BS=(BF-TW)*TS=AST*BS
GO SUB 01000
LOCATE 22:5: PRINT"ESPESOR DE ATIESADOR CALCULADO TS=":TS
LOCATE 23:5: INPUT"ELIJA EL VALOR DEL ESPESOR DE ATIESADOR MAYOR QUE EL
ALCULADO TS=":TS
LOCATE 24:5: INPUT"PESO DE LA PLACA":WSTI:CLS
07104 W=TS*BS
IF AD AST THEN T2=0
LOCATE 25:5: PRINT " AUMENTAR EL ESPESOR DEL ATIESADOR " : AT=INPUT$(1)
: CLS : GO TO 07100
07105 IF BS>T2*(800/500)*F THEN T2=BS
GO SUB 01000
LOCATE 22:5: PRINT"ESPESOR DEL ATIESADOR TS=":TS
LOCATE 23:5: INPUT" AUMENTAR EL ESPESOR DEL ATIESADOR TS=":TS
LOCATE 24:5: INPUT" PESO DE LA PLACA ": W: CLS : GO TO 07100
07106 DIM A(100)S(4): ISUB=INT(W/50): IS=INT(W/100): IS+TW/4/100
IF ISUB<1 THEN T2=0
WET=INT(W/4): EST=INT(W/2): WSTI=W/4
LOCATE 10:5: PRINT"USAR ATIESADORES DE PLACA":LOCATE 11:5:PRINT"1:"
: LOCATE 10:5: PRINT"2:"
LPRINT"USAR ATIESADORES INTERMEDIOS PLACA DE 1"
LPRINT
LPRINT TS+100*(F-10)*mm*(1+BS*(1-B)*BS+10*(F-25)*mm*(1+B*(1-B)*BS+10*(
E-25)*mm)
LPRINT : LPRINT
WSTI=AD*(W/4)*E+100: WSTI=WSTI+WSTI
LPRINT " PESO DE UN PAR DE ATIESADORES INTERMEDIOS (WSTI)A=":WSTI
LPRINT " NÚMERO DE PARES DE ATIESADORES INTERMEDIOS (WSTI)A=":WSTI
LPRINT " PESO TOTAL DE ATIESADORES INTERMEDIOS (WSTI)A=":WSTI: AT
INPUT(1): CLS
LPRINT : LPRINT
IF C=1 THEN 07100
07100 REM ATIESADORES EXTREMOS
LPRINT : LPRINT
LOCATE 25:5: PRINT " ATIESADORES EXTREMOS "
LPRINT ".....
LPRINT "..... ATIESADORES EXTREMOS
LPRINT ".....
LPRINT : LPRINT
LPRINT : LPRINT
SFB=BS: SBT=(BF-TW)*2: FAC=0.5*F: SBT=BT

```

```

ANST=RDISV/PAC ; AEF=ANST
TST=(AEF-ID*TW/2) (BF-TW)
GO SUB 21000
LOCATE 22,5 : PRINT" TST="TST
07400 LOCATE 23,5 : INPUT"ELIJA EL ESPESOR DE PLACA MAYOR QUE EL CALCULADO TST"
TST
LOCATE 24,5 : INPUT"RESQ DE LA PLACA INSTE : CLS
TSA=TST
IF (BAT-TSA) <= (B00-SOR(F)) THEN 7400
07415 GO SUB 21000
LOCATE 22,5 : PRINT" TST="TST
LOCATE 23,5 : PRINT" AUMENTAR EL ESPESOR DEL ATIESADOR : GO TO 7400
07420 IW=(TST*BF/2)+(TW/4)
AEF=(ID+TW/2) * (BF-TW)*TST ; WSTE=H - 4*TST
F=SOR(IW/AEF) ; LST=0.75*HW ; K1=1 ; CC=SOR((D*(0.1415*F^2)+E)/F) ; OST=
(K1*LST)/R
LPRINT " VALORES DEL ATIESADOR " : LPRINT
LPRINT " MOMENTO DE INERCIA (CM^4) = " : IW
LPRINT " AREA EFECTIVA (CM^2) = " : AEF
LPRINT " ANCHO (CM) = " : BF
LPRINT " ESPESOR (CM) = " : TST
LPRINT " RADIO DE GIRO (CM) = " : R
LPRINT " LONGITUD (CM) = " : LST
PRINT " K1 = " K1
PRINT " CC = " CC
PRINT " OST = " OST
LPRINT : LPRINT
IF OST < CC THEN 7460
FA=(ID*(0.1415*F^2)+E)/(CC*OST^2) ; GO TO 7470
07460 H=(S^2)/(2*OST)/(8*CC)-(OST)^2/(8*CC^2)
FA=(1-(OST^2)/(2*CC^2))*H/F
07470 F44=RDISV/AEF
LPRINT" REVISION DEL ATIESADOR COMO COLUMNA "
LPRINT " ESFUERZO ACTUANTE (KG/CM^2) = " : F44
LPRINT " ESFUERZO PERMISIBLE (KG/CM^2) = " : FA
PRINT " F44 " : F44
LPRINT : LPRINT
AS=INPUT$(1) : CLS
IF F44 > FA THEN 7490
LOCATE 10,5 : PRINT " AUMENTAR EL ESPESOR DE LOS ATIESADORES " : GO TO 7415
5
07490 LOCATE 10,5 : PRINT " USAR ATIESADORES EXTREMOS DE PLACA TST*10 LOCATE 10,4
5 : PRINT " X " : B5=10 : LOCATE 10,55 : PRINT " X " : HST=10
LPRINT" USAR ATIESADORES EXTREMOS DE PLACA DE " : F
LPRINT
LPRINT TST*10;TAB(7);"mm A";TAB(13);B5*10;TAB(22);"mm X";TAB(28);HST*10;11
AB(40)"mm"
LPRINT : LPRINT
ASTE=D*BST*TST ; WSTE=ASTE*FE ; WTE=D*WSTE
PRINT " PESO DE UN PAR DE ATIESADORES EXTREMOS (KG/CM) = " : WSTE
PRINT " PESO TOTAL DE ATIESADORES EXTREMOS (KG/CM) = " : WSTE*H*INF
UTS(1):CLS
LPRINT : LPRINT : AS=INPUT$(1)

```

