



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**Diseño asistido por computadora
de elementos de acero.**

T E S I S
QUE PRESENTA
JUAN ALDASORO ROBLES
PARA ASPIRAR AL TITULO DE
MAESTRO EN INGENIERIA
Estructuras

México, D. F.

1992



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



DEPFI

T. UNAM

1992

ALD

12 30 0 1 1 2 3 4 5 6 7 8 9

UNAM

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESINA ✓

DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA
DE ELEMENTOS DE ACERO

PRESENTA:
Juan Aldasoro Robles
No. de Cuenta: 8261971-8

México, D.F., a 10 de mayo de 1992

*La realización de esta tesis no hubiera sido posible
sin la confianza y el apoyo desinteresado del Dr.
Guillermo F. Margadant, que ha propiciado
soporte espiritual, moral y económico,
para la realización de este trabajo.*

DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA DE ELEMENTOS DE ACERO

CUMPLIENDO REQUISITOS DE RESISTENCIA DE ACUERDO CON LAS
NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION
DE ESTRUCTURAS METALICAS DEL D.F.-87

Indice de materias

Capítulo I	Introducción	
A.	Antecedentes.....	1
B.	Objetivos y alcance del programa.....	5
C.	Manual y alcance del programa.....	6

Capítulo II	Miembros en tensión	
A.	Disposiciones para diseño.....	11
B.	Ejemplos	18

Capítulo III	Miembros en compresión	
A.	Disposiciones para diseño.....	27
B.	Ejemplos.....	33

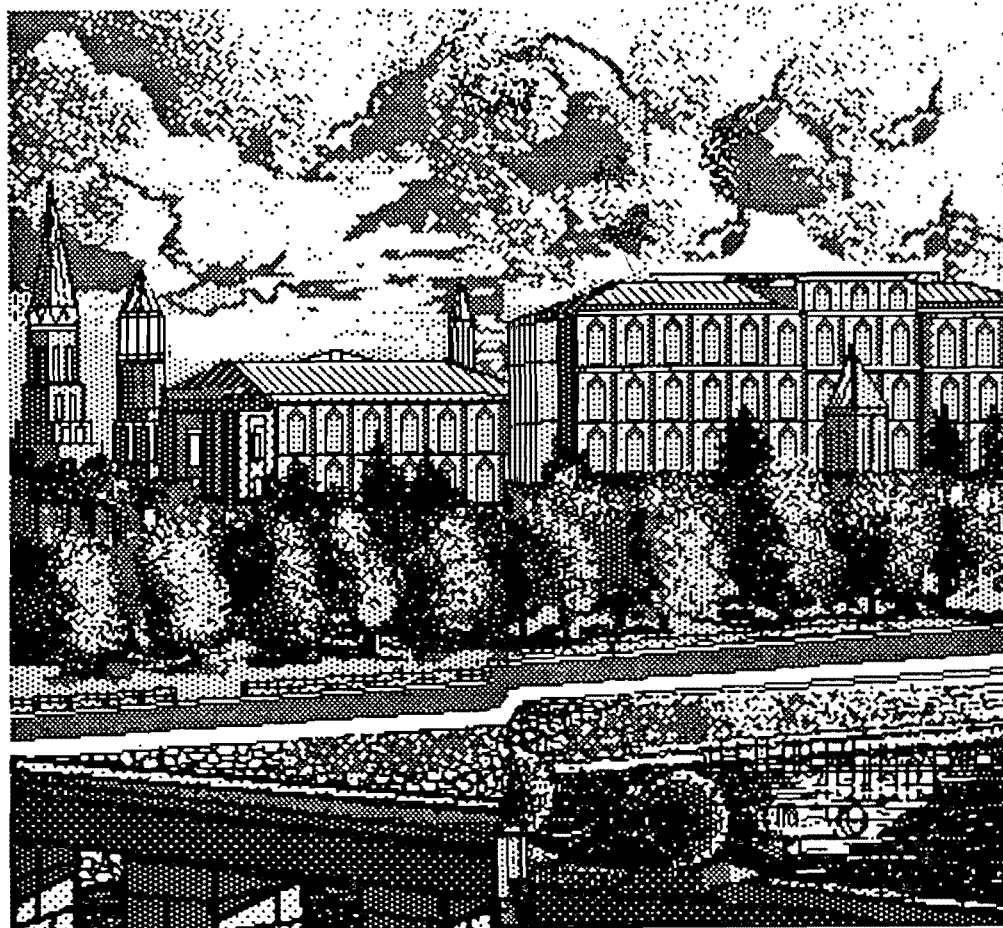
Capítulo IV	Miembros en flexión	
A.	Disposiciones para diseño.....	48
B.	Ejemplos.....	60

Capítulo V	Miembros en flexocompresión	
A.	Disposiciones para diseño.....	82
B.	Ejemplos.....	95

Capítulo VI	Conclusiones.....	124
--------------------	--------------------------	------------

	Listado del programa	133
	Fórmulas de uso frecuente	143
	Referencia bibliográfica.....	149

Introducción



Capítulo I

Introducción

A. ANTECEDENTES

En los tiempos antiguos el diseño estructural consistía simplemente en repetir lo que se había hecho en el pasado,¹ con muy poco conocimiento del comportamiento del material o de la teoría estructural. El éxito o el fracaso se determinaban simplemente según, si el edificio o el puente soportaban la carga real o se colapsaban por sus efectos. En aquella época el conocimiento empírico² era el único maestro; en la actualidad todavía es un elemento importante de un buen diseño. Gradualmente, a través de siglos de observación, evolucionó el arte de proporcionar los miembros. Se establecieron reglas empíricas. Se dice que las columnas de los templos griegos están proporcionadas con la relación de esbeltez de una pierna femenina. Los grandes constructores del Renacimiento no conocían los análisis de esfuerzos y sin embargo lograron estructuras que requirieron algo más que el simple empirismo. Eran artistas, arquitectos, ingenieros y constructores a la vez, los domos de sus catedrales se yerguen en la actualidad como testimonios de que pudieron diseñar en forma intuitiva magníficas estructuras que en nuestros días no se intentarían sin la utilización de complejos procedimientos fundamentados en los análisis matemáticos.

Las estructuras del pasado y del presente, y las predicciones concernientes a las estructuras del futuro, están condicionadas de modo directo por el desarrollo y la disponibilidad de materiales de ingeniería estructural. Algunos de estos materiales, como la piedra, ladrillos, madera y cuerdas se han utilizado desde el principio de la historia escrita. Las columnas de bloques de piedra, labrados con precisión, son características dominantes de los templos egipcios, griegos y romanos. Los acueductos y puentes de Roma fueron de piedra que, como las columnas, transmiten esfuerzos de compresión principalmente. La Edad de Piedra de las estructuras continuó hasta la primera parte del siglo XIX cuando la mayor parte de los arcos y domos aún se construían de mampostería y se mantenían fijos con contrafuertes de piedra.

El desarrollo comercial del hierro proporcionó el primero de los metales estructurales que abrirían un mundo totalmente nuevo al ingeniero estructurista. El primer puente que se construyó por completo de hierro

¹ Esta tendencia sigue imperando para muchos ingenieros en México.

² Otras personas le suelen llamar experiencia.

colado en 1779 aún se encuentra en Coalbrookdale en Inglaterra. Pero (en los puentes) duró poco tiempo el uso del hierro colado, que falla con una fractura frágil en tensión. La producción comercial de perfiles de hierro forjado en 1783 produjo cambios rápidos, al hacer disponible un producto con una cualidad adicional de tenacidad que se caracteriza por una capacidad de soportar deformaciones largas a tensión en el rango inelástico sin fallar. Por otra parte, el hierro colado se podría formar en placas planas que podían doblarse y unirse con remaches, lo que hizo posible la locomotora de vapor la cual, a su vez, creó una demanda de puentes metálicos de claros largos. Entre los primeros puentes de hierro forjado, el más notable se encuentra en Britannia Bridge a través de los Menai Straits del Irish Sea. Consta de traveses de cajón gemelas paralelas que son continuas en cuatro claros, dos centrales con claros de 140 m cada uno, flanqueados por dos claros extremos de 70 m. Se terminó en 1850 y es el prototipo de la tendencia actual de la construcción de puentes que se puede llamar el "*renacimiento del puente de traveses de cajón*".

El desarrollo del convertidor Bessemer en 1856 y del horno de hogar abierto en 1867 introdujeron el acero estructural y éste es el material que se ha utilizado en la mayoría de los puentes, así como muchos edificios, durante los últimos 100 años. El primer puente importante que se construyó totalmente con acero estructural fue el famoso Eads Bridge a través del Mississippi en St. Louis. Terminado en 1874, tiene arcos tubulares de acero con un claro central de 153 m.

Paralelo con el desarrollo del hierro y el acero como materiales de ingeniería, se presentaron progresos en las técnicas de pruebas de materiales y de análisis estructurales que permitieron la transición del diseño estructural de un arte a una ciencia aplicada. Hooke (1660) demostró que la carga y la deformación son proporcionales, y Bernoulli (1705) introdujo el concepto de que la resistencia de una viga a flexión es proporcional a la curvatura de la viga. Bernoulli transmitió este concepto a Euler, que en 1744 determinó la curvatura elástica de una columna esbelta sujeta a carga de compresión. Entre los progresos importantes de fines del siglo pasado se encuentran:

- La manufactura de instrumentos mecánicos para medir deformaciones que hicieron posible la determinación del módulo elástico que relaciona el esfuerzo con la deformación.
- Teorías correctas para el análisis de esfuerzos y deformaciones que se producen por flexión o torsión de un miembro estructural.
- La extensión de la teoría del pandeo de columnas al pandeo de placas y al pandeo torsional-lateral de vigas.

Los avances anteriores hicieron posible especificaciones de ingeniería desarrolladas en torno al *método de esfuerzos permisibles* de selección de miembros estructurales. En 1905 se desarrolló, en los Estados Unidos, la

primera especificación general para puentes ferroviarios de acero y la primera especificación para puentes carreteros en 1931. En 1923 el AISC³ emitió su primera especificación general para construcción de edificios. En México es impreciso definir en que año apareció la primera especificación. Las primeras normas "modernas" se podría decir que aparecieron en 1958.

En cada una de estas especificaciones, el criterio para una resistencia aceptable de diseño es como sigue: los esfuerzos máximos calculados, suponiendo un comportamiento elástico hasta las cargas máximas esperadas, se mantiene menor que un esfuerzo permisible especificado. Se intenta que el esfuerzo permisible sea menor que el esfuerzo calculado en la falla en la medida de un *factor de seguridad*. Desafortunadamente, el esfuerzo elástico máximo calculado en la carga de falla es muy variable. Una columna esbelta o una viga sin soporte pueden fallar a una fracción del esfuerzo del punto de fluencia, pero una columna muy corta alcanzará el punto de fluencia antes de fallar. Un miembro cargado a tensión estática puede desarrollar la resistencia última de tensión del material, unas dos veces el punto de fluencia; pero el mismo miembro, cargado y descargado en forma repetitiva durante miles de ciclos, puede fallar debido a la fatiga a una fracción del punto de fluencia.

Durante los últimos 40 años se ha prestado una atención creciente a la evaluación de las propiedades inelásticas de los materiales y al cálculo directo de la resistencia última de un miembro. Esta información es útil para mejorar el procedimiento de esfuerzos permisibles, pero también permiten evitar el cálculo de los esfuerzos al utilizar la resistencia calculada del miembro como una base directa de diseño. De esto ha resultado un *diseño por factor de carga y resistencia*. Las cargas de servicio máximas anticipadas se multiplican por un factor de carga para obtener la resistencia requerida, que debe ser menor que la resistencia calculada directamente. Filosóficamente, éste es un procedimiento más realista, directo y natural. El enfoque del factor de carga se ha utilizado durante muchos años en el diseño de aeronaves y la Parte 2 del AISC, introducida en 1961, lo permite actualmente como alternativa aceptable a los procedimientos de esfuerzo permisible de diseño de marcos continuos de estructuras de edificios. A partir de 1978 las Normas Técnicas Complementarias (NTC) aparecen como parte del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF), introduciendo el método de factor de carga y resistencia.

En la década de 1980 los métodos estructurales de diseño están pasando por cambios muy rápidos a medida que en más y más especificaciones se hace mayor hincapié en el diseño por factor de carga y resistencia. En este procedimiento se utilizan distintos factores de carga para las cargas muerta, sismo, viva, de viento y nieve y factores de

³ American Institute of Steel Construction.

resistencia que multiplican a las resistencias calculadas de las vigas, columnas, conectores y otros elementos, para tomar en cuenta las diversas incertidumbres inherentes en la predicción de resistencias. Por otra parte, los factores de carga y resistencia se determina por medios probabilísticos a partir de datos estadísticos relativos a cargas y resistencias. En la década de 1980 también se ha visto un incremento cada vez mayor en la utilización de la computadora en todos los aspectos de diseño, incluyendo la distribución general, el análisis y la producción de planos de diseño.

A continuación hay más información al respecto para proporcionar al lector una introducción a este método alternativo de diseño. En el criterio propuesto por el diseño por factores de carga y resistencia no se espera que el diseñador maneje datos estadísticos y calculen los valores del factor de carga (F_C) y el factor de resistencia (F_R). En vez de ello, procede como se indica en el RCDF actual, siguiendo reglas prescritas para determinar la resistencia y utilizando factores de carga múltiples. La revisión del diseño se hace como sigue:

$$\sum_{i=1}^w \gamma_i Q_i \leq \Phi R_n$$

En esta fórmula, los γ_i son factores de carga con los que se multiplican los efectos individuales de carga Q_i para considerar las incertidumbres en las cargas; R_n es una resistencia nominal (digamos $R_n = M_p = F_y Z$) y Φ es un factor de resistencia que toman en cuenta las incertidumbres inherentes en la determinación de la resistencia. Los γ_i son mayores que la unidad y Φ es menor que la unidad. Los factores γ_i y Φ se determinan de los datos estadísticos apropiados. Los factores de resistencia Φ se proporcionan en las NTC para los diferentes estados límites que se consideran. En el RCDF se proporcionan los factores de carga γ_i .

B. OBJETIVOS

El objetivo fundamental, de este trabajo, es el diseño de elementos de estructuras de acero por medio de un programa de computadora, utilizando el método del factor de cargas y resistencia y cumpliendo con los requisitos que señalan las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas del 3 de diciembre de 1987. El diseño se lleva a cabo de manera iterativa a base de revisiones; se propone una sección, sus propiedades físicas más sus elementos mecánicos y con el programa se calcula la resistencia de diseño que se compara con los elementos mecánicos actuantes. Si el resultado es satisfactorio el proceso de diseño termina, de otra manera, se propone otra sección, auxiliándose con la base de datos, o se cambia en el archivo de datos las condiciones externas y se procede nuevamente a otra revisión. La base de datos dispone de los perfiles, con todas sus propiedades geométricas, incluidos en el Manual de Construcción en Acero del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C. (IMCA).

Otro objetivo, que resulta como consecuencia del objetivo principal, es tratar de utilizar las normas mexicanas, que se ajustan a la práctica de este país, y tratar de aclarar un poco más las múltiples fórmulas y su interpretación para utilizar un procedimiento más realista, directo y racional, para de esta manera, hacer estructuras más económicas y seguras. Es increíble la oposición que hay de parte de los ingenieros para cambiar a nuevas tecnologías; como el diseño por factor de carga y resistencia y que es evidentemente mejor que el método por esfuerzos permisibles. El AISC desde 1986 ha aceptado el método por factor de carga y resistencia y el Reglamento del Distrito Federal lo utiliza desde 1978, sin embargo hasta la fecha la timidez hacia el uso de estas especificaciones continua.

Este trabajo es original por lo menos en dos aspectos:

- 1) Se hace referencia sólo a una norma de diseño.
- 2) Los capítulos dedicados al diseño de miembros individuales se analizan completamente con el programa y están perfectamente ilustrados.

Este trabajo consta de dos programas: uno de captura (llamado Acero 92 Cap) y el otro para diseñar los elementos estructurales (llamado Acero 92 Dis). El programa de captura Acero 92 Cap se utiliza para generar el archivo de datos y dar todos los datos necesarios para revisar o diseñar el elemento a tensión, compresión, flexión o flexocompresión. El programa Acero 92 Dis se utiliza para revisar o diseñar los miembros cumpliendo con todos los requisitos que incluyen las NTC.

C. MANUAL Y ALCANCE DEL PROGRAMA

Componentes del paquete Acero 92.



Este programa muestra los aspectos más importantes de los pasos que se deben llevar a cabo para utilizar estos cuatro programas para realizar un diseño.



Este le permite capturar todos los datos para poder utilizar el programa de diseño. El orden y la secuencia que deben tener los archivos de datos es el que genera este programa de captura.



Para pasar el archivo de datos que genera el programa anterior a uno legible por el programa "Edit" utilice TaE. Puede utilizar otro editor si no le conviene éste.



El diseño de los elementos de acero se realizan con esta aplicación. Aún cuando, el programa es fácil de utilizar y el algoritmo del programa no es muy complejo es indispensable que tenga un buen conocimiento de las NTC.

Para diseñar un elemento estructural se procede de la siguiente manera:

- 1) Se genera un archivo de datos con cualquier editor o con el programa de captura Acero 92 Cap. Es muy recomendable dar los datos del diseño por medio del programa de captura.
- 2) Se introducen los datos necesarios. Al terminar la captura de datos y salirse del programa se genera un documento "TEXT" éste se puede traducir a un documento "EDIT" por medio del programa "TaE apl", pero se puede usar cualquier editor de textos, siempre y cuando se grave como sólo un texto, es decir, sin formatos para que pueda ser leído por el programa Acero 92 Dis.
- 3) Se revisan los datos abriendo el archivo y se modifica si es necesario. Los datos que se tienen que dar con letras son los que se muestran entre paréntesis rectangulares en el programa de captura. El orden y la secuencia que deben tener los archivos de datos es el que genera el

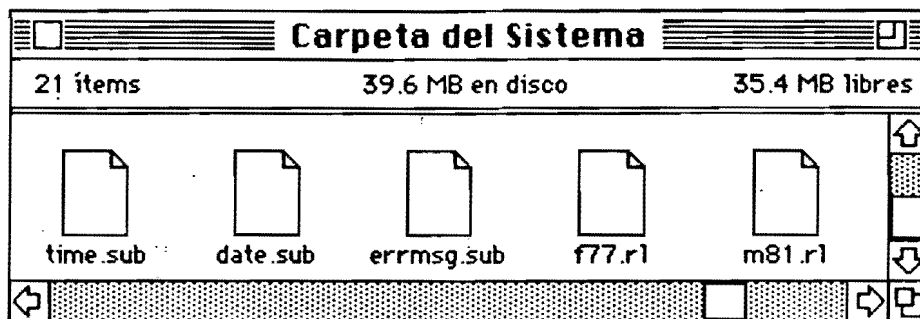
programa de captura. De no seguir esta secuencia el programa no trabajará adecuadamente.