```

07510 REV REVISION DEL ARRUGAMIENTO DEL ALMA
GO TO 7550
02550 LOCATE 5.5 : PRINT " REVISION DEL ARRUGAMIENTO DEL ALMA "
LPRINT "....."
LPRINT "..... REVISION DEL ARRUGAMIENTO DEL ALMA ..... "
LPRINT "....."
LOCATE 6.5 : PRINT " PARA CARGA CENTRAL "
07555 LOCATE 6.5 : PRINT " DIMENSIONES DE FILETE DE SOLDADURA: 0.4:0.5:0.6:0.8:
1.0:1.1:1.5 "
LOCATE 10.5 : INPUT " DIMENSION DEL FILETE DE SOLDADURA (CM) : " : DFB : CLS
REV SELECCION DEL TIPO DE RIEL
LOCATE 5.5 : PRINT " TIPOS DE RIEL "
LOCATE 6.5 : PRINT " RIEL No 15 : WR = 7.74 kg/m : DR = 6.00 cm "
LOCATE 7.5 : PRINT " RIEL No 20 : WR = 9.72 kg/m : DR = 6.87 cm "
LOCATE 8.5 : PRINT " RIEL No 25 : WR = 12.40 kg/m : DR = 6.98 cm "
LOCATE 9.5 : PRINT " RIEL No 30 : WR = 14.88 kg/m : DR = 7.94 cm "
LOCATE 10.5 : PRINT " RIEL No 40 : WR = 22.75 kg/m : DR = 10.79 cm "
LOCATE 11.5 : PRINT " RIEL No 50 : WR = 29.78 kg/m : DR = 12.70 cm "
LOCATE 12.5 : PRINT " RIEL No 65 : WR = 42.15 kg/m : DR = 13.18 cm "
LOCATE 13.5 : PRINT " RIEL No 100 : WR = 50.25 kg/m : DR = 15.34 cm "
LOCATE 14.5 : PRINT " RIEL No 112 : WR = 55.00 kg/m : DR = 16.83 cm "
LOCATE 15.5 : INPUT " RIEL No " : TR
LPRINT "....."
IF TR = 15 THEN WR = 7.74 : DR = 6.00 : GO TO 7810
IF TR = 20 THEN WR = 9.72 : DR = 6.87 : GO TO 7810
IF TR = 25 THEN WR = 12.40 : DR = 6.98 : GO TO 7810
IF TR = 30 THEN WR = 14.88 : DR = 7.94 : GO TO 7810
IF TR = 40 THEN WR = 22.75 : DR = 10.79 : GO TO 7810
IF TR = 50 THEN WR = 29.78 : DR = 12.70 : GO TO 7810
IF TR = 65 THEN WR = 42.15 : DR = 13.18 : GO TO 7810
IF TR = 100 THEN WR = 50.25 : DR = 15.34 : GO TO 7810
IF TR = 112 THEN WR = 55.00 : DR = 16.83 : GO TO 7810
PRINT
LPRINT "....."
07810 LPRINT "..... DATOS DEL RIEL ..... "
LPRINT "....."
LPRINT : LPRINT
LPRINT " RIEL No : " : TR
LPRINT
LPRINT " PESO DEL RIEL (kg/m) = " : WR
LPRINT " PERALTE DEL RIEL (cm) = " : DR : LF : INPUT " "
IF : CLS
LPRINT : LPRINT
LPRINT " PARA CARGA CENTRAL "
LPRINT
I=DR*TR*DFB : NH=2*DR
FAFC=(NH*(TW*(NH+2*H))) : FAFB=0.75*FV
LPRINT " ESFUERZO POR AFLASTAMIENTO ACTUARTE (kg/cm2) = " : FAFB
LPRINT " ESFUERZO POR AFLASTAMIENTO PERMISIBLE (kg/cm2) = " : FAFB
LPRINT : LPRINT
IF FAFB > FAFB THEN 7840
LOCATE 2.5 : PRINT " AUMENTAR EL ESPESOR DEL ALMA " : GO TO 10340
07840 ATTN=0.001*FV/IB

```

```

LOCATE 5,5 : PRINT " PARA LOS APOYOS "
LPRINT " PARA LOS APOYOS "
LPRINT
N1=2*DR + 1;JTF5=DFS
FAFE=RDIS*(LW*(N1))
LPRINT " ESFUERZO POR APLASTAMIENTO ACTUAL DE CARGA " :FAFE
LPRINT " ESFUERZO POR APLASTAMIENTO PERMISIBLE 1/5 CM2 " :FAFE + AF*INFT
8111CLS
LPRINT : LPRINT
IF FAFE >FAFE THEN 8020
LOCATE 12,5 : PRINT " AUMENTAR EL ESPESOR DEL ALMA " : GO TO 10340
8020 LPRINT
8021 LOCATE 5,5 : PRINT"EL PATIN ESTA RESTRINGIDO CONTRA ROTACION (1)SI : (2)NO
":FAFR :CLS
IF FAFR = 1 THEN 8025
IF FAFR = 2 THEN 8027
GO TO 8021
8025 LOCATE 5,5 : PRINT"EL PATIN ESTA RESTRINGIDO CONTRA ROTACION"
FAFR*(1+7*(AL/HR) ^2) + (700000*(HR/IN) ^2) GO TO 8027
8027 LOCATE 5,5 : PRINT"EL PATIN NO ESTA RESTRINGIDO CONTRA ROTACION"
FAFR*(1+7*(AL/HR) ^2) + (700000*(HR/IN) ^2)
8029 FVC = FVC*AW : FVW=IN : FVT=FVC+FVW
8030 IF FVT = FVR THEN 8022
LOCATE 10,5 : PRINT"SE REQUIEREN ATIESADORES INTERNEDIOS"(AW=INFT*(1) : C
LS : 2) : GO TO 7090
8032 LOCATE 10,5 : PRINT"NO SE REQUIEREN ATIESADORES INTERNEDIOS" : AW=INFT*(1
) : CLS
LOCATE 5,5 : PRINT " SOLDADURA "
LPRINT"....."
LPRINT"..... SOLDADURA ....."
LPRINT"....."
LPRINT : LPRINT
REM SECCION DEL TIPO DE SOLDADURA DE FILETE
LOCATE 9,5 : PRINT " TIPO DE SOLDADURA DE FILETE "
LOCATE 10,5 : PRINT " SOLDADURA E-60 : CAPACIDAD DE CARGA 1045 kg/cm "
LOCATE 11,5 : PRINT " SOLDADURA E-70 : CAPACIDAD DE CARGA 1475 kg/cm "
LOCATE 12,5 : INPUT " SOLDADURA E-" : SDF :CLS
IF SDF=60 THEN CCS=1045 : GO TO 8100
IF SDF=70 THEN CCS=1475 : GO TO 8100
80100 LPRINT " SOLDADURA E-" :SDF
LPRINT
LPRINT " CAPACIDAD DE CARGA (kg/cm) " :CCS
FS=CCS*(.707)*DFS*C
LPRINT " ESFUERZO PERMISIBLE DEL TIPO DE SOLDADURA PROFUESTA (FS=" :FS :
AF*INFT*(1) : CLS
LPRINT : LPRINT
LPRINT
REM SOLDADURA ENTRE PATIN Y ALMA
LOCATE 5,5 : PRINT " SOLDADURA ENTRE PATIN Y ALMA "
LPRINT "....."
LPRINT "..... SOLDADURA ENTRE PATIN Y ALMA ....."
LPRINT "....."
LPRINT : LPRINT

```