- 4) Correr el programa Acero 92 Dis.
- 5) Revisar los resultados en la pantalla.
- 6) Si el resultado es satisfactorio el diseño se concluye.
- 7) Si el resultado no es satisfactorio:
 - Cambiar la sección utilizando la base de datos y seguir las instrucciones del programa o
 - Salirse del programa e ir nuevamente al paso 3).

Si no le queda claro cómo manejar los programas utilice el programa Manual. Este programa explica de manera gráfica los pasos que se deben seguir para llevar a cabo el diseño.

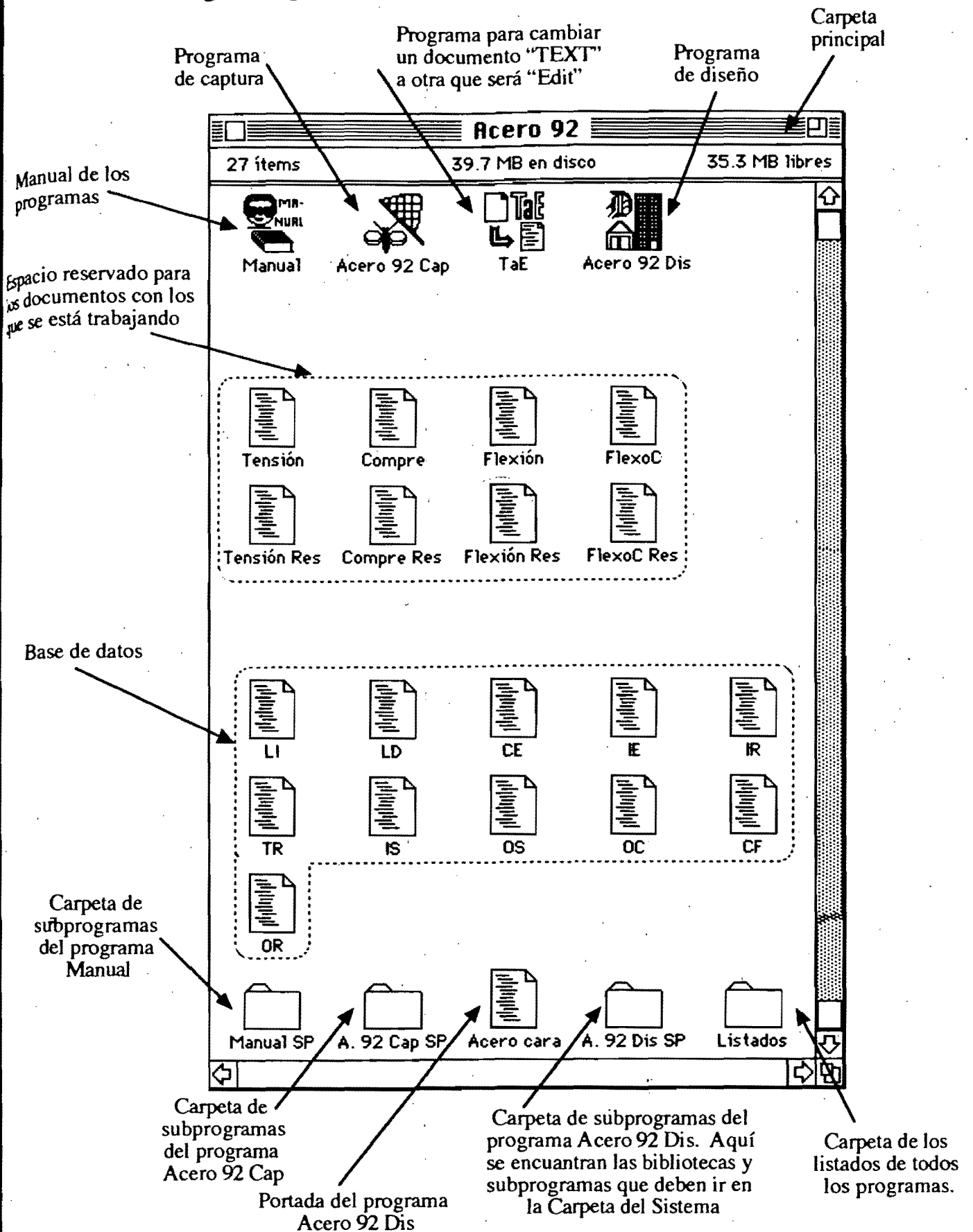
Todas las instrucciones en este manual asume que está familiarizado con las operaciones de las computadoras Apple Macintosh, tales como "clickear" y arrastrar con el ratón (*mouse*); seleccionar, copiar y mover iconos; seleccionar comandos del menú; manejar ventanas y usar el "Finder" el Selector y el Panel de Controles. Si no está familiarizado con estos términos y operaciones, lea el Manual de Consulta y dedique algo de tiempo trabajando con su Macintosh antes de usar Acero 92.

Los documentos que se muestran a continuación deben permanecer en la carpeta del sistema. Arrástrelos, del disco que los contiene, a la carpeta del sistema.

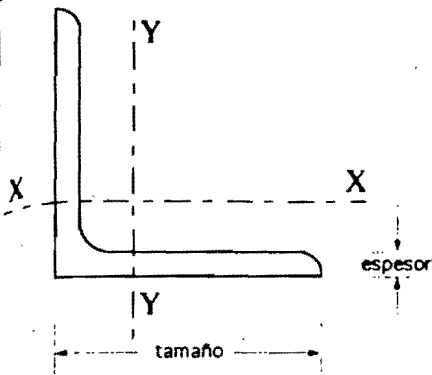


Los iconos de los programas no se verán como aquí se presentan si no se utiliza el Sistema 7. Es recomendable usar este programa en un disco duro. Los programas que se utilizaron para realizar este trabajo fueron: Claris CAD 2.0, SuperPaint 2.0, Word 4.0, QuickBASIC 1.0, Absoft FORTRAN Compiler V2.3, Absoft FORTRAN Debugger. El *hardware* utilizado fue una Macintosh Classic II.

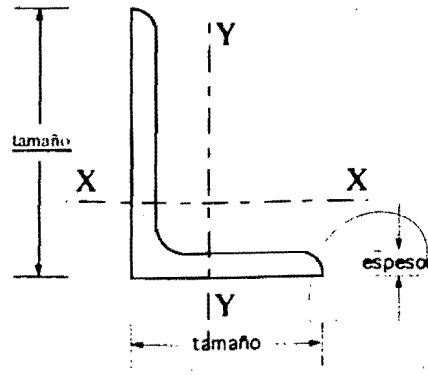
Para instalar el programa en el disco duro arrastre la carpeta Acero 92 del disco flexible al disco duro. Luego arrastre de la carpeta A. 92 Dis SP todos los archivos a la Carpeta del Sistema. Las carpetas deben permanecer como se muestra en la siguiente gráfica:



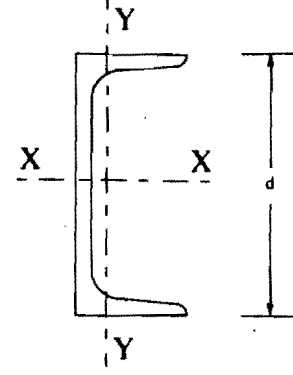
NOMBRES Y SIMBOLOS DE PERFILES INCLUIDOS EN LA BASE DE DATOS PARA EL PROGRAMA ACERO 92



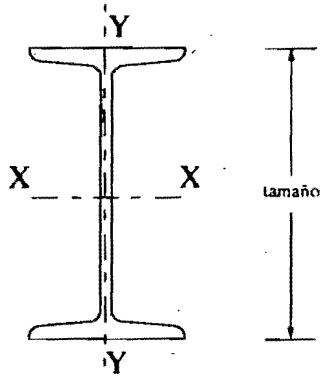
Angulo de lados iguales (LI)



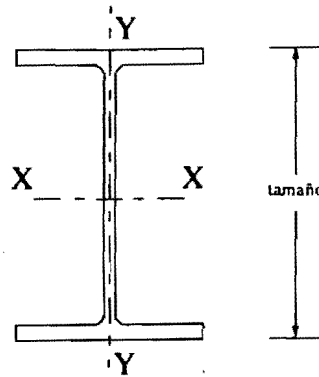
Angulo de lados desiguales (LD)



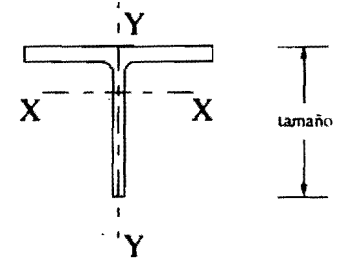
Perfil C estándar (CE)



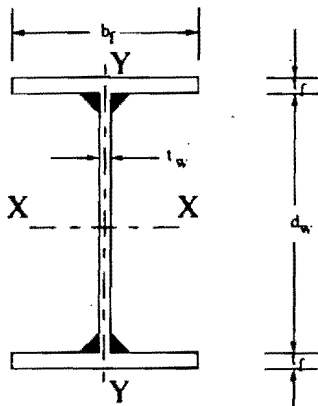
Perfil I estándar (IE)



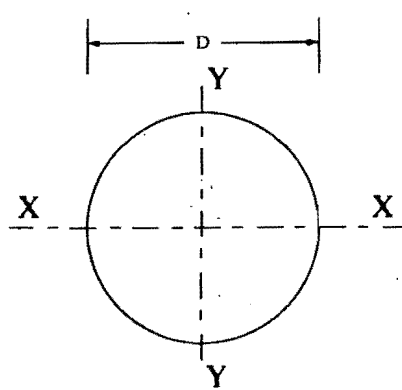
Perfil I rectangular (IR)



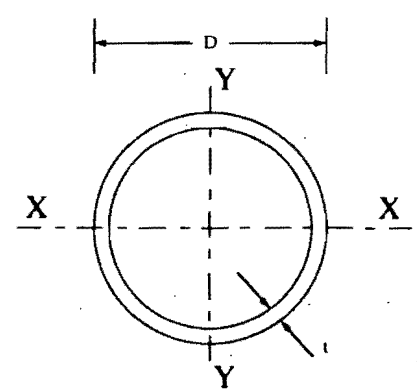
Perfil T rectangular (TR)



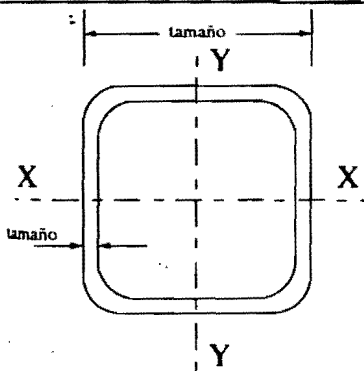
Perfil I soldado (IS)



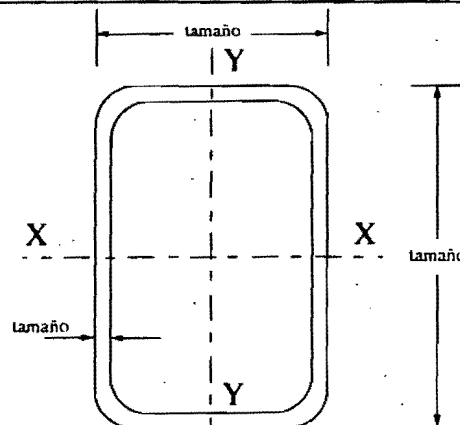
Redondo sólido (OS)



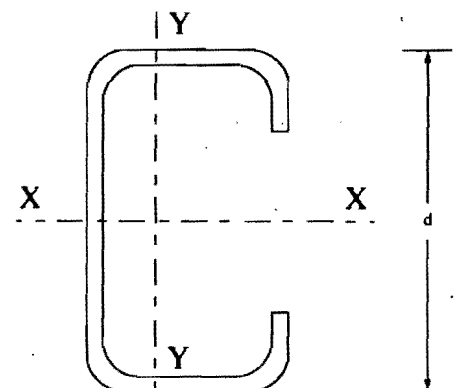
Tubo circular (OC)



Tubo cuadrado (OR)



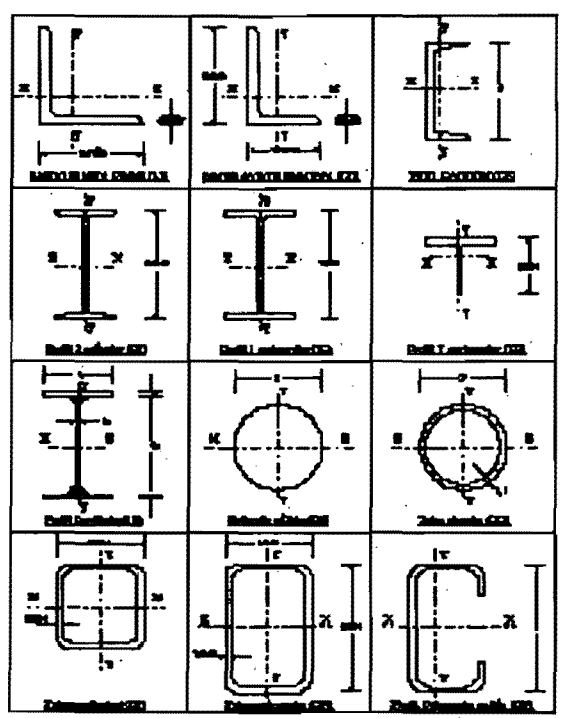
Tubo rectangular (OR)



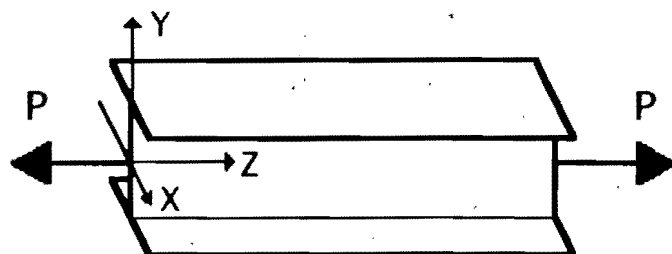
Perfil C formado en frío (CF)

DESIGNACION DE PERFILES INCLUIDOS EN LA BASE DE DATOS PARA EL PROGRAMA ACERO 92

NOMBRE	DESIGNACION	UNIDADES
◆ Angulo de lados iguales	LI tamaño y espesor	mm x mm
◆ Angulo de lados desiguales	LD tamaño y espesor	mm x mm x mm
◆ Perfil C estándar	CE d x Peso	mm x kg/m
◆ Perfil I estándar	IE d x Peso	mm x kg/m
◆ Perfil I rectangular	IR d x Peso	mm x kg/m
◆ Perfil T rectangular	TR d x Peso	mm x kg/m
◆ Perfil I soldado	IS $\frac{b_f \times t_f}{d_w \times t_w}$	$\frac{\text{mm} \times \text{mm}}{\text{mm} \times \text{mm}}$
◆ Redondo sólido liso	OS D	mm
◆ Tubo circular	OC D x t	mm x mm
◆ Tubo cuadrado	OR tamaño y espesor	mm x mm x mm
◆ Tubo rectangular	OR tamaños y espesor	mm x mm x mm
◆ Perfil C formado en frío	CF d x calibre	mm x calibre



Miembros en Tensión



Capítulo II

Miembros en tensión

A. Disposiciones para diseño

3.1 *Miembros en tensión*

Esta sección es aplicable a miembros prismáticos sujetos a tensión axial producidas por fuerzas que actúan a lo largo de su eje centroidal. Cuando haya excentricidades importantes en las conexiones, sus efectos deben tenerse en cuenta en el diseño del miembro.

Cuando se espere que el elemento estructural en estudio vaya a quedar sometido durante su vida útil a un número muy elevado de ciclos de carga, en el cálculo de su resistencia se tendrá en cuenta la posibilidad de una falla por fatiga.

3.1.1 *Estados límites*

Para el diseño de miembros en tensión se considerarán los estados límite de flujo plástico en la sección total y de fractura en el área neta.

3.1.2 *Resistencia de diseño*

La resistencia de diseño R_t de un elemento estructural en tensión es el menor de las calculadas con alguna de las ecuaciones 3.1.1 y 3.1.2. Tomando A_t y A_e en cm^2 y F_y y F_u en kg/cm^2 , F_R se obtiene en Kg.

a) Estado límite de flujo plástico en la sección total:

$$F_R = 0.90$$

$$R_t = A_t F_y F_R \quad \text{Ec. 3.1.1}$$

b) Estado límite de fractura en la sección neta:

$$F_R = 0.75$$

$$R_t = A_e F_u F_R \quad \text{Ec. 3.1.2}$$

A_t es el área total de la sección transversal del miembro.

A_e el área neta efectiva, calculada de acuerdo con el inciso 3.1.2.

- F_y el valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del material.
- F_u el esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión.

En miembros sin agujeros, conectados por medio de soldaduras colocadas en todos los elementos que componen su sección transversal, el área neta efectiva de la ec. 3.1.2 es igual al área total. Si hay agujeros entre las conexiones soldadas de los extremos del elemento, o si las conexiones contienen soldaduras de tapón o de ranura, en esa ecuación se usa el área neta efectiva a través de los agujeros.

2. PROPIEDADES GEOMETRICAS

2.1 Areas de las secciones transversales

2.1.1 Generalidades

El área total de un miembro, A_t , es el área completa de una sección transversal, y el área neta, A_n , es la que se obtiene al hacer deducciones que se especifican más adelante.

El área total A_t es igual a la suma de los productos del grueso por el ancho de todos los elementos que componen la sección, medidos en un plano perpendicular al eje del miembro.

2.1.2 Area neta

El área neta de un miembro se obtiene sumando los productos del grueso de cada una de las partes que lo componen por su ancho neto, que se determina como sigue:

- a) En el cálculo del área de barras en tensión, el ancho de los agujeros para pernos o tornillos se toma 1.5 mm mayor que el diámetro nominal del agujero, medido normalmente a la dirección de los esfuerzos. Para determinar el área neta en cortantes se utilizan las dimensiones nominales de los agujeros.
- b) Cuando hay más de dos agujeros en una normal al eje de la pieza, el ancho neto de cada parte de la sección se obtiene restando al ancho total la suma de los anchos de los agujeros.

c) Cuando los agujeros están dispuestos en una línea diagonal respecto al eje de la pieza o en zigzag, se deben de estudiar todas las trayectorias posibles para determinar a cuál de ellas le corresponde el ancho neto menor, que es el que se utiliza para determinar el área neta. El ancho neto de cada una de las partes que forman la sección, correspondiente a cada trayectoria, se obtiene restando del ancho total la suma de los anchos de todos los agujeros que se encuentran sobre la trayectoria escogida y sumando para cada espacio entre agujeros la cantidad $s^2/4g$, donde s es la separación longitudinal centro a centro entre dos agujeros considerados (paso) y g la separación transversal centro a centro entre ellos (gramil).

El ancho total de ángulos se toma igual a la suma de los anchos de las dos alas menos el grueso. La distancia transversal entre agujeros situados en alas opuestas es igual a la suma de los dos gramiles, medidos desde los bordes exteriores de los ángulos, menos el grueso de éste.

Al determinar el área neta a través de soldaduras de tapón o de ranura no debe tenerse en cuenta el metal de aportación.

2.1.3 Area neta efectiva

El área neta efectiva de miembros sujetos a tensión axial se calcula como sigue:

Cuando la carga se transmite a cada una de las partes que compone la sección transversal del miembro, por medio de remaches, tornillos o soldaduras colocados entre ellas el área neta efectiva A_e , es igual al área neta A_n .

Cuando la carga se transmite por medio de tornillos o remaches colocados en algunas de las partes que componen la sección, pero no en todas, el área efectiva es igual a:

$$A_e = UA_n \quad (2.1.1)$$

A_n es el área neta del miembro y U es un coeficiente de reducción del área.

Cuando la carga se transmite por medio de soldaduras colocadas en algunas de las partes que componen la sección, pero no en todas, el área neta efectiva es igual a:

$$A_e = UA_t \quad (2.1.2)$$

A_t es el área total del miembro y U es el coeficiente de reducción del área.

Los valores de U serán los que se indican a continuación, excepto cuando por medio de pruebas u otros criterios reconocidos se demuestre que se pueden utilizar valores más grandes.

- a) Secciones laminadas H o I con patines de ancho no menor que $2/3$ del peralte y tés estructurales obtenidas de ellas, conectadas por patines; cuando la conexión es remachada o atornillada debe haber tres o más conectores en cada línea en la dirección de los esfuerzos: $U = 0.90$.
- b) Secciones laminadas H o I que no cumplan las condiciones del párrafo anterior, tés estructurales obtenidas de ellas y todas las secciones restantes, incluidas las formas por varias placas; cuando la conexión es remachada o atornillada debe haber tres o más conectores en cada línea en la dirección de los esfuerzos: $U = 0.85$.
- c) Todos los miembros con conexiones remachadas o atornilladas que tengan sólo dos conectores en cada línea en la dirección de los esfuerzos: $U = 0.75$.
- d) Elementos planos conectados a lo largo de su bordes longitudinales por medio de soldaduras de filete o de penetración, cuando la separación transversal entre las soldaduras exceda de 20 cm: $U = 0.70$.

2.1.4 Placas de unión

En el diseño de placas que forman parte de juntas remachadas o atornilladas sometidas a tensión, tales como placas laterales en juntas a tope y placas de nudo en armaduras, se utilizará el área neta de acuerdo con inciso 2.1.2, pero esa área neta no se tomará mayor que el 85 por ciento del área total, aunque el cálculo arroje un valor más elevado.

2.2 Estabilidad y relaciones de esbeltez

En esta cláusula se especifican requisitos de carácter general para asegurar la estabilidad de la estructura en conjunto y la de cada uno de sus elementos.

2.2.1 Relaciones de esbeltez

La relación de esbeltez KL/r de los miembros comprimidos axialmente y flexocomprimidos se determina con la longitud efectiva KL y

el radio de giro r correspondiente. L es la longitud libre de la columna, entre secciones soportadas lateralmente, y K es el factor de longitud efectiva, que se calcula como se indica más adelante. Debe tenerse cuidado, en todos los casos, de utilizar la relación de esbeltez máxima del miembro, ya que K , L , y r , o cualquiera de esas cantidades, pueden tener varios valores diferentes en un mismo elemento, dependiendo del eje de las secciones transversales alrededor del que se presente el pandeo, de las condiciones en sus extremos, y de la manera como esté soportado lateralmente.

La relación de esbeltez L/r de miembros en tensión se determina con su longitud libre L .

2.2.2 Factor de longitud efectiva

En la determinación del factor de longitud efectiva K deben considerarse las características generales de la estructura de la que forma el miembro que se está diseñando, y tenerse en cuenta las condiciones de sujeción en los extremos. Se consideran tres casos:

a) Miembros con extremos fijos linealmente

Los efectos de esbeltez son ocasionados por las deformaciones del miembro entre sus extremos. El factor de longitud efectiva K suele tomarse igual a 1.0 pero pueden emplearse valores menores si se justifican con un estudio adecuado que tenga en cuenta las restricciones angulares en los extremos.

Los puntales de contraventeo y las barras comprimidas y flexocomprimidas que forman parte de armaduras se encuentran en este caso.

b) Miembros en los que pueden despreciarse los efectos de esbeltez debidos a desplazamientos lineales de sus extremos.

Estos efectos pueden despreciarse en las columnas de entrepiso de marcos rígidos de cualquier altura que formen parte de estructuras regulares, cuando el desplazamiento horizontal relativo del nivel superior con respecto al inferior, dividido entre la altura total del entrepiso, no es mayor de 0.08 veces la relación entre la fuerza cortante en el entrepiso y el peso de la construcción por encima de él. En el cálculo de los desplazamientos se toma en cuenta la rigidez de todos los elementos que forman parte integrante de la estructura. Cuando los desplazamientos son producidos por sismo, se calculan multiplicando por el factor de comportamiento sísmico Q los causados por las fuerzas sísmicas reducidas.

Las columnas de edificios regulares rigidizados lateralmente por medio de marcos contraventeados, muros, o una combinación de ambos, y la mayoría de las columnas de marcos rígidos de uno o dos pisos, aunque no tengan muros o contravientos, suelen estar en este caso.

El factor de longitud K debe tomarse igual a 1.0, pero pueden tomarse menores si se justifica con un estudio adecuado.

En el Comentario de estas Normas Técnicas se presenta un nomograma que proporciona valores aproximados del factor K aplicables a este caso.

c) Miembros en los que no pueden despreciarse en las columnas de marcos rígidos que forman parte de estructuras regulares, cuando los desplazamientos exceden el límite indicado en b. Suelen estar en este caso las columnas de edificios cuya estabilidad lateral depende exclusivamente de la rigidez a la flexión de columnas y vigas unidas entre sí por medio de conexiones rígidas.

El factor de longitud efectiva K , que siempre es mayor que 1.0, debe determinarse usando un método racional.

En el Comentario de estas Normas Técnicas se presenta un nomograma que proporciona valores aproximados aplicables a este caso.

2.2.3 Relaciones de esbeltez máximas

La relación de esbeltez KL/r de miembros en compresión no excederá de 200.

La relación de esbeltez L/r de miembros en tensión puede tener cualquier valor, pero conviene que no pase de 240 en miembros principales ni de 300 en contraventeos y otros miembros secundarios, especialmente cuando estén sometidos a cargas que puedan ocasionar vibraciones.

Si el miembro en tensión es una varilla no se pone límite a su relación de esbeltez, pero se recomienda pretensionarla para evitar vibraciones o deformaciones transversales excesivas.

TABLA 2.3.1 VALORES MAXIMOS ADMISIBLES DE LAS RELACIONES ANCHO/GRUESO

Clasificación de las secciones			
Descripción del elemento	Tipo 1 (Diseño plástico)	Tipo 2 (Compactas)	Tipo 3 (No compactas)
Almas de ángulos sencillos y de ángulos dobles con separadores, en compresión; elementos comprimidos soportados a los bordes de uno sólo de los bordes longitudinales.	-----	-----	$\frac{640}{\sqrt{F_y}}$ [12.72] (1)
Separadores de travesaños armados, soportados a lo largo de uno sólo de los bordes longitudinales.	-----	-----	$\frac{800}{\sqrt{F_y}}$ [15.90]
Almas de secciones T.	-----	$\frac{540}{\sqrt{F_y}}$ [10.74]	$\frac{1100}{\sqrt{F_y}}$ [21.87]
Almas de secciones I, H o T, y de canales, en flexión.	$\frac{460}{\sqrt{F_y}}$ [9.15]	$\frac{540}{\sqrt{F_y}}$ [10.74]	$\frac{830}{\sqrt{F_y}}$ [16.50]
Almas de secciones I, H, T o R y canales en compresión para alas que sobresalen de miembros comprimidos (2).	$\frac{830}{\sqrt{F_y}}$ [16.50]	$\frac{830}{\sqrt{F_y}}$ [16.50]	$\frac{830}{\sqrt{F_y}}$ [16.50]
Almas de secciones en cajón, laminadas o soldadas, en flexión; sobreplacas entre líneas de empalmes, tornillos o soldaduras, soportados a lo largo de los bordes paralelos a la fuerza	$\frac{1600}{\sqrt{F_y}}$ [31.81]	$\frac{1600}{\sqrt{F_y}}$ [31.81]	$\frac{2100}{\sqrt{F_y}}$ [41.75]
Almas de secciones I o H y de canales en compresión en cajón, en compresión pura (3).	$\frac{2100}{\sqrt{F_y}}$ [41.75]	$\frac{2100}{\sqrt{F_y}}$ [41.75]	$\frac{2100}{\sqrt{F_y}}$ [41.75]
Almas en flexión.	$\frac{3500}{\sqrt{F_y}}$ [69.58]	$\frac{5300}{\sqrt{F_y}}$ [105.87]	$\frac{8000}{\sqrt{F_y}}$ [159.05]
Almas flexocomprimidas	Si $\frac{P_u}{P_y} \leq 0.28$, (3) $\frac{3500}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 1.4 \frac{P_u}{P_y}\right)$ Si $\frac{P_u}{P_y} > 0.28$, $\frac{2100}{\sqrt{F_y}}$	Si $\frac{P_u}{P_y} \leq 0.15$, $\frac{3500}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 2.7 \frac{P_u}{P_y}\right)$ Si $\frac{P_u}{P_y} > 0.15$, $\frac{3339}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 0.371 \frac{P_u}{P_y}\right)$	Si $\frac{P_u}{P_y} \leq 0.15$, $\frac{8000}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 2.7 \frac{P_u}{P_y}\right)$ Si $\frac{P_u}{P_y} > 0.15$, $\frac{5228}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 0.594 \frac{P_u}{P_y}\right)$
Secciones circulares huecas en compresión axial (4).	$\frac{132000}{F_y}$ [52.17]	$\frac{184000}{F_y}$ [72.73]	$\frac{253000}{F_y}$ [92.89]

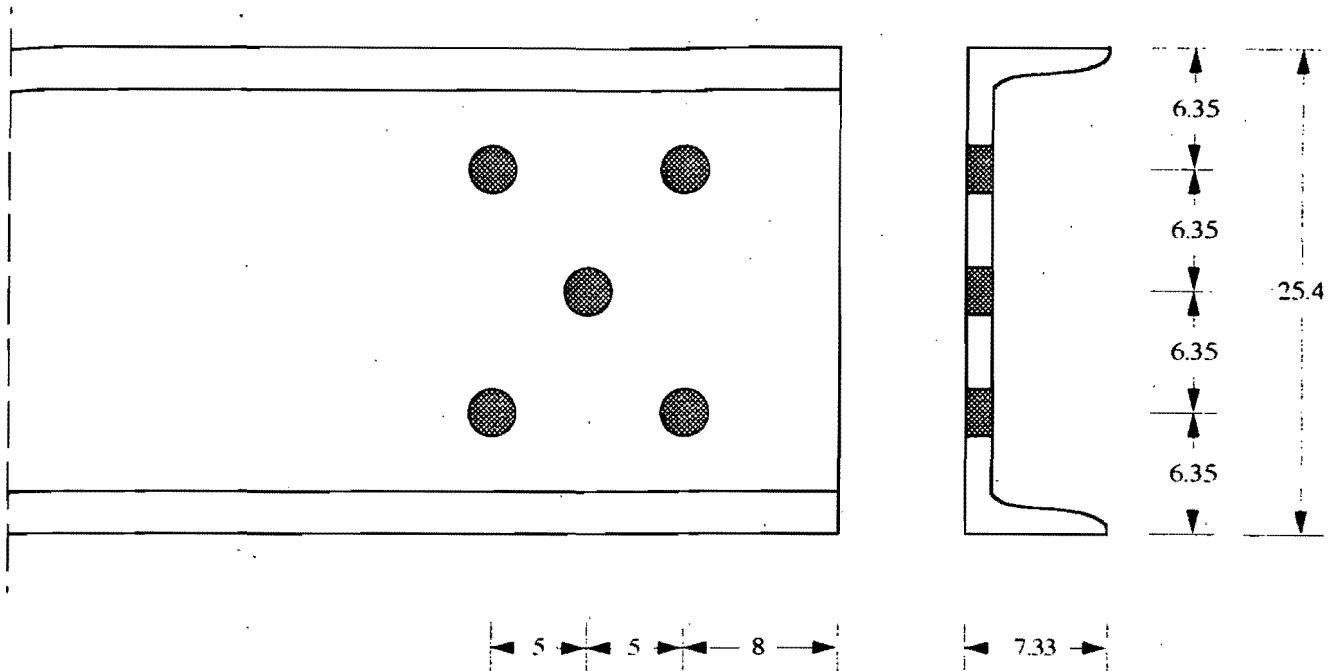
(1) Los valores entre paréntesis rectangulares son los valores admisibles para acero A36 o $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

(2) En miembros sometidos a compresión axial no existe la distinción basada en la capacidad de rotación, por lo que los límites de las almas y de patines comprimidos axialmente son los mismos para las secciones tipo 1 a 3.

(3) P_u es la fuerza axial de diseño.

(4) Ver 2.3.5.

Ejemplo 1. Revisión de una
sección canal CE estándar de
254 X 37.20 sujeta a tensión



$$P = 80,000 \text{ kg}$$

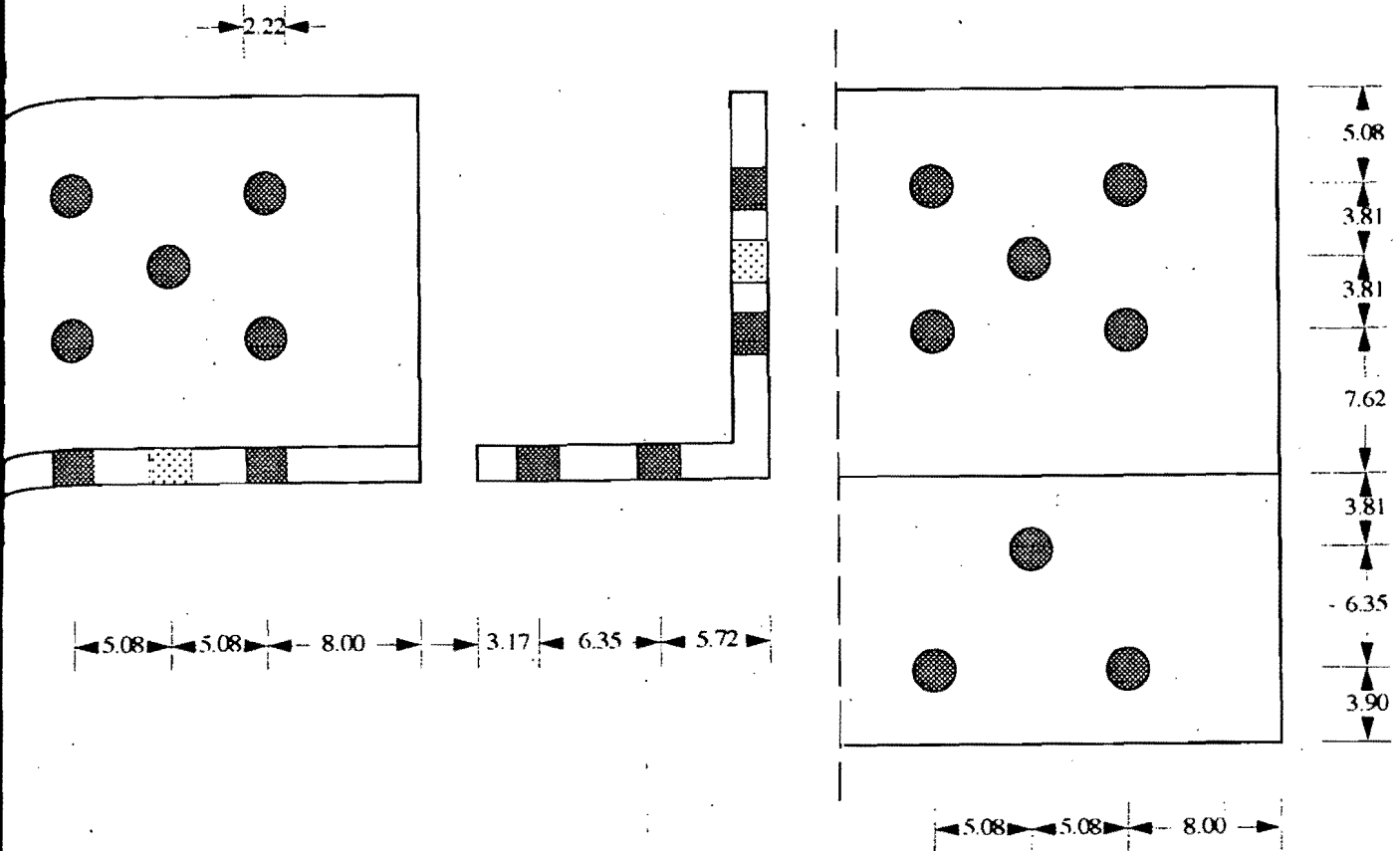
$$A_t = 47.4 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 34.0 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Ejemplo 2. Revisión de un ángulo de 20.32 X 15.24 X 1.91 cm sujeta a tensión