```

IF STC=2 THEN B200
IF STC=1 THEN B260
GO TO B200
08200 X51=D*Y3-(TFS/2) ; Y52=D*Z ; Y53=D*Z*(TFS/2)+TWC*Y ; Y54=D*Y3*(TFS/2)
AS1=AFS*AC ; AS2=AFS/2I+AC ; AS3=BFS*(X-TWC)*AC ; AS4=AC
D1=AS1*Y51+AS2*Y52+AS3*Y53+AS4*Y54 ; FSA=RD1SV*DX IXX
LPRINT " ESFUERZO ACTUANTE ENTRE PATIN Y ALMA (I.B.cm)=" ; TAB(10) ; FSA ; LPRINT
NT AS=(INPUT$(1));CLS
IF FSA=FS THEN B240
08230 LOCATE 5,5 ; PRINT " AUMENTAR EL TAMAÑO DEL FILETE DE LA SOLDADURA " ; GO
TO 7565
08240 LOCATE 10,5 ; PRINT " USAR SOLDADURA DE FILETE E=" ; SDP ; LOCATE 10,38 ; PR
INT " ENTRE PATIN Y ALMA "
LPRINT"USAR SOLDADURA DE FILETE E=" ; SDP ; TAB(35) ; "E=" ; TAB(40) ; DFS*10 ; TAB(50
) ; "mm ENTRE PATIN Y ALMA"
LPRINT ; LPRINT
AS=INPUT$(1) ; CLS ; GO TO B250
08260 Y51=D*Y3 -(TFS/2) ; Y52=D*Z ; Y53=D*Z*(TFS/2)
AS1=AFS*2*TP*(HP+TFS/2) ; AS2=BFS*(TFS/2)+2*TP*(HF*2) ; AS3=DF*(HF-TF
S)
QY=AS1*Y51+AS2*Y52+AS3*Y53 ; FSAV=RD1SV*QY/IXX
LPRINT "Y51=" ; Y51 ; LPRINT "Y52=" ; Y52 ; LPRINT "Y53=" ; Y53
LPRINT "AS1=" ; AS1 ; LPRINT "AS2=" ; AS2 ; LPRINT "AS3=" ; AS3
LPRINT " MOMENTO ESTADICO (CM)=" ; QY
LPRINT " MOMENTO DE INERCIA (CM)=" ; IXX
LPRINT " CORTANTE MAXIMO (I.B)=" ; RD1SV
LPRINT ; LPRINT
LPRINT " ESFUERZO PERMISIBLE ENTRE EL PATIN Y EL ALMA (I.B.cm)=" ; FFS
LPRINT " ESFUERZO ACTUANTE ENTRE EL PATIN Y EL ALMA (I.B.cm)=" ; FSAV
LPRINT ; LPRINT
IF FSAV = FS THEN B300
GO TO B230
08300 LOCATE 10,5 ; PRINT " USAR SOLDADURA DE FILETE E=" ; SDP ; LOCATE 10,40 ; PRIN
T " ENTRE PATIN Y ALMA "
LPRINT"USAR SOLDADURA DE FILETE E=" ; SDP ; TAB(35) ; "E=" ; TAB(40) ; DFS*10 ; TAB(45
) ; "mm ENTRE PATIN Y ALMA"
LPRINT ; LPRINT ; AS=(INPUT$(1)) ; CLS
LPRINT"*****"
LPRINT"***** SOLDADURA ENTRE EL PATIN SUPERIOR Y LAS PLACAS *****"
LPRINT"*****"
LPRINT ; LPRINT
LOCATE 8,5 ; PRINT " DIMENSIONES DE FILETE DE SOLDADURA: 0,4;0,5;0,6;0,8;
1,0;1,2;1,6 "
LOCATE 10,5 ; INPUT " DIMENSION DEL FILETE DE SOLDADURA (cm)=" ; DFS ; CLS
X51=DX1-(TP/2) ; X52=DX1 ; X53=DX1+(TP/2)
AS1=TP*HP ; AS2=TP*HP/2 ; AS3=0
Q1=AS1*Y51+AS2*Y52+AS3*Y53
LPRINT "X51=" ; X51 ; LPRINT "X52=" ; X52 ; LPRINT "X53=" ; X53
LPRINT "AS1=" ; AS1 ; LPRINT "AS2=" ; AS2 ; LPRINT "AS3=" ; AS3
LPRINT " MOMENTO ESTADICO (CM)=" ; Q1
LPRINT " MOMENTO DE INERCIA (CM)=" ; IYY
LPRINT " CORTANTE MAXIMO (I.B)=" ; RDISH
LPRINT ; LPRINT ; FS=DFS*0,7071*CCS*2
FSAH=RDISH*Q1/IXY
LPRINT " ESFUERZO PERMISIBLE ENTRE EL PATIN SUPERIOR Y LAS PLACAS (I.B.cm)="

```