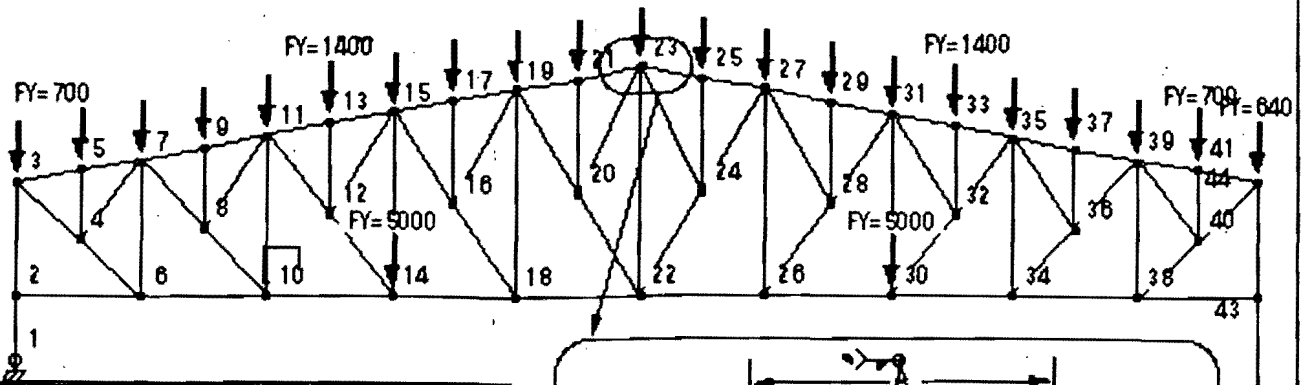
$$P = 58,058 \text{ kg}$$

$$A_t = 21.81 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 15.76 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

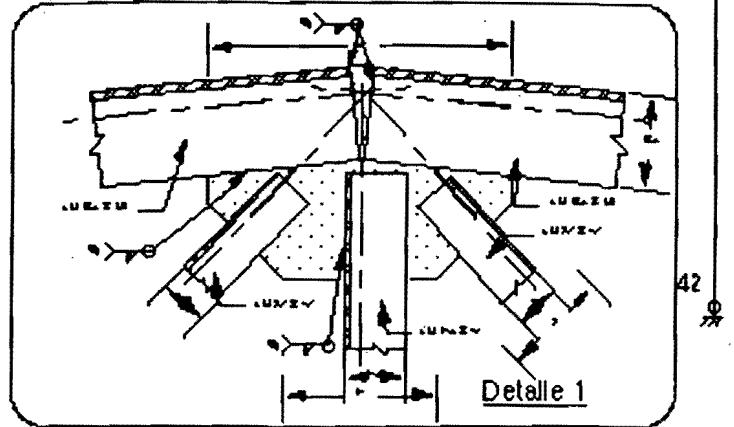
$$F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$



Acero 92

COPYRIGHT ING. JUAN
ALDASORO ROBLES
10 DE MAYO DE 1992 V2.0

Comenzar



Captura de datos para el programa Acero 92

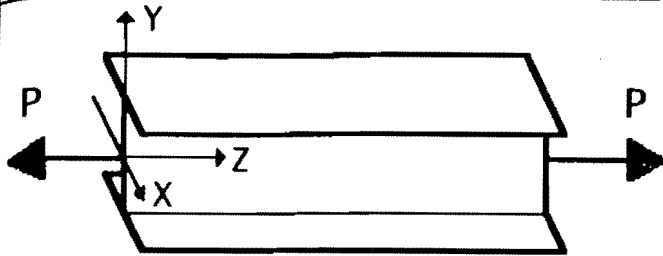
¿Nombre del archivo de datos? Tensión

¿Comentario general?

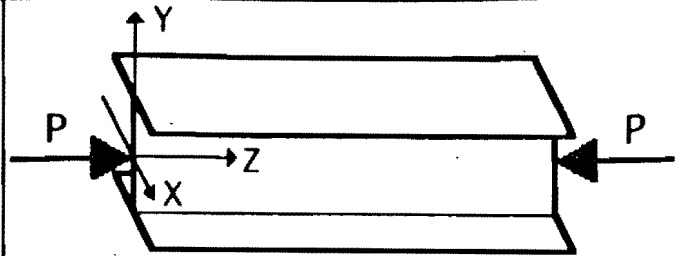
Datos para elementos trabajando en tensión. 

Seleccione un miembro:

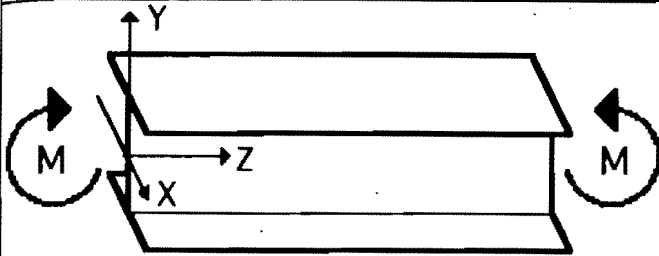
Fin de la captura de datos



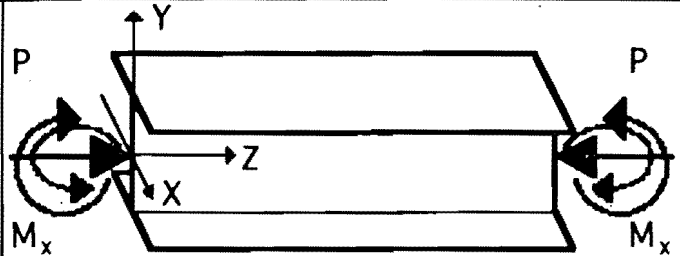
Miembro en [Tensión]



Miembro en [Compresión]



Miembro en [Flexión]



Miembro en [Flexocompresión]

© (C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R.

Datos para elementos trabajando en tensión [en Kg y cm].

Nombre del elemento: **Tensor 1**

Fuerza de diseño que obra sobre el elemento (Pu):

Esfuerzo de fluencia del acero (Fy):

Esfuerzo de ruptura en tensión del acero (Fu):

Area total del miembro (At):

Area efectiva del miembro (An):

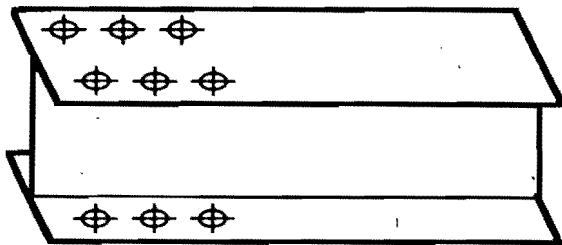
OK

Seleccione un valor de U:

Los valores de U serán los que se indican a continuación, excepto cuando por medio de pruebas u otros criterios reconocidos se demuestre que pueden utilizarse valores más grandes.

- a) Secciones laminadas H o I con patines de ancho no menor que 2/3 del peralte y tés estructurales obtenidas de ellas, conectadas por los patines; cuando la conexión es remachada o atornillada debe haber tres o más conectores en cada línea en la dirección de los esfuerzos: U = 0.90.
- b) Secciones laminadas H o I que no cumplan las condiciones del párrafo anterior, tés estructurales obtenidas de ellas y todas las secciones restantes, incluidas las formadas por varias placas; cuando la conexión es remachada o atornillada debe haber tres o más conectores en cada línea en la dirección de los esfuerzos: U = 0.85.
- c) Todos los miembros con conexiones remachadas o atornilladas que tengan sólo dos conectores en cada línea en la dirección de los esfuerzos: U = 0.75.
- d) Elementos planos conectados a lo largo de sus bordes longitudinales por medio de soldaduras de filete o de penetración, cuando la separación transversal entre las soldaduras exceda de 20 cm: U = 0.70.

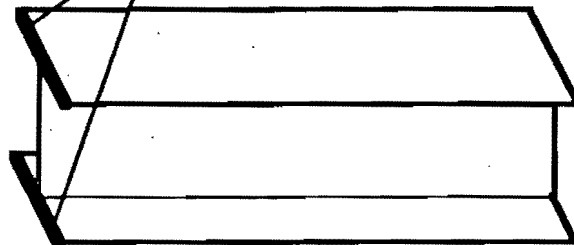
Seleccione el tipo de conexión:



Quando la carga se transmite por medio de tornillos o remaches colocados en algunas de las partes que componen la sección, pero no en todas, el área neta efectiva es igual a:

$$A_e = UA_n$$

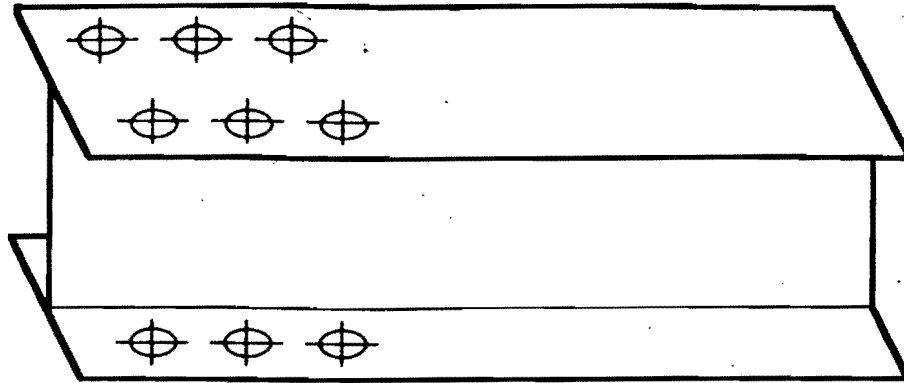
Soldadura



Quando la carga se transmite por medio de soldaduras colocadas en algunas de las partes que componen la sección, pero no en todas, el área neta efectiva es igual a:

$$A_e = UA_t$$

Seleccione el tipo de diseño que se llevará a cabo:



En el diseño de placas que forman parte de juntas remachadas o atornilladas sometidas a tensión, tales como placas laterales en juntas a tope y placas de nudo en armaduras, se utilizará el área neta calculada de acuerdo con el inciso 2.1.2, pero esa área neta no se tomará mayor que el 85 por ciento del área total, aunque en el cálculo arroje un valor más elevado.

Otro caso

ARCHIVO DE DATOS

Comentario general:
Elemento trabajando a Tensión.

Solicitud del elemento:

TENSION

Datos para elementos trabajando en tensión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Ejemplo 5-3 del libro de Bowles: pág. 268.

Pu	Fy	Fu	At	Ae
80.000E3	2530	4100	47.00	33.96

Solicitud del elemento:

TENSION

Datos para elementos trabajando en tensión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Ejemplo 5-10 del libro de Bowles: pág. 285.

Pu	Fy	Fu	At	Ae
58.058E3	2530	4100	21.81	15.76

Solicitud del elemento:

FIN

NOTA: Las definiciones de las abreviaturas están determinadas en las páginas anteriores.

ARCHIVO DE RESULTADOS

```

.....
.....
.....
Programa para diseñar elementos de acero
cumpliendo con las Normas del RCDF.
.....
.....
(C) COPYRIGHT 28 de febrero de 1992 V1.0
Por Ing. Juan Aldasoro Robles
ALL RIGHTS RESERVED
.....
.....

```

Archivo de datos: Tensión
 Archivo de resultados: Tensión Res

Hora: 16:29:10
 Fecha: 7/ 5/92

Comentario general:
 Elemento trabajando a Tensión.

DATOS:
 Solicitud del elemento: TENSION
 Nombre del elemento: Ejemplo 5-3 del libro de Bowles: pág. 268.
 Fuerza axial del diseño que obra sobre la columna: 80.000 E3
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Esfuerzo de ruptura en tensión: 4100.
 Area total del miembro: 47.00
 Area efectiva del miembro: 33.96

RESULTADOS:
 Estado límite de flujo plástico de la sección total:
 El elemento sí resiste la tensión.
 Resistencia [Rt]: 107019.

Estado límite de fractura de la sección neta:
 El elemento sí resiste la tensión.
 Resistencia [Rt]: 104427.

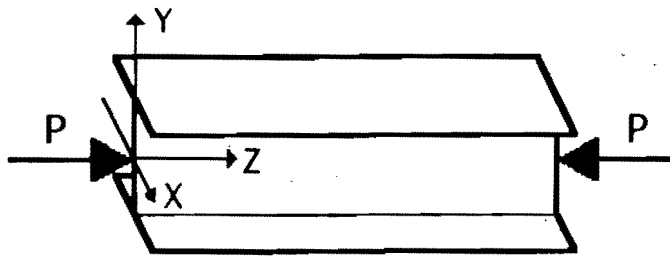
DATOS:
 Solicitud del elemento: TENSION
 Nombre del elemento: Ejemplo 5-10 del libro de Bowles: pág. 285.
 Fuerza axial del diseño que obra sobre la columna: 58.058 E3
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Esfuerzo de ruptura en tensión: 4100.
 Area total del miembro: 21.81
 Area efectiva del miembro: 15.76

RESULTADOS:
 Estado límite de flujo plástico de la sección total:
 !!!El elemento no resiste la tensión!!!
 Resistencia [Rt]: 49661.

Estado límite de fractura de la sección neta:
 !!!El elemento no resiste la tensión!!!
 Resistencia [Rt]: 48462.

Fin de la ejecución del programa.

Miembros en Compresión



Capítulo III

Miembros en compresión

A. Disposiciones para diseño

3.2 Miembros en compresión

Esta sección es aplicable a miembros prismáticos sometidos a compresión axial producida por fuerzas que actúan a lo largo de sus ejes centroidales.

3.2.1 Estados límite

Para el diseño de miembros comprimidos hechos con secciones tipo 1, 2 o 3 se considerará el estado límite de inestabilidad por flexión; en secciones tipo 4 se considerará además el estado límite de pandeo local. En columnas de sección transversal con uno o con ningún eje de simetría, como ángulos o técs, o con dos ejes de simetría, pero con baja rigidez torsional, como las secciones en forma de cruz o formadas por placas de pequeño espesor, se tendrán en cuenta también los estados límite de pandeo por flexotorsión y por torsión.

En columnas compuestas, del tipo de las formadas por cuatro ángulos ligados entre sí por celosías se considerarán los estados límite del miembro completo y de cada uno de los elementos comprimidos que lo forman.

3.2.2 Resistencia de diseño

La resistencia de diseño R_e de un elemento de un elemento estructural de eje recto y de sección transversal constante sometido a compresión axial se determina con alguna de las ecs. 3.2.1 a 3.2.6. En cada caso particular deben revisarse todos los estados límite pertinentes para identificar el crítico, al que corresponde la resistencia de diseño. Si la sección es tipo 1, 2 o 3, la resistencia de diseño se determina como se indica en el inciso 3.2.2.1; si es de tipo 4, se siguen las recomendaciones del inciso 3.2.2.2. Tomando A_t en cm^2 y F_y en kg/cm^2 , las ecuaciones 3.2.1 a 3.2.6 proporcionan R_e en kg.

3.2.2.1 Estado límite de pandeo por compresión

a) Miembros de sección transversal H, I o rectangular hueca.

$$F_R = 0.90$$

$$R_c = \frac{F_y}{\left[1 + \lambda^{2n} - 0.15^{2n}\right]^{1/n}} A_t F_R \leq F_y A_t F_R$$

A_t es el área total de la sección transversal de la columna.

$$\lambda = \frac{KL}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

Donde KL/r es la relación de esbeltez efectiva máxima de la columna.

n es un coeficiente adimensional, que tiene alguno de los valores siguientes:

Columnas de sección transversal H o I, laminadas o hechas con tres placas soldadas obtenidas cortándolas con oxígeno de placas más ancha, y de columnas de sección transversal rectangular hueca, laminadas o hechas con cuatro placas soldadas, que cumplen con los requisitos de las secciones tipo 1, 2 o 3 del inciso 2.3.1.: $n = 1.4$

Columnas de sección transversal H o I, hechas con tres placas laminadas soldadas entre sí que cumplen con los requisitos de las secciones tipo 1, 2 o 3 del inciso 2.3.1.: $n = 1.0$

Cuando el límite de fluencia del acero sea de 3500 kg/cm² o más, pueden utilizarse valores de n mayores si se efectúa un estudio que lo justifique.

b) Miembros cuya sección transversal tiene una forma cualquiera, no incluida en a).

$$F_R = 0.85$$

$$\text{Si } \frac{KL}{r} \geq \left(\frac{KL}{r}\right)_c \quad R_c = A_t F_R \frac{20120000}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

(3.2.2)

$$\text{Si } \frac{KL}{r} < \left(\frac{KL}{r}\right)_c \quad R_c = A_t F_y F_R \left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2\left(\frac{KL}{r}\right)_c^2} \right] \quad (3.2.3)$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_c = \frac{6340}{\sqrt{F_y}}$$

$\frac{KL}{r}$ es la relación de esbeltez efectiva máxima de la columna y $\left(\frac{KL}{r}\right)_c$ el valor de la relación de esbeltez que separa los intervalos de pandeo elástico e inelástico.

Cuando la sección transversal de la columna es de tipo 4, la resistencia de diseño R_c se determina, cualquiera que sea la forma como sigue:

$$\text{Si } \frac{KL}{r} \geq \left(\frac{KL}{r}\right)_c \quad R_c = A_t F_R \frac{20120000}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

(3.2.4)

$$\text{Si } \frac{KL}{r} < \left(\frac{KL}{r}\right)_c \quad R_c = Q A_t F_y F_R \left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2\left(\left(\frac{KL}{r}\right)_c\right)^2} \right] \quad (3.2.5)$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_c = \frac{6340}{\sqrt{Q F_y}} \quad F_R = 0.75$$

En miembros de sección transversal H o rectangular hueca, R_c obtenidos con las ecs. 3.2.4 y 3.2.5 no deben ser mayores que los obtenidos con la ec. 3.2.1 multiplicados por el factor Q.

El área A_t y el radio de giro r de las ecs. 3.2.4 y 3.2.5 seo los de la sección transversal total.

Q es un factor de pandeo local dado por:

$$Q = Q_s Q_a$$

Q_s y Q_a se calculan como se indica en 2.3.6; Q_s corresponde al elemento plano no atiesado que tiene la mayor relación b/t . En secciones formadas exclusivamente por elementos planos atiesados Q_s se toma igual a la unidad.

Columnas tubulares de sección transversal circular.

La resistencia de diseño de columnas de sección transversal circular hueca, de paredes delgadas, sometidas a compresión axial, que no satisfacen los requisitos del inciso 2.3.2, pero cuya relación diámetro/grueso no excede de $\frac{914000}{F_y}$, es igual al menor de los valores proporcionados por las ecs. 3.2.4 y 3.2.5, con $Q = 1.0$ y por la expresión:

$$R_c = A_t F_R \left(\frac{77300}{D} + \frac{2F_y}{3} \right) \quad (3.2.6)$$

D es el diámetro exterior del tubo y T es grueso de la pared, los dos en la misma unidad de longitud; $F_R = 0.70$.

2.3.6 Secciones tipo 4 (esbeltas)

2.3.6.1 Elementos planos no atiesados

En la determinación de la resistencia de diseño de elementos planos no atiesados comprimidos de relación ancho/grueso mayor que el límite correspondiente a secciones tipo 3, y en la de miembros estructurales que contienen elementos planos de este tipo, debe incluirse un factor de reducción Q_s , que se calcula con las ecuaciones 2.3.1 a 2.3.4.

a) Para ángulos aislados:

$$\text{Si } \frac{640}{\sqrt{F_y}} < \frac{b}{t} < \frac{1300}{\sqrt{F_y}}$$

$$Q_s = 1.340 - 0.00053 \frac{b}{t} \sqrt{F_y} \quad (2.3.1)$$

$$\text{Si } \frac{b}{t} \geq \frac{1300}{\sqrt{F_y}}$$

$$Q_s = \frac{1\,090\,000}{F_y \left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (2.3.2)$$

b) Para ángulos o placas que sobresalen de columnas u otros miembros comprimidos y para patines comprimidos y para patines comprimidas de vigas y travesaños armadas:

$$\text{Si } \frac{830}{\sqrt{F_y}} < \frac{b}{t} < \frac{1470}{\sqrt{F_y}}$$

$$Q_s = 1.435 - 0.00052 \frac{b}{t} \sqrt{F_y} \quad (2.3.1)$$

$$\text{Si } \frac{b}{t} \geq \frac{1470}{\sqrt{F_y}}$$

$$Q_s = \frac{1\,400\,000}{F_y \left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (2.3.2)$$

2.3.6.2 Elementos planos atiesados

En la determinación de las propiedades geométricas necesarias para calcular la resistencia de diseño de miembros estructurales que contienen elementos planos atiesados comprimidos de relación ancho/grueso mayor que el límite correspondiente a secciones tipo 3, debe utilizarse un ancho efectivo reducido b_e .

a) Para patines de secciones cuadradas o rectangulares huecas, con paredes de grueso uniforme:

$$b_e = \frac{2730 t}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{540}{\frac{b}{t} \sqrt{f}} \right] \leq b \quad (2.3.5)$$

b) Para cualquier otro elemento plano atiesado comprimido uniformemente:

$$b_e = \frac{2730 t}{\sqrt{f}} \left[1 - \frac{580}{\frac{b}{t} \sqrt{f}} \right] \leq b \quad (2.3.6)$$

En las ecuaciones anteriores:

- b ancho del elemento comprimido (inciso 2.3.3)
- b_e ancho efectivo reducido
- t grueso del elemento comprimido
- f esfuerzo de compresión existente en el elemento atiesado, producido por las solicitaciones de diseño, basado en las propiedades geométricas que se emplean para calcular la resistencia de diseño del elemento estructural del que forma parte.

En las ecuaciones (2.3.1) a (2.3.6) los esfuerzos F_y y f deben tomarse en kg/cm^2 , y las dimensiones de las placas b y t , en cm ; Q_s es un numero abstracto y b_e se obtiene en cm .

El factor de área Q_a es el cociente de área efectiva de la sección dividida entre su área total, y el área efectiva es igual a la total menos la suma de los productos $[b - b_e] t$ de todos los elementos planos que haya en la sección.

2.3.6.3 Secciones formadas por elementos planos atiesados y elementos planos no atiesados

En la determinación de la resistencia de diseño de miembros cuya sección transversal contiene elementos no atiesados y elementos planos atiesados interviene el factor $Q = Q_s Q_a$. El esfuerzo f que se utiliza en la ecuación 2.3.5 o 2.3.6 para calcular el ancho efectivo b_e de los elementos planos atiesados no tiene que ser mayor que el producto $Q_s F_y$ donde Q_s que se calcula con al ecuación 2.3.3 o la 2.4.4, corresponde al elemento no atiesado que tiene la mayor relación b/t .

EJEMPLO 3

Revisar un perfil de sección W 14X 145 para soportar una carga concentrada de 453.6 Ton

Solicitud: COMPRESION

Nombre del elemento: Ejemplo 1 del manual LRFD Pág. 2-4

Sección: I

Proceso: LAMINADO

Elemento: NOATIESADO

A_t : 275.5 cm²

b_f : 39.4 cm

t_f : 2.77 cm

T : 28.7 cm

t_w : 1.73 cm

F_y : 2530 kg/cm²

E : 2039000 kg/cm²

P_u : 453.6 kg

L : 488 cm

r_x : 16.1 cm

Movimiento_x: PERMITIDO

GA_x : 1.00

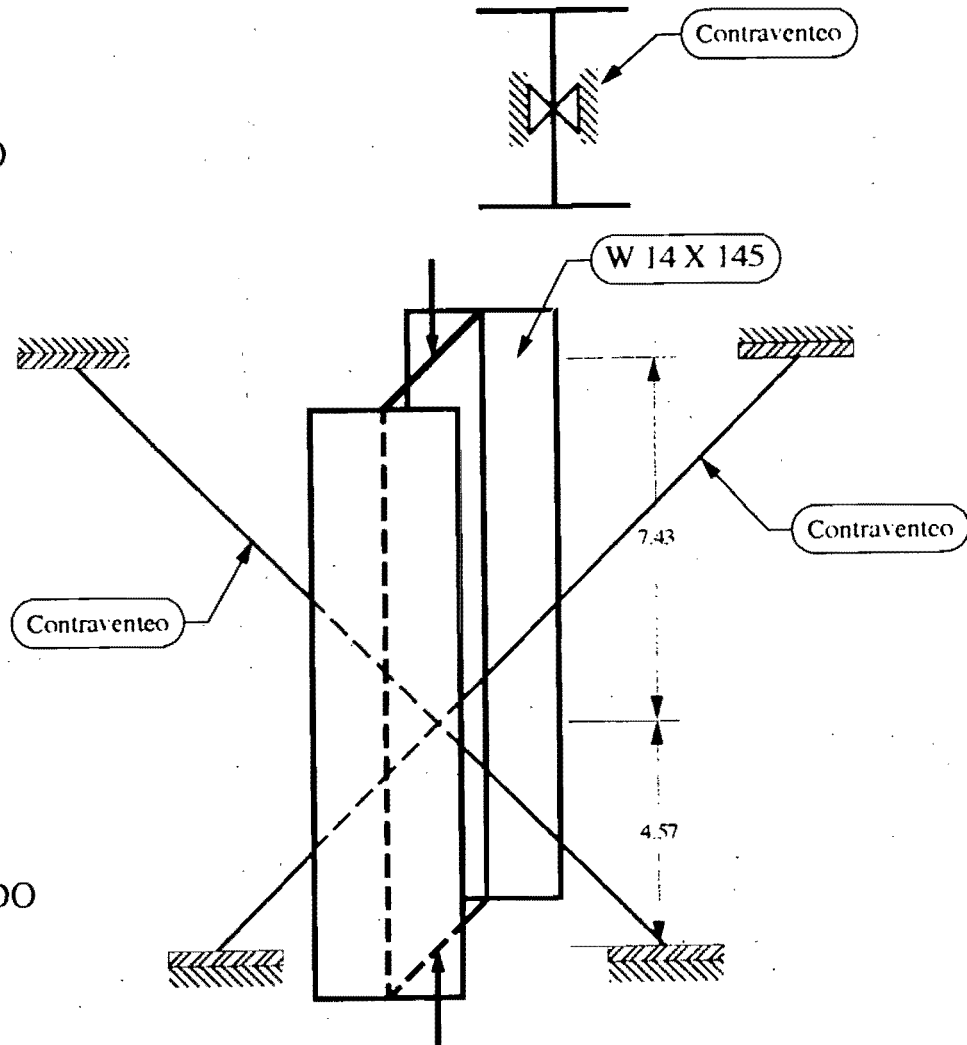
GB_x : 0.22

r_y : 10.1 cm

Movimiento_y: PERMITIDO

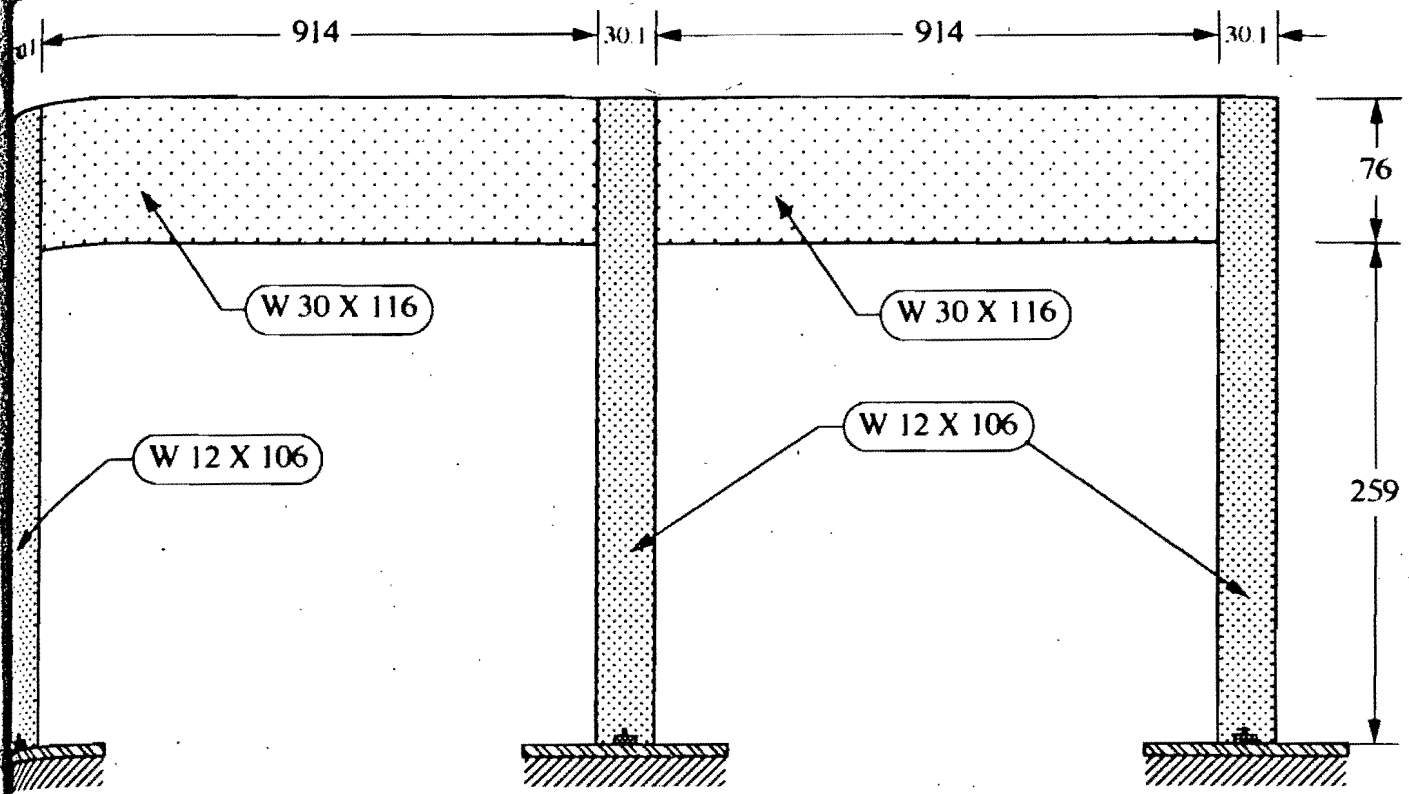
GA_y : 1000

GB_y : 1000



EJEMPLO 4

Revisar una columna de 3.35 m de una crujía interior para soportar una carga concentrada factorizada, aplicada axialmente (no produce momentos) de 367.416 ton. La columna está rigidamente soportada por un marco en la parte superior por traveses W 30X116 de 9.14 m conectada a cada patín. La columna está contraventeada normal a su alma arriba y abajo, por lo tanto, no se permite el desplazamiento en este plano.



Solicitación: COMPRESION

Nombre del elemento: Ejemplo 2 del Manual LRFD pág. 2-4.

Sección: I

Proceso: LAMINADO

Elemento: NOATIESADO

Area: 201.30 cm²

Radio: 31.0 cm

Radio: 2.51 cm

Radio: 24.2 cm

Radio: 1.55 cm

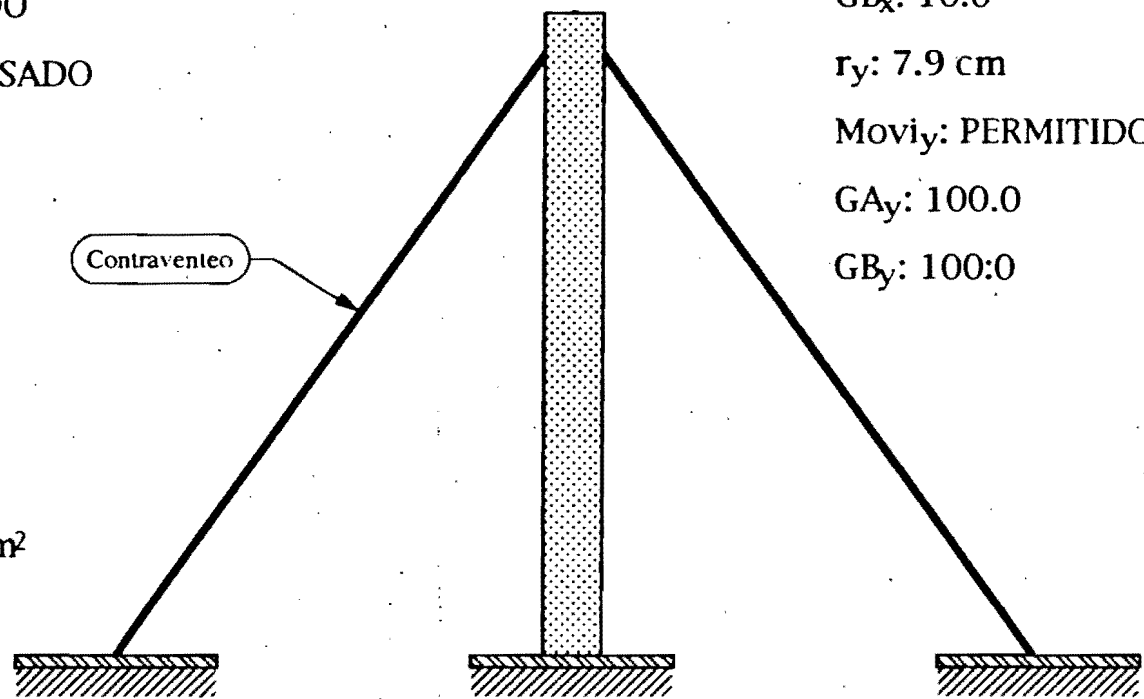
Resistencia: 2530 kg/cm²

Resistencia: 2'039,000 kg/cm²

Carga: 367.416 ton

Alto: 335 cm

Contraventeo



r_x : 13.9 cm

Mov_x: IMPEDIDO

GA_x : 1.5

GB_x : 10.0

r_y : 7.9 cm

Mov_y: PERMITIDO

GA_y : 100.0

GB_y : 100:0

Revisar las columnas que se muestra.

Solicitud: COMPRESION

Nombre del elemento: Ejemplo 3 del manual LRFD Pág. 2-6.

Seccion: I

Proceso: LAMINADO

Elemento: NOATIESADO

A_t : 257.4 cm²

b_f : 31.5 cm

t_f : 3.18 cm

T : 24.2 cm

t_w : 2.01 cm

F_y : 2530 kg/cm²

E : 2039000 kg/cm²

P_u : 453.6 kg

L : 457 cm

r_x : 14.2 cm

Mov_{i_x} : IMPEDIDO

GA_x : 3.76

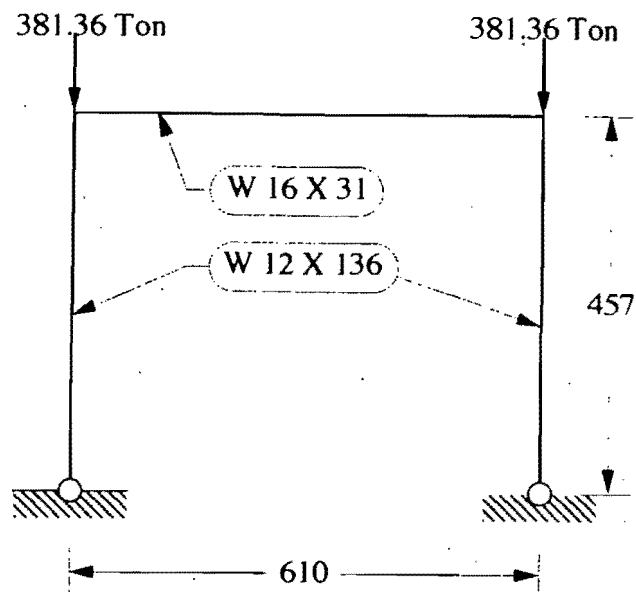
GB_x : 10

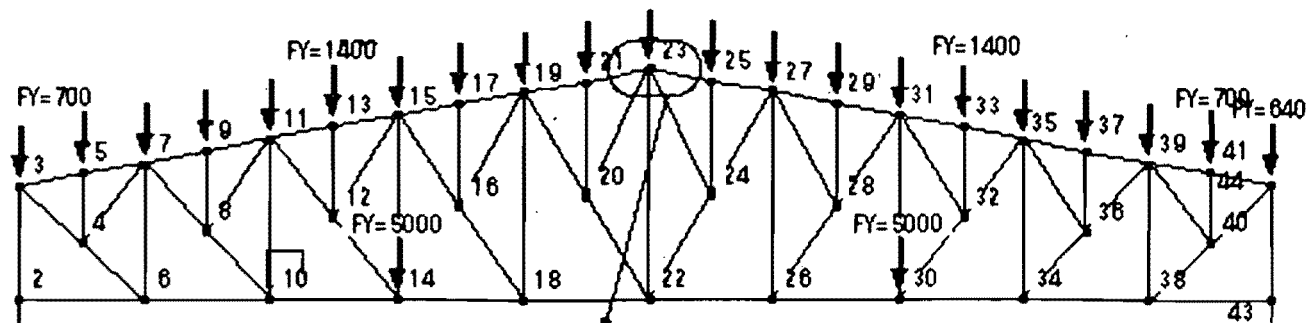
r_y : 8.0 cm

Mov_{i_y} : PERMITIDO

GA_y : 0

GB_y : 0

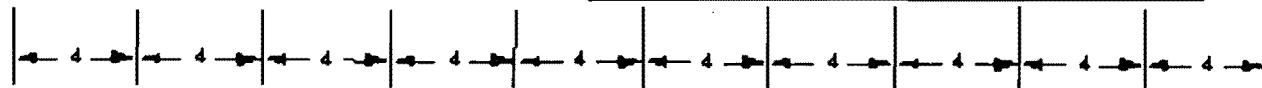
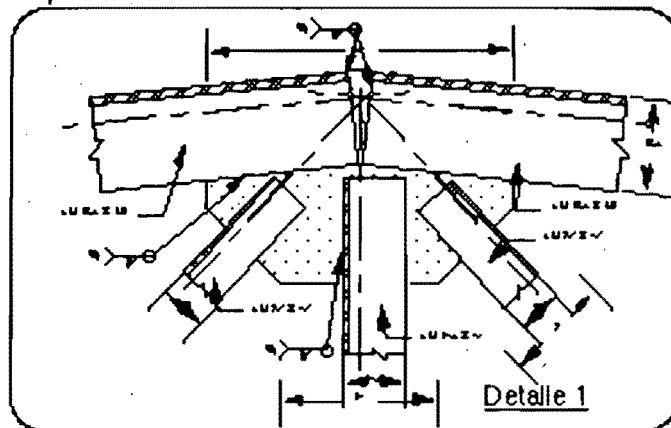




Acero 92

COPYRIGHT ING. JUAN
ALDASORO ROBLES
10 DE MAYO DE 1992 V2.0

Comenzar



Captura de datos para el programa Acero 92

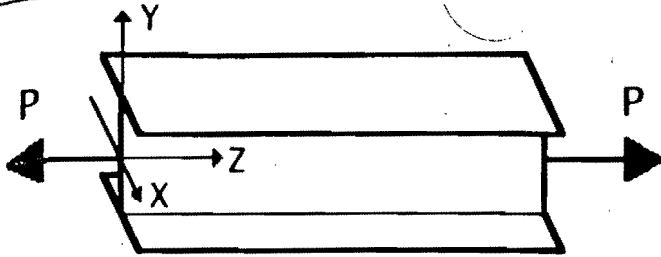
¿Nombre del archivo de datos? Compresión

¿Comentario general?