```

";FS  LPRINT " ESFUERZO ACTUANTE ENTRE EL PATIN SUPERIOR Y LAS PLACAS (FG,cm) =
";FSAH
LPRINT : LPRINT
IF FSAH = FS THEN GOTO 8230
GO TO 8230
0820 LOCATE 20,5 : PRINT " USAR SOLDADURA DE FILETE E=";SDF: LOCATE 20,40 : PRI
NT " ENTRE EL PATIN SUPERIOR Y LAS PLACAS "
LPRINT"USAR SOLDADURA DE FILETE E=";SDF:TAB(35);DE(TAB(40);DFS*10;TAB(50
11"mm ENTRE EL PATIN SUPERIOR Y LAS PLACAS"
LPRINT : LPRINT
A*=INPUT(1) : CLS
0870 PRINT
REM SOLDADURA ENTRE ALMA Y ATIESADORES
LOCATE 5,5 : PRINT " SOLDADURA ENTRE ALMA Y ATIESADORES "
LPRINT"....."
LPRINT"..... SOLDADURA ENTRE ALMA Y ATIESADORES .....
LPRINT"....."
LPRINT : LPRINT
PVS=HW+SDF*(FZ/1000) : DD=VVS/(2*0.7071*CCS)
LOCATE 6,5 : PRINT " DIMENSION CALCULADA DE SOLDADURA (DD)=" :
DD
LOCATE 11,5 : PRINT " DIMENSIONES DE SOLDADURA DE FILETE : 0.4;0.5;0.6;0.9
1.0;1.3;1.6"
LOCATE 13,5 : INPUT " DIMENSION DE SOLDADURA DE FILETE PROPUESTA";DFSP
QA=0.7071*CCS*DFSP
LOCATE 15,5 : PRINT " USAR FILETE";DFSP:LOCATE 15,25:PRINT " cm ";LOCATE 15
,29:PRINT " CAP.DE CARGA="QA:LOCATE 15,50 : PRINT " kg/cm ";A*=INPUT(1):CLS
LPRINT"USAR FILETE DE";TAB(16);DFSP*10;TAB(23);"mm CAP. DE CARGA=";TAB(4
2);QA:TAB(53);"kg/cm"
LPRINT : LPRINT
LFS=A*TW : SH=24*TW : SHAX=30.5
IF SH=SHAX THEN 8600
SH=SHAX : GO TO 8610
0860 SH=SH
0861 QA=0.7071*CCS*DFSP : PASO = (2*LFS/QA)*100
LPRINT " ESFUERZO CONSTANTE REQUERIDO (KG/CM) = ";PVS
LPRINT " LONGITUD MINIMA DE FILETE (CM) = ";LFS
LPRINT " ESPACIAMIENTO MAXIMO (CM) = ";SH
LPRINT " PASO DE LA SOLDADURA (CM) = ";PASO
LPRINT : LPRINT
LOCATE 7,5 : PRINT " USAR FILETE DE";DFSP:LOCATE 7,25:PRINT " mm A CADA " :
SH :LOCATE 9,40 : PRINT " mm DE " ;LFS:LOCATE 9,52 : PRINT " mm DE LONGITUD EN AM
BOS LADOS "
LPRINT"USAR FILETE DE";TAB(15);DFSP*10;TAB(21);"mm A CADA";TAB(30);SH*10;T
AB(37);"mm DE";TAB(42);LFS*10;TAB(50);"mm DE LONGITUD EN AMBOS LADOS"
LPRINT : LPRINT : A*=INPUT(1) : CLS
LOCATE 5,5 : PRINT " W="TW
LOCATE 6,5 : PRINT " PVS="PVS
LOCATE 7,5 : PRINT " C="TC : A*=INPUT(1) : CLS
REM CALCULO DEL PESO TOTAL DE LA TRABE-CARRIL
TPT=1ST : AFI=2*(PT)*F : WFS=FE*AFS : WFI=FE*AFI : WHW=FE*AW : WF=2*FE*AF
WSTE=4*((TST/100)*(BST/100)*(HST/100)*7850) : (LZ/100)
WFI=2*((PT/100)*(FZ/100)*(DF/100)*7850) : (LZ/100)

```

```

LPRINT "*****"
LPRINT "***** CALCULO DEL PESO TOTAL DE LA TRABE-CARRIL *****"
LPRINT "*****"
LPRINT : LPRINT
LPRINT " PATA SUPERIOR (KG/M) = " ; WPS
LPRINT " PATA INFERIOR (KG/M) = " ; WPI
LPRINT " ALMA (KG/M) = " ; WAW
IF STC = 1 THEN B895
LPRINT " CANAL (KG/M) = " ; WNC : GO TO B895
0895 LPRINT " PLACAS EN EL PATA SUPERIOR (KG/M) = " ; WPF
0895 LPRINT " ATISADOR INTERMEDIO (KG/M) = " ; WSTI
LPRINT " ATISADOR EXTREMO (KG/M) = " ; WSTE
LPRINT " PLACA TAPA (KG/M) = " ; WPT
LPRINT " RIEL (KG/M) = " ; WR
WTS = WPS + WPI + WAW + WNC + WSTI + WSTE + WPT + WR
LPRINT " RIGIDEZ Y CONEXIONES (KG) (KG/M) = " ; WTS * 0.10
LPRINT " SOLDADURA (AL) (KG/M) = " ; WTS * 1.14 * 0.04
WRT = WTS * 1.14
LPRINT " PESO REAL TOTAL DE LA TRABE CARRIL (KG/M) = " ; WRT
LPRINT : LPRINT
LPRINT " PESO REAL TOTAL DE LA TRABE-CARRIL (KG/CM) = " ; WRT / 100
44 = INPUT(1) : CLS
WRT = WRT / 100
IF WRT < W THEN B955
WEND

LOCATE 14,5 : PRINT " PESO PROPIO REAL DE TRABE-CARRIL (KG/CM) = " ; W
LOCATE 20,5 : INPUT " PESO PROPIO DE TRABE-CARRIL (KG/CM) = " ; W : CLS : GO
TO 45
0895 GO TO 9000
09000 REB REVISION DE LA DEFLEXION VERTICAL
LOCATE 5,5 : PRINT " REVISION DE LA DEFLEXION VERTICAL "
LPRINT : LPRINT : A$ = INPUT(1)
LPRINT "*****"
LPRINT "***** REVISION DE LA DEFLEXION VERTICAL *****"
LPRINT : LPRINT
E1 = E * (X : DEFV = (L * 1000 : DEFAB = (5 * W * L ^ 4) / (384 * EI) : AX = (L - C) / 2
IF NR = 0 THEN 9007
PV = G : DEFAB = (PV * L ^ 3) / (48 * EI) : GO TO 9000
09007 IF U = 0 THEN PV = PV / 2
DEFAB = (PV * AX) * (24 * EI) * ((3 * L ^ 2) - (4 * AX ^ 2)) : GO TO 9000
09010 DEFVA = DEFAB + DEFAB
LPRINT " E1 = " ; E1
LPRINT
LPRINT " DEFLEXION VERTICAL PERMISIBLE (DEFVP) = " ; DEFVP
LPRINT " DEFLEXION VERTICAL ACTUANTE (DEFVA) = " ; DEFVA
PRINT " DEFAB = " ; DEFAB
PRINT " DEFAB = " ; DEFAB
LPRINT : LPRINT
IF DEFVA > DEFVP THEN 9080
LOCATE 13,5 : PRINT " LA SECCION NO ES ADECUADA POR DEFLEXION "
LPRINT " LA SECCION NO ES ADECUADA POR DEFLEXION " : GO TO 13340
09080 LOCATE 10,5 : PRINT " LA SECCION ES ADECUADA POR DEFLEXION "

```

```

LPRINT " LA SECCION ES ADECUADA POR DEFLEXION "
LPRINT : LPRINT
LPRINT " TERMINA EL DISENO "
A$=INPUT$(1) : CLS : GO TO 10040
20000 A$=INPUT$(1):CLS
LOCATE 6, 5 : PRINT"GRUA No 1 "
LOCATE 8, 5 : PRINT"CAPACIDAD DE LA GRUA 1"
LOCATE 10, 5 : INPUT"FUERZA DE TRAJE EN EL GANCHO PRINCIPAL (KG)="#:G11
LOCATE 12, 5 : INPUT"FUERZA DE TRAJE EN EL GANCHO SECUNDARIO (KG)="#:G22
LOCATE 14, 5 : PRINT"PESO DE LA GRUA-FUENTE 1"
LOCATE 16, 5 : INPUT"PESO PROPIO DE LA TRABE-FUENTE (KG)="#:P11
LOCATE 18, 5 : INPUT"PESO PROPIO DEL CARRO PRINCIPAL (KG)="#:P22
LOCATE 20, 5 : INPUT"PESO PROPIO DEL CARRO SECUNDARIO (KG)="#:P33
LOCATE 22, 5 : INPUT"PESO PROPIO DEL POLIFASTO PRINCIPAL (KG)="#:P44
LOCATE 24, 5 : INPUT"PESO PROPIO DEL POLIFASTO SECUNDARIO (KG)="#:P55 : CLS
LOCATE 8, 5 : PRINT"DIMENSIONES DE LA TRABE-FUENTE 1"
LOCATE 10, 5 : INPUT"DISTANCIA MINIMA ENTRE EL GANCHO PRINCIPAL Y LA TRABE
-CARRIL (cm)="#:D11
LOCATE 12, 5 : INPUT"DISTANCIA MINIMA ENTRE EL GANCHO SECUNDARIO Y LA TRABE
E-CARRIL (cm)="#:D11
LOCATE 14, 5 : INPUT"DISTANCIA MINIMA ENTRE GANCHOS (cm)="#:D2
LOCATE 16, 5 : INPUT"DISTANCIA ENTRE EJES DE TRABES-CARRIL (cm)="#:D
LOCATE 18, 5 : INPUT"DISTANCIA ENTRE EJES DE COLUMNAS (cm)="#:L
LOCATE 20, 5 : INPUT"PESO PROPIO DE LA TRABE-CARRIL (KG)="#:P1W
LOCATE 22, 5 : INPUT"NUMERO DE RUEDAS SOBRE LA TRABE-CARRIL 1"=:NR1 : CLS
PRINT
REM DESCARGAS DEBIDAS A CARGAS ESTATICAS
PRINT
P11=G11+W22+P44 : P22=G22+W33+W55
A11=D-(AC-B2) : B11=D-(A11-B2)
R22=(P11+W2+P22*(D-A11))/D : P11=(P11+P22+P22
R33=(P11+B21+P22*(D-A11))/D : R22=(P11+P22+P44
R55=A11/D : P55=P55
P11=(P11+P55) : R22=(R22+R55
IF R11 > R22 THEN P44=P11 : GO TO 20260
R44=R22
20260 LOCATE 8,5 : INPUT"TIPO DE SERVICIO DE LA GRUA (1)A(2)B(3)C(4)D(5)E "
TSB : CLS
IF TSG=1 THEN CV=1.10 : CH=0.10 : CL=0.05 : GO TO 20260
IF TSG=2 THEN CV=1.15 : CH=0.10 : CL=0.05 : GO TO 20260
IF TSG=3 THEN CV=1.25 : CH=0.20 : CL=0.10 : GO TO 20260
IF TSG=4 THEN CV=1.25 : CH=0.20 : CL=0.10 : GO TO 20260
IF TSG=5 THEN CV=1.50 : CH=0.25 : CL=0.25 : GO TO 20260
20260 A$=INPUT$(1) : CLS
PRINT
REM CALCULO DE LA CARGA VERTICAL
PRINT
PVD=(CV*PMA)/NR1
PRINT
REM CALCULO DE LA CARGA HORIZONTAL
PRINT
RH2=CH*(G11+G22+W22+W33)/D : PH2=PH2/NR1

```