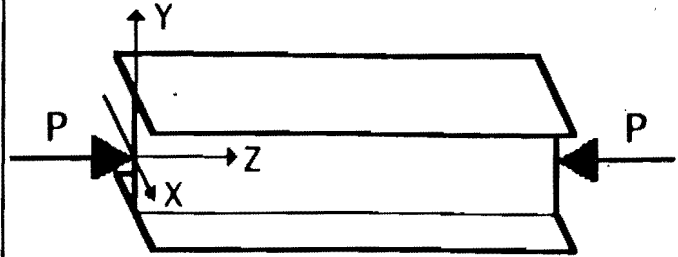
Datos para elementos trabajando en compresión.

Seleccione un miembro:

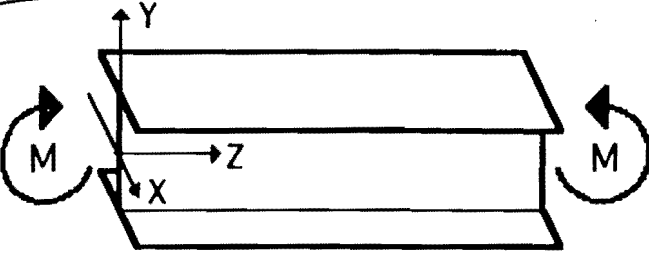
Fin de la captura de datos



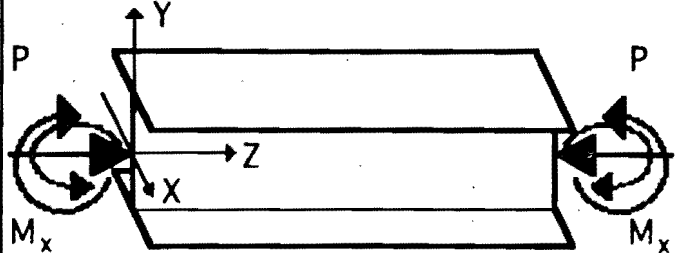
Miembro en [Tensión]



Miembro en [Compresión]



Miembro en [Flexión]



Miembro en [Flexocompresión]

© COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R.

Datos para elementos trabajando en compresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Fuerza axial de diseño sobre la columna (P_u):

Longitud libre de la columna (L):

Esfuerzo de fluencia del acero (F_y):

Módulo de elasticidad del acero (E):

Espesor del alma (t_w):

Ancho del patín (b_f):

Espesor del patín (t_f):

Peralte del alma de la columna (T):

Area total del miembro (A_t):

Radio de giro de la columna en la dirección X (r_x):

Radio de giro de la columna en la dirección Y (r_y):

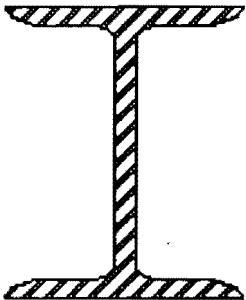
OK



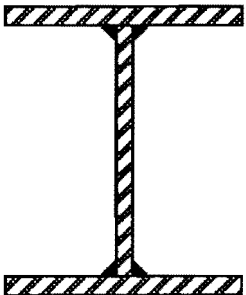
Seleccione una opción:

	Símbolo	Sección	Abreviatura
<input type="checkbox"/>	T	Tee	T
<input type="checkbox"/>	I	I o H	I
<input type="checkbox"/>	O	Circular	O
<input type="checkbox"/>	C	Canal	C
<input type="checkbox"/>	R	Rectangular	R
<input type="checkbox"/>	L	Angulo	A

Seleccione una sección:

 [LAMINADO]

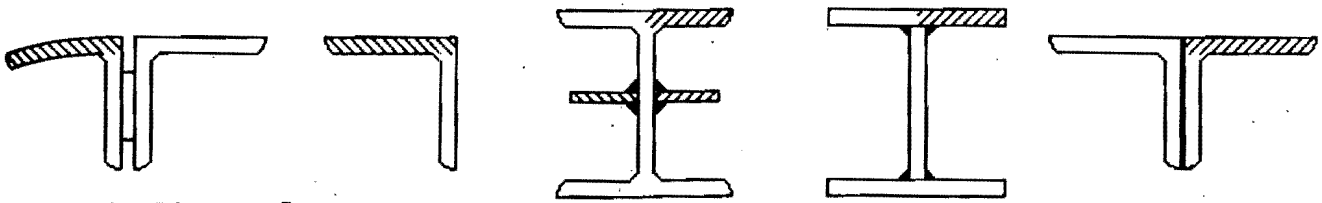
Columna de sección transversal H o I, laminadas o hechas con tres placas soldadas obtenidas cortándolas con oxígeno de placas más anchas, y columnas de sección transversal hueca, laminadas o hechas con cuatro placas soldadas.

 [SOLDADO]

Columna de sección transversal H o I, hechas con tres placas laminadas soldadas entre sí.

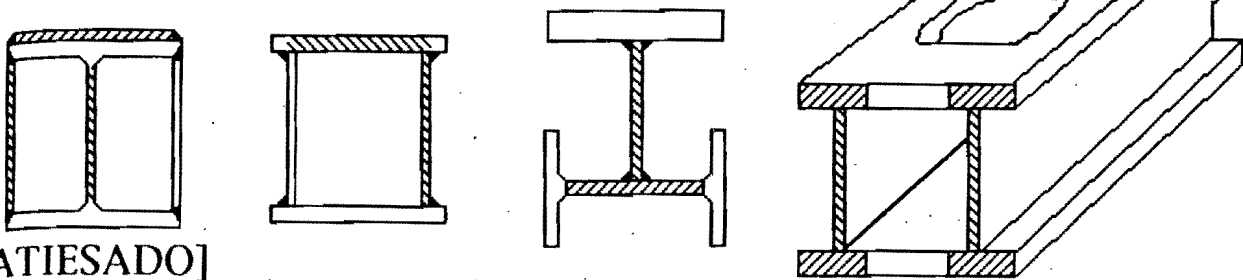
Tipo de elemento:

ELEMENTO PLANO NO ATIESADO. El elemento está soportado a lo largo de uno solo de los bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.



[NOATIESADO]

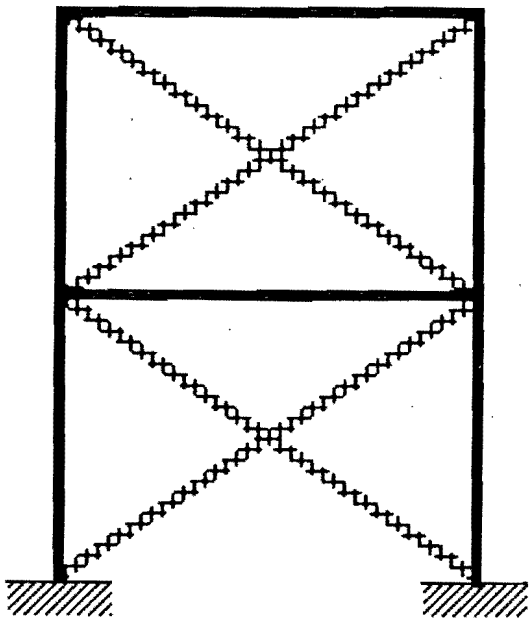
ELEMENTO PLANO ATIESADO. El elemento está soportado a lo largo de dos bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.



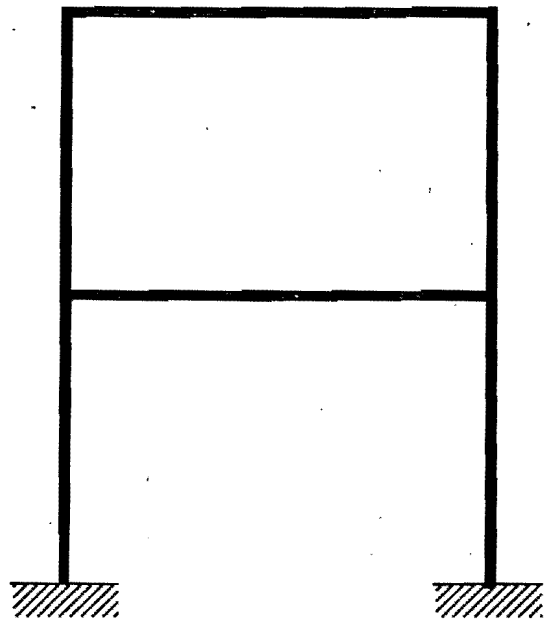
[ATIESADO]

Seleccione un movimiento:

[Dirección X]



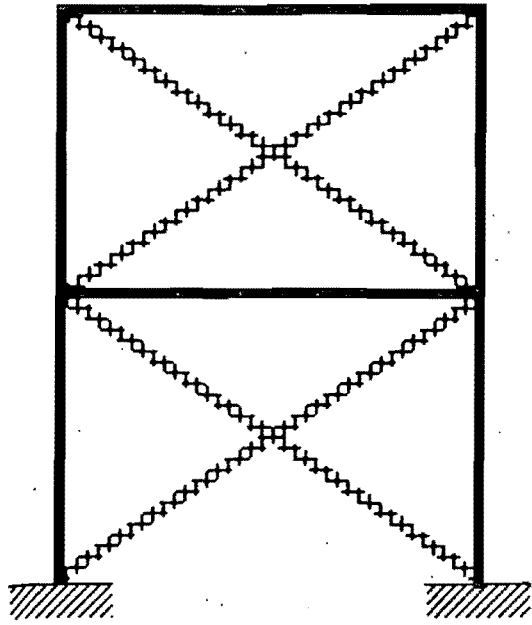
Movimiento lateral de la columna [impedido]



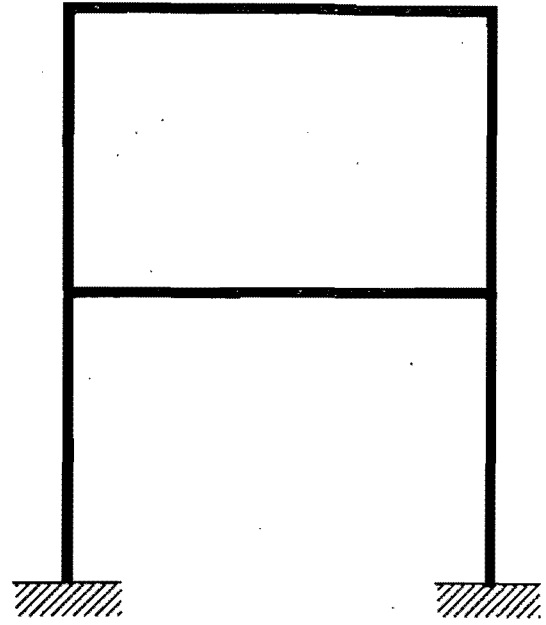
Movimiento lateral de la columna [permitido]

Seleccione un movimiento:

[Dirección Y]



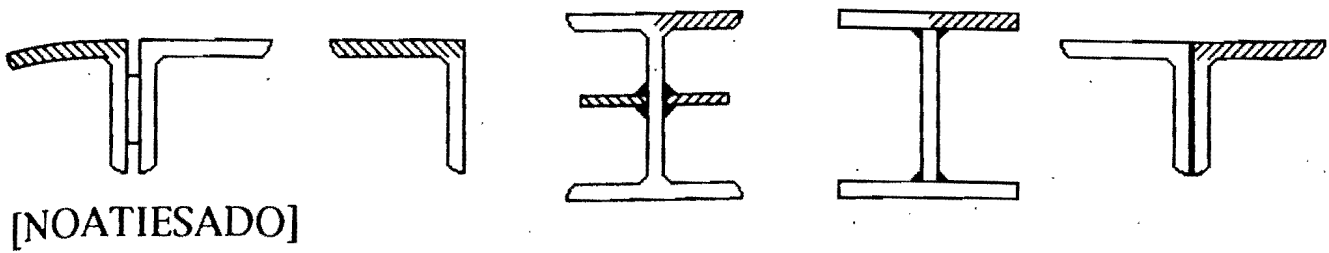
Movimiento lateral de la columna [impedido]



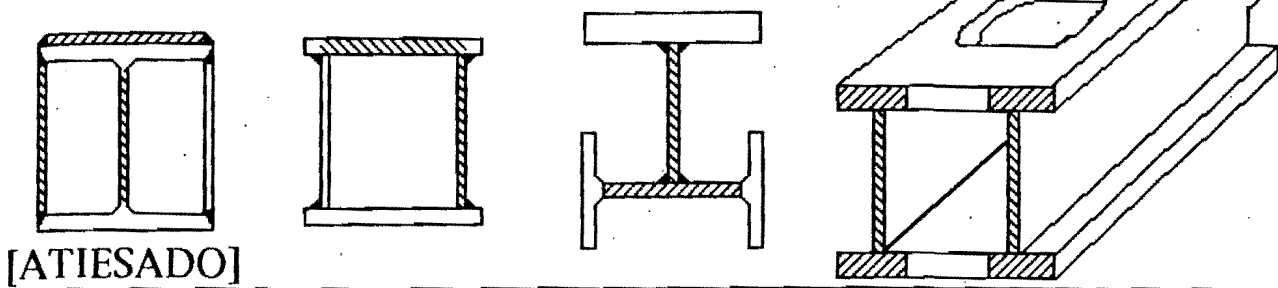
Movimiento lateral de la columna [permitido]

Tipo de elemento:

ELEMENTO PLANO NO ATIESADO. El elemento está soportado a lo largo de uno solo de los bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.

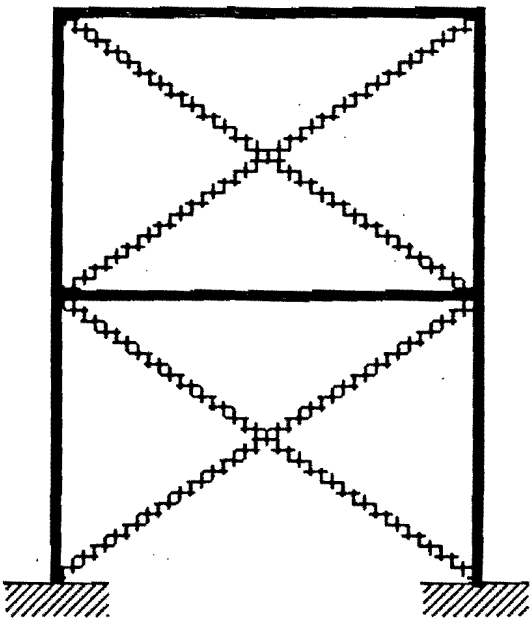


ELEMENTO PLANO ATIESADO. El elemento está soportado a lo largo de dos bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.