```

PRINT
REM CALCULO DE LA CARGA LONGITUDINAL
PRINT
FLC=CL*FVZ
PRINT
LPRINT " GRUA No 1 "
GO SUB 24000
LPRINT "TIFO DE SERVICIO DE LA GRUA":D*.E+
LPRINT "CARGA VERTICAL ":CV
LPRINT "CARGA HORIZONTAL ":CH
LPRINT "CARGA LONGITUDINAL ":CL
LPRINT : LPRINT
LPRINT "DESCARGA MAXIMA VERTICAL POR RUEDA (KG)": " :FVZ
LPRINT "DESCARGA MAXIMA HORIZONTAL POR RUEDA (KG)": " :FHC
LPRINT "DESCARGA LONGITUDINAL (KG)": " :FLC : A:=INPUT$(1) "

```

LS

```

LPRINT : LPRINT
LPRINT " GRUA No 2 "
LPRINT : LPRINT
GO TO 10
21000 LOCATE 1,5 : PRINT "VALORES DE ESPESORES DE PLACAS "
LOCATE 2,5 : PRINT " ESPESOR PESO "
LOCATE 3,5 : PRINT " cm pulq. KG/m "
LOCATE 4,5 : PRINT " 0.48 7/16 37.35 "
LOCATE 5,5 : PRINT " 0.63 1/4 49.75 "
LOCATE 6,5 : PRINT " 0.79 5/16 62.25 "
LOCATE 7,5 : PRINT " 0.95 3/8 74.67 "
LOCATE 8,5 : PRINT " 1.11 7/16 87.15 "
LOCATE 9,5 : PRINT " 1.27 1/2 99.57 "
LOCATE 10,5 : PRINT " 1.43 9/16 112.05 "
LOCATE 11,5 : PRINT " 1.59 5/8 124.47 "
LOCATE 12,5 : PRINT " 1.75 11/16 136.89 "
LOCATE 13,5 : PRINT " 1.91 3/4 149.31 "
LOCATE 14,5 : PRINT " 2.07 7/8 161.73 "
LOCATE 15,5 : PRINT " 2.24 1 174.15 "
LOCATE 16,5 : PRINT " 2.40 1 1/8 186.57 "
LOCATE 17,5 : PRINT " 2.56 1 1/4 199.00 "
LOCATE 18,5 : PRINT " 2.72 1 3/8 211.42 "
LOCATE 19,5 : PRINT " 2.88 1 1/2 223.84 "
LOCATE 20,5 : PRINT " 3.04 1 5/8 236.26 "
LOCATE 21,5 : PRINT " 3.20 2 248.68 "
LOCATE 22,5 : PRINT " 3.36 2 261.10 "
LPRINT

```

CAPITULO V

EJEMPLO DE APLICACION

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ENGENIERÍA AERONÁUTICA

INGENIERÍA CIVIL

PROGRAMA PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE  
VIGAS DE ALFARZO PARA GRUPOS VIADEROS

ELABORADO POR :

SANFEDRO MENDOZA JUAN CARLOS

ANÁLISIS

DATOS REQUERIDOS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO:

TIPO DE GRUPO:	ARTIFICIAL DE 10 TON. A DIST. 11 DE CLARO
FABRICANTE:	CARLOS MENDOZA
NÚM. DE FUENTES-GRUPO:	1 CON UN GRUPO
TIPO DE SERVICIO DE LA GRUPO:	C. MEXICANO

CAPACIDAD DE GRUPO:

FUERZA DE TRABAJO EN EL GRUPO PRINCIPAL (K.G.)	35000
FUERZA DE TRABAJO EN EL GRUPO SECUNDARIO (K.G.)	0

PESO DE LA GRUPO-FUENTE:

PESO PROPIO DE LA TABLERA-FUENTE (K.G.)	3500
PESO PROPIO DEL CARGO PRINCIPAL (K.G.)	3500
PESO PROPIO DEL CARGO SECUNDARIO (K.G.)	0
PESO PROPIO DEL POLIFASTO PRINCIPAL (K.G.)	0
PESO PROPIO DEL POLIFASTO SECUNDARIO (K.G.)	0

DIMENSIONES EN LA TRAZA-PUNTES:

DISTANCIA MINIMA ENTRE EL CARROO PRINCIPAL Y LA TRAZA-CARRIL (cm) =	143.4
DISTANCIA MINIMA ENTRE EL CARROO SECUNDARIO Y LA TRAZA-CARRIL (cm) =	177.2
DISTANCIA MINIMA ENTRE CARROOS (cm) =	0
DISTANCIA ENTRE EJES DE TRAZA-CARRIL (cm) =	284
DISTANCIA ENTRE EJES DE COLUMNA (cm) =	500
PESO PROPIO DE LA TRAZA-CARRIL (kg/cm) =	1.3
NUMERO DE RUEDAS SOBRE LA TRAZA-CARRIL =	2

TIPO DE SERVICIO DE LA UNIDAD =	REDIANTO
CARGA VERTICAL =	1.12
CARGA HORIZONTAL =	1.1
CARGA LONGITUDINAL =	1.1

DESPLAZA MAXIMA VERTICAL POR RUEDA (kg) =	2488.80
DESPLAZA MAXIMA HORIZONTAL POR RUEDA (kg) =	2478
DESPLAZA MAXIMA LONGITUDINAL (kg) =	2488.80

CASE DIVIDA SIMPLE CON CARGA CONCENTRADA EN EL CENTRO DEL CLASE

MOMENTO MAXIMO VERTICAL MAXIMO =	9870810
REACCION MAXIMA VERTICAL MAXIMA =	4935405
MOMENTO MAXIMO HORIZONTAL MAXIMO =	6100000
REACCION MAXIMA HORIZONTAL MAXIMA =	4100

MOMENTO POR PESO PROPIO MAXIMO =	500000
REACCION POR PESO PROPIO MAXIMO =	16000

MOMENTO DE DISEÑO VERTICAL MAXIMO =	1.022081E+07
REACCION DE DISEÑO VERTICAL MAXIMO =	5118700
MOMENTO DE DISEÑO HORIZONTAL MAXIMO =	6000000
REACCION DE DISEÑO HORIZONTAL MAXIMO =	4100

.....



\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* DISEÑO \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

SECCION COMPUESTA DE 5 PLACAS SOLDADAS

LOS VALORES DE LA SECCION SON :

ANCHO DE FATIN SUPERIOR (CM) = 35  
 ESPESOR DE FATIN SUPERIOR (CM) = 2.54  
 ALTURA DE PLACA (CM) = 24  
 ESPESOR DE PLACA (CM) = 2.06  