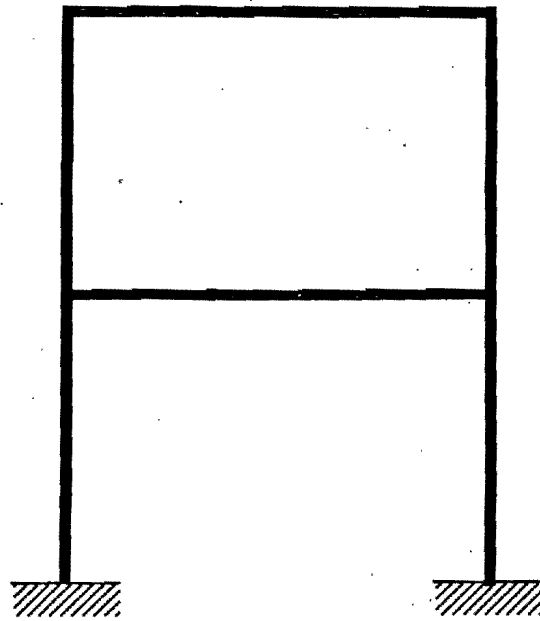


Seleccione un movimiento:

[Dirección X]



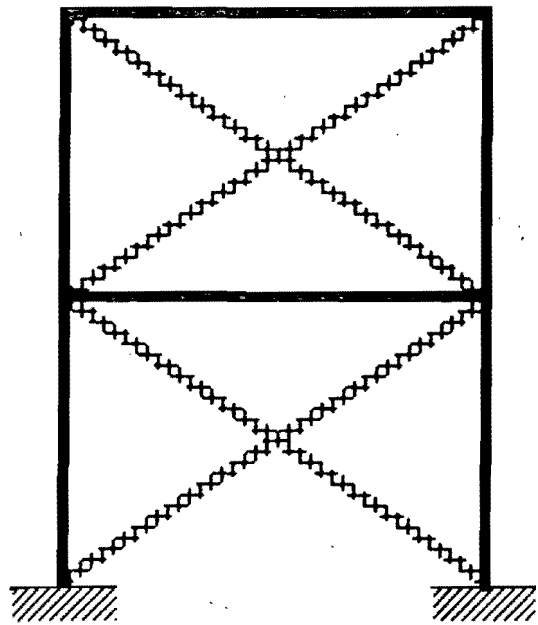
Movimiento lateral de la columna [impedido]



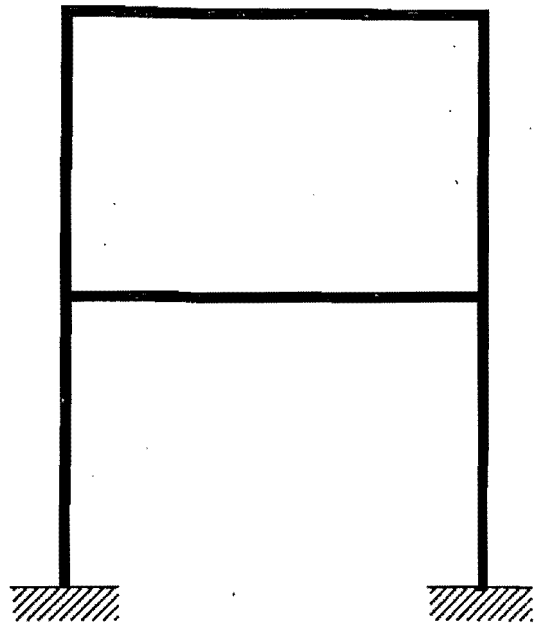
Movimiento lateral de la columna [permitido]

Seleccione un movimiento:

[Dirección Y]



Movimiento lateral de la columna [impedido]



Movimiento lateral de la columna [permitido]

A continuación se necesitan los coeficientes G.


$$G = \frac{\sum (I/L)_c}{\sum (I/L)_v}$$

 Continuar

$\sum (I/L)_c$ Representa la suma de los cocientes I/L de todas las columnas que concurren en el extremo en el que se calcula G (la columna en estudio y la que está inmediatamente arriba o abajo de ella).

$\sum (I/L)_v$ Representa la suma de los cocientes I/L de todas las vigas que llegan al nudo y se encuentran en el plano en el que se estudia el pandeo; los momentos de inercia corresponden a ejes normales al plano.

Los valores de los coeficientes $G_a = 0$ y $G_b = 0$, corresponden a $K = 0.5$ para movimientos laterales impedidos y $K = 1.0$ para movimientos laterales permitidos.

© (C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R. 

Datos para elementos trabajando en compresión [en Kg y cm].

Coefficiente del apoyo A en la dirección X (G_{Ax}):

Coefficiente del apoyo B en la dirección X (G_{Bx}):

Coefficiente del apoyo A en la dirección Y (G_{Ay}):

Coefficiente del apoyo B en la dirección Y (G_{By}):



ARCHIVO DE DATOS

Comentario general:
Ejemplos de compresión

Solicitud del elemento:

COMPRESION

Datos para elementos trabajando en compresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Ejemplo 1 del manual LRFD pág. 2-4, Lx = 788.

Seccion	Proceso	Elemento	Movix	Moviy
I	LAMINADO	NOATIESADO	PERMITIDO	IMPEDIDO
	Gax	Gbx	Gay	Gby
	1.00	0.22	1000.00	1000.00
	Pu	L	Fy	E
453.300E3	788.0	2530	2039000	
	tw	bf	tf	T
	1.73	39.40	2.7	28.70
	rx	ry		At
	16.10	10000		275.50

Solicitud del elemento:

COMPRESION

Datos para elementos trabajando en compresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Ejemplo 1 del manual LRFD pág. 2-4, Ly = 488.

Seccion	Proceso	Elemento	Movix	Moviy
I	LAMINADO	NOATIESADO	PERMITIDO	IMPEDIDO
	Gax	Gbx	Gay	Gby
	1.00	0.22	1000.00	1000.00
	Pu	L	Fy	E
453.300E3	488.0	2530	2039000	
	tw	bf	tf	T
	1.73	39.40	2.77	28.70
	rx	ry		At
	1000	10.1		275.500

Solicitud del elemento:

COMPRESION

Datos para elementos trabajando en compresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Ejemplo 2 del manual LRFD pág. 2-4.

Seccion	Proceso	Elemento	Movix	Moviy
I	LAMINADO	NOATIESADO	PERMITIDO	IMPEDIDO
	Gax	Gbx	Gay	Gby
	1.50	10.00	100.00	100.00
	Pu	L	Fy	E
367.416E3	355.0	2530	2039000	
	tw	bf	tf	T
	1.51	31.00	2.51	24.200
	rx	ry		At
	13.90	7.90		201.30

Solicitud del elemento:

COMPRESION

Datos para elementos trabajando en compresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Ejemplo 3 del manual LRFD pág 2-6.

Seccion	Proceso	Elemento	Movix	Moviy
I	LAMINADO	NOATIESADO	PERMITIDO	IMPEDIDO
	Gax	Gbx	Gay	Gby
	3.76	10.00	1000.00	1000.00
	Pu	L	Fy	E
381.360E3	457.0	2530	2039000	
	tw	bf	tf	T
2.01	31.50	3.18	24.20	At
	rx	ry		257.40
14.20	8.00			

Solicitud del elemento:

FIN

NOTA: Las definiciones de las abreviaturas están determinadas en las páginas anteriores.

Debido a las características del ejemplo 3 se resuelve dos veces el problema, para $L_x = 788$ cm y $L_y = 488$ cm. Se tomará como resistencia de diseño la menor.

ARCHIVO DE RESULTADOS

Programa para diseñar elementos de acero
cumpliendo con las Normas del RCDF.

(C) COPYRIGHT 28 de febrero de 1992 V1.0
Por Ing. Juan Aldasoro Robles
ALL RIGHTS RESERVED

Archivo de datos: Compre
Archivo de resultados: Compre Res

Hora: 17:28:40
Fecha: 7/ 5/92

Comentario general:
Ejemplos de compresión

DATOS:

Solicitud del elemento: COMPRESION
Nombre del elemento: Ejemplo 1 del manual LRFD pág. 2-4, Lx = 788.
Sección: I
Proceso de fabricación: LAMINADO
Elemento plano: NOATIESADO
Movimiento lateral de la columna en la dirección X: PERMITIDO
Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: IMPEDIDO
Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 1.00
Coeficiente del apoyo B en la dirección X: .22
Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 100.00
Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: 100.00
Fuerza axial del diseño que obra sobre la columna: 453.300 E3
Longitud libre de la columna: 788.00
Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
Espesor del alma: 1.73
Ancho del patín: 39.40
Espesor del patín: 2.70
Peralte del alma de la columna: 28.70
Area total del miembro: 275.50
Radio de giro de la columna en la dirección X: 16.10
Radio de giro de la columna en la dirección Y: 10000.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
Clasificación del patín: Tipo 1
Clasificación de toda la sección: Tipo 1
Sección para diseño plástico.
Factor de longitud efectiva en X (Kx): 1.2
Factor de longitud efectiva en Y (Ky): 1.0
Relación de esbeltez X (KxL/rx): 58.43
Relación de esbeltez Y (KyL/ry): .08

Relación de esbeltez máxima $(KxL/rx)_{\text{máx}}$: 58.43
 Estado límite de pandeo por compresión:
 El elemento sí resiste la compresión.
 Resistencia $[Rc]$: 519.820 E3

DATOS:

Solicitud del elemento: COMPRESION
 Nombre del elemento: Ejemplo 1 del manual LRFD pág. 2-4, $L_y = 488$.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Movimiento lateral de la columna en la dirección X: PERMITIDO
 Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: IMPEDIDO
 Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 1.00
 Coeficiente del apoyo B en la dirección X: .22
 Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 100.00
 Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: 100.00
 Fuerza axial del diseño que obra sobre la columna: 453.300 E3
 Longitud libre de la columna: 488.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Espesor del alma: 1.73
 Ancho del patín: 39.40
 Espesor del patín: 2.77
 Peralte del alma de la columna: 28.70
 Área total del miembro: 275.50
 Radio de giro de la columna en la dirección X: 1000.00
 Radio de giro de la columna en la dirección Y: 10.10

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Factor de longitud efectiva en X (K_x) : 1.2
 Factor de longitud efectiva en Y (K_y) : 1.0
 Relación de esbeltez X (KxL/rx) : .58
 Relación de esbeltez Y (KyL/ry) : 48.12
 Relación de esbeltez máxima $(KxL/rx)_{\text{máx}}$: 48.12
 Estado límite de pandeo por compresión:
 El elemento sí resiste la compresión.
 Resistencia $[Rc]$: 559.808 E3

DATOS:

Solicitud del elemento: COMPRESION
 Nombre del elemento: Ejemplo 2 del manual LRFD pág. 2-4.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Movimiento lateral de la columna en la dirección X: PERMITIDO
 Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: IMPEDIDO
 Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 1.50
 Coeficiente del apoyo B en la dirección X: 10.00
 Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 100.00
 Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: 100.00
 Fuerza axial del diseño que obra sobre la columna: 367.416 E3
 Longitud libre de la columna: 355.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Espesor del alma: 1.51
 Ancho del patín: 31.00
 Espesor del patín: 2.51

peralte del alma de la columna: 24.20
 Area total del miembro: 201.30
 Radio de giro de la columna en la dirección X: 13.90
 Radio de giro de la columna en la dirección Y: 7.90

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Factor de longitud efectiva en X (K_x): 2.0
 Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 1.0
 Relación de esbeltez X ($K_x L/r_x$): 51.38
 Relación de esbeltez Y ($K_y L/r_y$): 44.76
 Relación de esbeltez máxima ($K_x L/r_x$) $_{máx}$: 51.38
 Estado límite de pandeo por compresión:
 El elemento sí resistió la compresión.
 Resistencia [R_c]: 400.358 E3

DATOS:

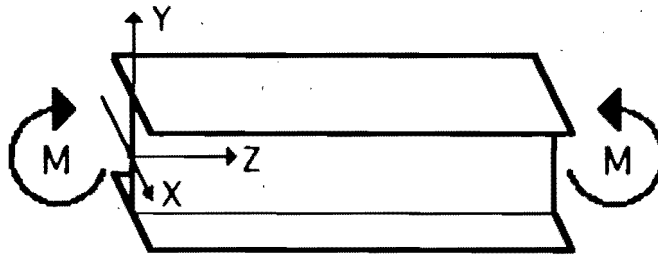
Solicitud del elemento: COMPRESION
 Nombre del elemento: Ejemplo 3 del manual LRFD pág 2-6.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Movimiento lateral de la columna en la dirección X: PERMITIDO
 Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: IMPEDIDO
 Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 3.76
 Coeficiente del apoyo B en la dirección X: 10.00
 Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 100.00
 Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: 100.00
 Fuerza axial del diseño que obra sobre la columna: 381.360 E3
 Longitud libre de la columna: 457.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Espesor del alma: 2.01
 Ancho del patín: 31.50
 Espesor del patín: 3.18
 Peralte del alma de la columna: 24.20
 Area total del miembro: 257.40
 Radio de giro de la columna en la dirección X: 14.20
 Radio de giro de la columna en la dirección Y: 8.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Factor de longitud efectiva en X (K_x): 2.4
 Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 1.0
 Relación de esbeltez X ($K_x L/r_x$): 77.13
 Relación de esbeltez Y ($K_y L/r_y$): 56.90
 Relación de esbeltez máxima ($K_x L/r_x$) $_{máx}$: 77.13
 Estado límite de pandeo por compresión:
 El elemento sí resiste la compresión.
 Resistencia [R_c]: 407.937 E3

Fin de la ejecución del programa.

Miembros en Flexión



Capítulo IV

Miembros en flexión

A. Disposiciones para diseño

3.3 Miembros en flexión.

Esta sección es aplicable a vigas laminadas y traveses armados formados por placas soldadas, de sección I o sección cajón, con dos ejes de simetría, cargadas en uno de los planos de simetría y a canales con las cargas situadas en un plano paralelo al alma que pasa por el centro de torsión, o restringidas contra la rotación alrededor del eje longitudinal en las secciones en las que están aplicadas las cargas y en los apoyos. También es aplicable a barras de sección maciza, circular, cuadrada o rectangular estas últimas flexionadas en cualquier eje de simetría, y a barras de sección transversal circular hueca. Todos los elementos mencionados trabajan principalmente en flexión, producida por cargas transversales o momentos aplicados en sus extremos; la flexión se presenta, casi siempre, acompañada de fuerzas cortantes.

3.3.1 Estados Límite

En el diseño de miembros en flexión deben considerarse los estados límite de falla siguientes:

- ♣ Formación de un mecanismo con articulaciones plásticas.
- ♣ Agotamiento de la resistencia a la flexión en la sección crítica, en miembros que no admiten redistribución de momentos.
- ♣ Iniciación del flujo plástico en la sección crítica.
- ♣ Pandeo local del patín comprimido.
- ♣ Pandeo local del alma, producido por flexión.
- ♣ Plastificación del alma por cortante.
- ♣ Pandeo local del alma por cortante.
- ♣ Tensión diagonal en el alma.
- ♣ Pandeo lateral por flexotorsión.
- ♣ Flexión y fuerza cortante combinados.

- ♣ Otras formas de pandeo del alma, producidas por fuerzas transversales.

Fatiga.

Además, deben considerarse también estados límite de servicio, de deformaciones y de vibraciones excesivas.

3.3.2 Resistencia de diseño en flexión.

La resistencia de diseño en flexión, M_R , de una viga o trabe de eje recto y sección transversal constante se determina como se indica en los incisos siguientes.

3.3.2.1 Miembros soportados lateralmente ($L \leq L_u$)

Cuando el sistema de piso proporciona soporte lateral al patín superior de las vigas, debe tenerse en cuenta que en algunos tramos el patín comprimido es el inferior. Este punto puede ser de especial importancia en diseño sísmico.

La resistencia de diseño de miembros en flexión cuyo patín comprimido está soportado lateralmente en forma continua, o está provisto de soportes laterales con separaciones L no mayores de L_u , es igual a:

a) Para secciones tipo 1 o 2:

$$M_R = F_R Z F_y = F_R M_p \quad (3.3.1.)$$

L es la distancia entre puntos del patín comprimido de una viga soportados lateralmente.

L_u es la longitud máxima no soportada lateralmente para la que el miembro puede desarrollar todavía el momento plástico M_p ; no exige capacidad de rotación. se calcula con alguna de las ecuaciones 3.3.13, 3.3.15 o 3.3.17.

Puede utilizarse la teoría plástica cuando las secciones son tipo 1 y la distancia entre puntos del patín comprimido soportados lateralmente no excede de L_p , en zonas de formación de articulaciones plásticas asociadas con el mecanismo de colapso.

L_p es la longitud máxima no soportada lateralmente para la que el miembro puede desarrollar todavía el momento plástico M_p , y conservarlo durante rotaciones necesarias para la formación del mecanismo de colapso.

Se calcula como sigue:

Secciones I

$$L_p = \frac{253000 + 155000 \frac{M_1}{M_p}}{F_y} r_y \quad (3.3.2)$$

Secciones rectangulares, macizas o en cajón.

$$L_p = \frac{253000 + 155000 \frac{M_1}{M_p}}{F_y} r_y \leq \frac{211000 r_y}{F_y} \quad (3.3.3)$$

En la región adyacente a la última articulación plástica, y en zonas que se conserven en el intervalo elástico al formarse el mecanismo de colapso, la separación entre puntos no soportados lateralmente debe ser tal que se cumplan los requisitos de la cláusula 3.3.2.2 en vigas y de la sección 3.4 en columnas.

En las expresiones anteriores,

M_p = momento plástico resistente del miembro en estudio.

M_1 = el menor de los momentos en los extremos del tramo no soportado lateralmente.

r_y = radio de giro alrededor del eje de menor momento de inercia.

El cociente $\frac{M_1}{M_p}$ es positivo cuando el segmento de viga no soportado lateralmente se flexiona en curvatura doble, y negativo cuando lo hace en curvatura simple.

El patín comprimido debe soportarse lateralmente en todas las secciones en que aparezcan articulaciones plásticas asociadas al mecanismo de colapso.

b) Para secciones tipo 3:

$$M_R = F_R S F_y = F_R M_y \quad (3.3.4.)$$

S es el módulo de sección elástico del miembro en flexión y $M_y = S F_y$ es el momento correspondiente a la iniciación de la fluencia en la sección en consideración.

En secciones I o H flexionadas alrededor de cualquiera de sus ejes centroidales y principales puede tomarse un valor de M_R comprendido entre $F_R M_y$ y $F_R M_p$ calculado por interpolación lineal, teniendo en cuenta que esos valores corresponden, respectivamente, a relaciones ancho/grueso de patines de

$$\frac{830}{\sqrt{F_y}} \quad \text{y} \quad \frac{540}{\sqrt{F_y}}$$

Si la flexión es alrededor del eje de mayor momento de inercia se comprobará que la relación ancho/grueso del alma no excede de la que corresponde al valor calculado de M_R , para lo que se interpolará linealmente entre las relaciones

$$\frac{8000}{\sqrt{F_y}} \quad \text{y} \quad \frac{5000}{\sqrt{F_y}}$$

correspondientes a $F_R M_y$ y $F_R M_p$, respectivamente.

No hay límites en la longitud sin soporte lateral, en secciones de tipo 1, 2 o 3, cuando la sección transversal es circular o cuadrada, hueca o maciza o cuando la viga, cualquiera que sea la forma de su sección transversal, se flexiona alrededor del eje de menor momento de inercia. Por consiguiente, en estos casos la resistencia de diseño se determina con las ecuaciones 3.3.1 o 3.3.4.

c) Para secciones tipo 4:

Cuando tanto el alma como el patín comprimido corresponden al tipo 4, de acuerdo con 2.3.1, el valor de M_R se determina con los criterios para diseño de perfiles de lámina delgada doblados en frío.

Cuando los patines cumplan los requisitos de las secciones tipo 1, 2 o 3 y las almas sean tipo 4, el valor de M_R se obtendrá de acuerdo con el inciso 4.5.8 de estas normas.

Cuando las almas cumplen los requisitos de las secciones de tipo 1, 2, o 3 y los patines son de tipo 4, se distinguen dos casos:

1. Si el patín comprimido está formado por elementos planos no atiesados,

$$M_R = F_R Q_s S F_y = F_R Q_s M_y \quad (3.3.5)$$

Q_s se define en 2.3.6.