 ESPESOR DE FATIN INFERIOR (CM) = 2.54  
 ANCHO DE FATIN INFERIOR (CM) = 35  
 ALTURA DEL ALMA (CM) = 74.92  
 ESPESOR DEL ALMA (CM) = 1.27

PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA TRABE CARRIL

FRENTE TOTAL (CM) = 70.70  
 YI (CM) = 52.96071  
 YC (CM) = 37.76928  
 XC (CM) = 20.36  
 AREA TOTAL (CM) = 410.2284  
 PESO TOTAL (KG/CM) = 322.0293  
 MOMENTO DE INERCIA EN X (CM) = 454904.5  
 MOMENTO DE INERCIA EN Y (CM) = 58364.5  
 AREA DE LA SECCION A COMPRESION (CM) = 242.0381  
 MODULO DE SECCION A COMPRESION EN X (CM) = 12044.3  
 MODULO DE SECCION A TENSION EN X (CM) = 8589.471  
 MODULO DE SECCION A COMPRESION EN Y (CM) = 2866.626  
 MODULO DE SECCION A TENSION EN Y (CM) = 2866.626  
 RADIO DE GIRO EN X (CM) = 26.26066  
 RADIO DE GIRO EN Y (CM) = 15.52861

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* DISEÑO \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

ESFUERZO ACTUANTE A COMPRESION EN X (KG/cm) = 849.6812  
 ESFUERZO ACTUANTE A TENSION EN Y (KG/cm) = 1191.437  
 ESFUERZO ACTUANTE A COMPRESION EN Y (KG/cm) = 289.579  
 ESFUERZO ACTUANTE A TENSION EN X (KG/cm) = 205.539  
 ESFUERZO TOTAL ACTUANTE EN LA ZONA DE COMPRESION (KG/cm) = 1513.163  
 ESFUERZO PERMISIBLE EN LA ZONA DE COMPRESION (KG/cm) = 1518  
 ESFUERZO PERMISIBLE EN LA ZONA DE TENSION (KG/cm) = 1518

LA SECCION ES ADECUADA POR FLEXION

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* REVISION DEL ESFUERZO CORTANTE EN EL ALMA \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

ESFUERZO CORTANTE ACTUANTE (FVA)= 537.7817  
 ESFUERZO CORTANTE PERMISIBLE (FV)= 1012  
 ESFUERZO CORTANTE MAXIMO PERMISIBLE (FVP)= 1012

FVA= 537.7817 MENOR.IGUAL QUE FV= 1012

(HW/TW)= 58.99210 MENOR.IGUAL QUE 260

NO SE REQUIEREN ATIESADORES INTERMEDIOS

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* ATIESADORES EXTREMOS \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

VALORES DEL ATIESADOR

MOMENTO DE INERCIA (CM)<sup>4</sup>= 3968.539  
 AREA EFECTIVA (CM)<sup>2</sup>= 56.7951  
 ANCHO (CM)= 16.865  
 ESPESOR (CM)= 1.11  
 RADIO DE GIRO (CM)= 8.359108  
 LONGITUD (CM)= 56.19

REVISION DEL ATIESADOR COMO COLUMNA  
 ESFUERZO ACTUANTE (KG/CM)<sup>2</sup>= 900.9416  
 ESFUERZO PERMISIBLE (KG/CM)<sup>2</sup>= 1498.22

USAR ATIESADORES EXTREMOS DE PLACAS DE:

11.1 mm X 168.65 mm X 704.7999 mm

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* REVISOR DEL ARDORAMIENTO DEL ALMA \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* DATOS DEL RIEL \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

RIEL No 85

PESO DEL RIEL (kg/m)= 42.16  
 FERALTE DEL RIEL (cm)= 15.18

PARA CARGA CENTRAL

ESFUERZO POR AFLASTAMIENTO ACTUANTE (kg/cm)= 858.8691  
 ESFUERZO POR AFLASTAMIENTO PERMISIBLE (kg/cm)= 1897.5

PARA LOS APOYOS

ESFUERZO POR AFLASTAMIENTO ACTUANTE (kg/cm)= 1065.783  
 ESFUERZO POR AFLASTAMIENTO PERMISIBLE (kg/cm)= 1897.5

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* SOLDADURA \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

SOLDADURA E- 60

CAPACIDAD DE CARGA (kg/cm)= 1265  
 ESFUERZO PERMISIBLE DEL TIPO DE SOLDADURA PROPUESTA (FS)= 1073.378

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* SOLDADURA ENTRE PATIN Y ALMA \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

YS1= 24.49728  
 YS2= 29.78728  
 YS3= 27.00928  
 AS1= 184.6044  
 AS2= 113.07  
 AS3= 81.3756  
 MOMENTO ESTATICO (CM)= 8611.39  
 MOMENTO DE INERCIA (CM)= 454904.5  
 CORTANTE MAXIMO (KG)= 51169.07

ESFUERZO PERMISIBLE ENTRE EL PATIN Y EL ALMA (kg/cm)= 1073.378  
 ESFUERZO ACTUANTE ENTRE EL PATIN Y EL ALMA (kg/cm)= 968.6358

USAR SOLDADURA DE FILETE E- 60 DE 6 mm ENTRE PATIN Y ALMA

\*\*\*\*\* SOLDADURA ENTRE EL PATIN SUPERIOR Y LAS PLACAS \*\*\*\*\*

AREA 17.5  
 AREA 16.90  
 PERI 30.11  
 AREA 68.34  
 PERI 74.52  
 C.C. 0.00  
 MOMENTO ESTÁTICO (CM<sup>4</sup>) = 1850.019  
 MOMENTO DE INERCIA (CM<sup>4</sup>) = 50364.19  
 COEFICIENTE MAXIMO (KG/CM) = 4150

ESPACIO PERMITIDO ENTRE EL PATIN SUPERIOR Y LAS PLACAS (KG/CM) = 712.5251  
 ESPACIO REALIZADO ENTRE EL PATIN SUPERIOR Y LAS PLACAS (KG/CM) = 101.6064

FORMA SOLDADURA DE FILETE E= 30 CM DE 4  
 EN ENTRE EL PATIN SUPERIOR Y LAS PLACAS

\*\*\*\*\* SOLDADURA ENTRE PLACA Y ATIESAGORES \*\*\*\*\*

FORMA FILETE DE 1.18 mm EN CADA LE CADA # 104.4451 (KG/CM)

ESPACIO CONTINUA PERMITIDO (KG/CM) = 162.0000  
 LONGITUD MINIMA DE FILETE (CM) = 8.00  
 ESPACIAMIENTO MAXIMO (CM) = 31.48  
 PESO DE LA SOLDADURA (KG) = 15.8782

FORMA FILETE DE 1.18 mm A CADA 304.8 mm DE 50.8 mm DE LONGITUD EN AMBOS LADOS

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* CALCULO DEL PESO TOTAL DE LA TRABE-CARRIL \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

FATIN SUPERIOR (KG/M) =	69.78851
FATIN INFERIOR (KG/M) =	69.78851
ALMA (KG/M)	74.6919
PLACAS EN EL FATIN SUPERIOR (KG/M) =	107.7548
ATIESADOR INTERMEDIO (KG/M) =	0
ATIESADOR EXTREMO (KG/M) =	9.178629
PLACA TAPA (KG/M) =	7.096274
RIEL (KG/M) =	42.16
RIOSTRAS Y CONEXIONES (10%) (KG/M) =	37.64642
SOLDADURA ( 4% ) (KG/M) =	16.56442
PESO REAL TOTAL DE LA TRABE CARRIL (KG/M) =	430.675

PESO REAL TOTAL DE LA TRABE-CARRIL (KG/CM) = 4.30675

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* REVISION DE LA DEFLEXION VERTICAL \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

EI= 9.552974E+11

DEFLEXION VERTICAL PERMISIBLE (DEFVP) =	.8
DEFLEXION VERTICAL ACTUANTE (DEFVA) =	.1952242

LA SECCION ES ADECUADA POR DEFLEXION

TERMINA EL DISEÑO

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFIA

INSTITUTO MEXICANO DE CONSTRUCCION DE ACERO  
MANUAL DE CONSTRUCCION DE ACERO  
EDITORIAL LIMUSA 1987

CAMPOS HERMANOS S.A.  
MANUAL DE SERVICIO PARA GRUAS VIAJERAS  
HORMISCHFEGER P&H

INDUSTRIA DEL HIERRO S.A. DE C.V.  
MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE GRUAS PUENTE

RODRIGUEZ PERA DELFINO  
DISEÑO PRACTICO DE ESTRUCTURAS DE ACERO  
EDITORIAL LIMUSA 1987

BOWLES E. LOSEPH  
DISEÑO DE ACERO ESTRUCTURAL  
EDITORIAL LIMUSA 1980

GAYLORD N. CHARLES & GAYLORD H. EDWIN  
DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO  
EDITORIAL CECSA 1980

SIDERURGICA ORINOCO  
MANUAL DE PROYECTOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO  
TOMOS I Y II 1985  
SIDOR SEGUNDA EDICION

WHITING CORPORATION  
MANUAL DE GRUAS VIAJERAS  
HARVEY ILLINOIS

BRESLER BORIS  
DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO  
EDITORIAL LIMUSA

TIMOSHENKO  
MECANICA DE MATERIALES  
GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICANA 1984

LUTHE RODOLFO  
ANALISIS ESTRUCTURAL  
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA S.A. MEXICO.

INSTITUTO DE INGENIERIA  
DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS METALICAS  
SERIES DEL INSTITUTO DE INGENIERIA No 402

SA FUNDIDORA DE FIERRO Y ACERO MONTERREY  
MANUAL MONTERREY

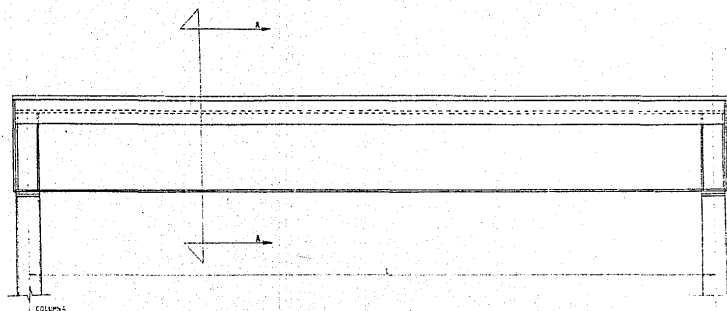
ALTOS HORNS DE MEXICO S.A.  
MANUAL AHMSA

CRANE MANUFACTURES ASSOCIATION OF AMERICA (C.M.A.A.)  
SPECIFICATIONS FOR ELECTRIC OVERHEAD TRAVELING CRANES  
C.M.A.A. SPECIFICATION No 70 , 1970 , REVISED 1975

HILL  
FUNDAMENTOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL  
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA S.A. MEXICO

GUZMAN IGNACIO & DESCHAMPS RENATO  
APUNTES DE COMPUTADORAS Y PROGRAMACION  
FACULTAD DE INGENIERIA

BYRON S. GOTTFRIED  
PROGRAMACION BASIC  
SERIE SCHAUM



**DIMENSION DE TRABE CARRIL**

CAPACIDAD DE CARGA (T)	CLASO (EN)	h <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>
35	B	14-92	127	35	2 5/8	25	2 5/8	21	2 1/8	14			

**UNIAE** UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AUTONOMA DE MEXICO  
 EN E P AERON  
 INGENIERIA CIVIL

**TRABE CARRIL**

MEXICO D.F. SEGUNDA EDITION  
 MARCH 1952