2. Si el patín comprimido está formado por elementos planos atiesados,

$$M_R = F_R S_e F_y \quad (3.3.6)$$

S_e , módulo de sección efectivo del elemento, se calcula con el ancho efectivo del patín comprimido, determinado de acuerdo con 2.3.6 en vez del ancho total. El módulo de sección de perfiles simétricos respecto al eje de flexión puede calcularse, conservadoramente, utilizando el mismo ancho efectivo en el patín de tensión.

Si el valor de M_R calculado con alguna de las ecuaciones 3.3.5 o 3.3.6, es mayor que el dado por la ecuación 3.3.4, éste será el momento resistente del elemento.

En las expresiones anteriores,

$$F_R = 0.90$$

Z módulo de sección plástico.

S módulo de sección elástico.

S_e módulo de sección elástico efectivo.

$M_p = Z F_y =$ Momento Plástico resistente de la sección.

$M_y = S M_y$ Momento correspondiente a la aparición del esfuerzo de fluencia en la sección (sin considerar esfuerzos residuales).

$F_y =$ Esfuerzo de fluencia.

3.3.2.2 Miembros no soportados lateralmente ($L > L_u$).

La resistencia de diseño de miembros en flexión cuyo patín comprimido está provisto de soportes laterales con separaciones mayores que L_u , es igual a:

a) Para secciones tipo 1 o 2 con dos ejes de simetría, flexionadas alrededor del eje de mayor momento de inercia:

$$\text{Si } M_u > \frac{2}{3} M_p,$$

$$M_R = 1.15 F_R M_p \left(1 - \frac{0.28 M_p}{M_u}\right) \quad (3.3.7)$$

pero no mayor que $F_R M_p$

$$\text{Si } M_u \leq \frac{2}{3} M_p,$$

$$M_R = F_R M_u \quad (3.3.8)$$

En vigas de sección transversal I o H, laminadas o hechas con tres placas soldadas, M_u , momento resistente nominal de la sección, cuando el pandeo lateral se inicia en el intervalo elástico, es igual a:

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{\pi}{C L} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L}\right)^2 I_y C_a} \\ &= \frac{\pi E}{C L} \sqrt{I_y \left[\frac{J}{2.6} + \left(\frac{\pi}{L}\right)^2 C_a\right]} \end{aligned} \quad (3.3.9)$$

En secciones I o H hechas con placas, de dimensiones semejantes a las laminadas, puede tomarse:

$$M_u = \frac{1}{C} \sqrt{M_{c1}^2 + M_{c2}^2} \quad (3.3.10)$$

$$M_{c1} = \frac{E A t}{\left(\frac{L}{r_y}\right)^2} \quad (3.3.11)$$

$$M_{c2} = \frac{4.7 E A d}{\left(\frac{L}{r_y}\right)^2} \quad (3.3.12)$$

En las ecuaciones anteriores F_R es el factor de resistencia, que vale 0.90, A y d son el área total y el peralte de la sección considerada, I_y y r_y su momento de inercia y radio de giro respecto al eje de simetría situado en el plano del alma, t el grueso del patín comprimido, L la separación entre puntos de ese patín fijos lateralmente, J y C_a las constantes de torsión de Saint Venant y por alabeo de la sección y C , que puede tomarse conservadoramente igual a la unidad, está dado por:

$$C = 0.60 + 0.40 \frac{M_1}{M_2} \text{ para tramos que se flexionan en curvatura simple}$$

$$C = 0.60 - 0.40 \frac{M_1}{M_2} \text{ pero no menor que } 0.40, \text{ para tramos que se flexionan en curvatura doble}$$

$C = 1.0$ cuando el momento flexionante en cualquier sección dentro del tramo no soportado lateralmente es mayor que M_2 , o cuando el patín no está soportado lateralmente de manera efectiva en uno de los extremos del tramo

M_1 y M_2 son, respectivamente, el menor y el mayor de los momentos en los extremos del tramo en estudio tomados en valor absoluto.

En miembros de sección transversal en cajón (rectangular hueca) se toma $C_a = 0$.

L_u es la longitud máxima no soportada lateralmente para que el miembro pueda desarrollar todavía el momento plástico M_p (no se exige capacidad de rotación), y L_r la longitud que separa los intervalos de aplicación de las ecuaciones 3.3.7 y 3.3.8 (la ecuación 3.3.7 es válida para $L \leq L_r$ y la 3.3.8 para $L > L_r$).

L_u y L_r se calculan con las expresiones siguientes:

Miembros de sección transversal I:

$$L_u = \frac{\pi\sqrt{2}}{X_u} \sqrt{\frac{E C_a}{G J}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_u^2}} \quad (3.3.13)$$

$$L_r = \frac{\pi\sqrt{2}}{X_r} \sqrt{\frac{E C_a}{G J}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_r^2}} \quad (3.3.14)$$

E es el módulo de elasticidad del acero y G su módulo de elasticidad al esfuerzo cortante; se tomarán iguales a 2 040 000 kg/cm² y 784 000 kg/cm², respectivamente.

En las ecuaciones anteriores,

$$X_u = 4.293 C \frac{Z_x F_y}{G J} \sqrt{\frac{C_a}{I_y}} = 3.220 X_r, \quad X_r = \frac{4}{3} C \frac{Z_x F_y}{G J} \sqrt{\frac{C_a}{I_y}}$$

En secciones I laminadas o hechas con tres placas soldadas, de proporciones semejantes a las laminadas pueden utilizarse la expresiones simplificadas

$$L_u = \frac{6.55}{X_u} \frac{d r_y}{t} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_u^2}} \quad (3.3.15)$$

$$L_r = \frac{6.55}{X_r} \frac{d r_y}{t} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_r^2}} \quad (3.3.16)$$

donde

$$X_u = 7.7 C \left(\frac{d}{t}\right)^2 \frac{F_y}{E} = 3.220 X_r, \quad X_r = 2.4 C \left(\frac{d}{t}\right)^2 \frac{F_y}{E}$$

d es el peralte de la sección y t el grueso del patín comprimido.

Miembros de sección rectangular, maciza o hueca:

$$L_u = 0.91 \frac{E}{C Z F_y} \sqrt{I_y J} \quad (3.3.17)$$

$$L_r = 2.92 \frac{E}{C Z F_y} \sqrt{I_y J} = 3.22 L_u \quad (3.3.18)$$

b) Para secciones tipo 3 o 4 con dos ejes de simetría y para canales en las que está impedida la rotación alrededor del eje longitudinal, flexionadas alrededor del eje de mayor momento de inercia:

$$\text{Si } M_u \geq \frac{2}{3} M_y,$$

$$M_R = 1.15 F_R M_y \left(1 - \frac{0.28 M_y}{M_u} \right) \quad (3.3.19)$$

pero no mayor que $F_R M_y$ para secciones de tipo 3 ni que el valor dado por la ecuación 3.3.5 o 3.3.6 cuando las almas cumplen los requisitos de las secciones 1, 2 o 3 y los patines son de tipo 4.

$$\text{Si } M_u < \frac{2}{3} M_y,$$

$$M_R = F_R M_u \quad (3.3.20)$$

M_u se calcula con al ecuación 3.3.9 o, cuando sean aplicables, pueden aplicarse las ecuaciones 3.3.10 a 3.3.12. Estas tres ecuaciones pueden emplearse también para las canales, haciendo en ellas $M_{c2} = 0$.

Los límites de aplicación de las diversas ecuaciones se determinan también con las ecuaciones 3.3.13 a 3.3.18, pero al calcular X_u y X_r y al aplicar las ecuaciones 3.3.17 y 3.3.18 a miembros de sección transversal rectangular hueca debe sustituirse Z por S .

Cuando los patines cumplen con los requisitos de las secciones tipo 1, 2 o 3 y las almas son de tipo 4, el momento resistente de diseño no debe exceder el valor obtenido de acuerdo con el inciso 4.5.8 de estas normas.

En miembros de sección transversal en cajón (rectangular hueca) se toma $C_a = 0$.

3.3.3 Resistencia de diseño al cortante.

Este artículo se aplica al alma (o almas, en el caso de miembros de alma múltiple, como las secciones en cajón) de vigas y traveses de sección transversal con dos ejes de simetría, sometidas a fuerzas cortantes alojadas en uno de los planos de simetría, que coincide con el alma cuando ésta es única o es paralelo a ellas en miembros con más de un alma, cuando el diseño queda regido por alguno de los estados límite de resistencia al cortante.

La resistencia de diseño al cortante, V_R , de una viga o trabe de eje recto y de sección transversal constante, de sección I, C o en cajón es,

$$V_R = V_N F_R \quad (3.3.21)$$

$F_R = 0.9$ y V_N es la resistencia nominal, que se determina como se indica a continuación.

Al evaluar V_N se tendrá en cuenta si la sección tiene una o más almas.

$$a) \text{ Si } \frac{h}{t} \leq 1400 \sqrt{\frac{k}{F_y}},$$

$$V_N = 0.66 F_y A_a \quad (3.3.22)$$

El alma falla por cortante en el intervalo de endurecimiento por deformación.

$$b) \text{ Si } 1400 \sqrt{\frac{k}{F_y}} < \frac{h}{t} \leq 1600 \sqrt{\frac{k}{F_y}},$$

$$V_N = \frac{922 \sqrt{F_y k}}{\frac{h}{t}} A_a \quad (3.3.23)$$

La falla es por plastificación del alma por cortante.

$$c) \text{ Si } 1600 \sqrt{\frac{k}{F_y}} < \frac{h}{t} \leq 2000 \sqrt{\frac{k}{F_y}} \quad \text{se consideran dos casos:}$$

c1) Estado límite de iniciación del pandeo del alma

$$V_N = \frac{922 \sqrt{F_y k}}{\frac{h}{t}} A_a \quad (3.3.24)$$

c2) Estado límite de falla por tensión diagonal

$$V_N = \left[\frac{922 \sqrt{F_y k}}{\frac{h}{t}} \left(1 - \frac{0.870}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right) + \frac{0.50 F_y}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] A_a \quad (3.3.25)$$

d) Si $2000 \sqrt{\frac{k}{F_y}} < \frac{h}{t}$ se consideran dos casos:

d1) Estado límite de iniciación del pandeo del alma

$$V_N = \frac{1\ 845\ 000\ k}{\left(\frac{h}{t}\right)^2} A_a \quad (3.3.26)$$

d2) Estado límite de falla por tensión diagonal

$$V_N = \left[\frac{1\ 845\ 000\ k}{\left(\frac{h}{t}\right)^2} \left(1 - \frac{0.870}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right) + \frac{0.50\ F_y}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] A_a \quad (3.3.27)$$

Para poder tomar como estado límite la falla por tensión diagonal (ecs.3.3.25 y 3.3.27) la sección debe tener una sola alma (secciones I laminadas o formadas por placas) y estar reforzada con atiesadores transversales, diseñados de acuerdo con el inciso 4.5.7.

En las expresiones anteriores A_a es el área del alma, igual al producto de su grueso, t , por el peralte total de la sección, d ; h es el peralte del alma (distancia libre entre patines); "a" separación entre atiesadores transversales, y "k" un coeficiente sin dimensiones que se calcula con la ec. 3.3.28. d , h y t se toman en cm, y V_N se obtiene en kg, cuando la sección tiene dos o más almas, A_a es la suma de las áreas de todas ellas.

$$k = 5.0 + \frac{5.0}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3.3.28)$$

k se toma igual a 5.0 cuando la relación $\frac{a}{h}$ es mayor que 3.0 o que

$\left[\frac{260}{\left(\frac{h}{t}\right)^2} \right]^2$, y cuando no se emplean atiesadores. En almas no atiesadas $\frac{h}{t}$ no debe exceder de 260.

3.3.4 Flexión y cortante combinados

Cuando se necesitan atiesadores transversales y el cociente $\frac{V_D}{M_D}$ está comprendido entre los límites

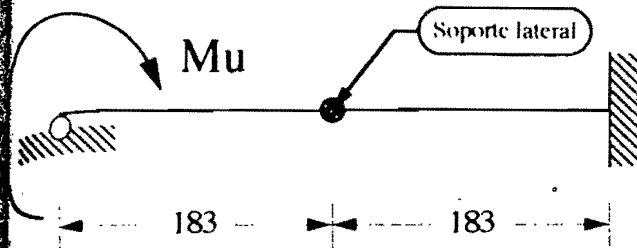
1.33 $\frac{V_R}{M_R} \geq \frac{V_D}{M_D} \geq 0.6 \frac{V_R}{M_R}$, deben satisfacerse las tres condiciones siguientes

$$V_D \leq V_R$$

$$M_D \leq M_R$$

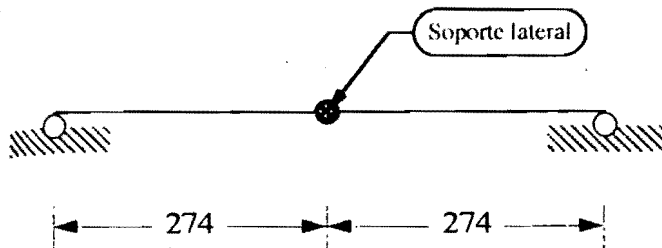
$$0.727 \frac{M_D}{M_R} + 0.455 \frac{V_D}{V_R} \leq 1.0$$

M_R es la resistencia de diseño en flexión, calculada de acuerdo con el inciso 3.3.2.1 o 3.3.2.2, V_R la resistencia de diseño al cortante, inciso 3.3.3, y M_D y V_D son el momento flexionante y la fuerza cortante de diseño.

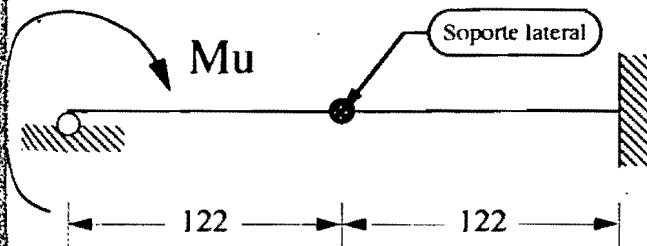
EJEMPLO 6

Revisar una viga W 18X40 sujeta a un momento flexionante uniforme factorizado de 25.44 ton-m estando soportado lateralmente el patín en compresión a cada 183 cm [$C = 1.0$].

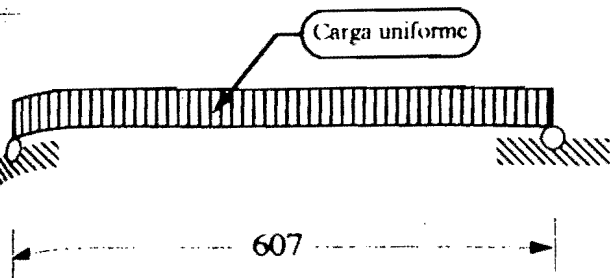
NOTA: ver las condiciones de apoyo y las características geométricas en el archivo de datos o en los resultados.

EJEMPLO 7

Determinar la capacidad de momento flexionante de una viga W 16X40 para acero A36 y A50, estando soportado lateralmente el patín en compresión a cada 274 cm [$C = 1.0$].

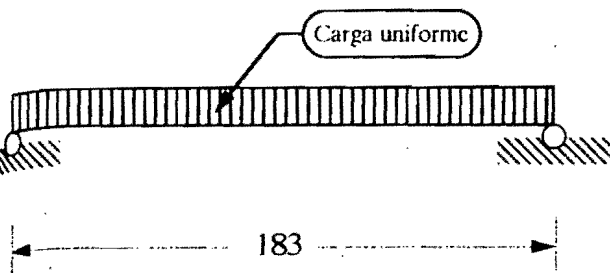
EJEMPLO 8

Revisar una viga W 8X10 de acero A50 sujeta a un momento flexionante uniforme y factorizado de 4.15 ton-m estando soportado lateralmente el patín en compresión a cada 122 cm [$C = 1.0$].

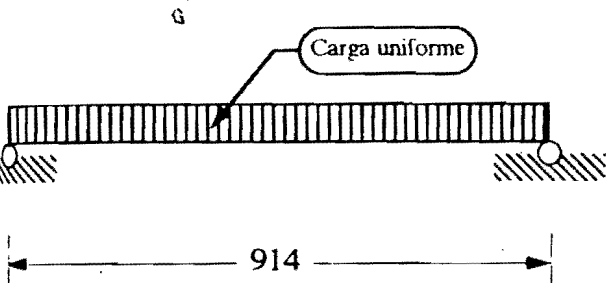
EJEMPLO 9

Revisar una viga W 16X45 libremente apoyada en ambos extremos sujeta a un momento flexionante factorizado de 30.76 ton-m. Claro de la viga 607 cm.

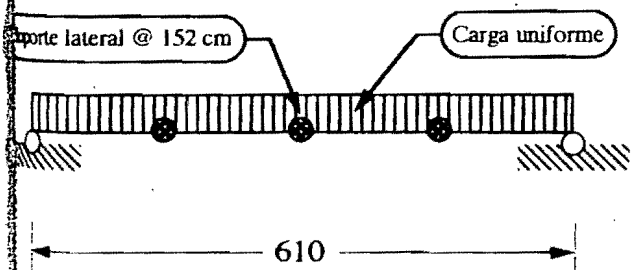
NOTA: ver las condiciones de apoyo y las características geométricas en el archivo de datos o en los resultados.

EJEMPLO 10

Revisar una viga W 10X45 libremente apoyada en ambos extremos sujeta a un momento flexionante factorizado de 13.23 ton-m. Claro de la viga 183 cm.

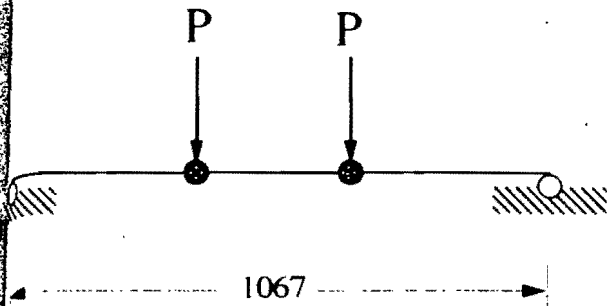
EJEMPLO 11

Revisar una viga W 18X71 libremente apoyada en ambos extremos sujeta a un momento flexionante factorizado de 50.05 ton-m. Claro de la viga 914 cm.

EJEMPLO 12

Revisar una viga W 24X55 libremente apoyada en ambos extremos sujeta a un momento flexionante factorizado de 30.69 ton-m. Claro de la viga 610 cm.

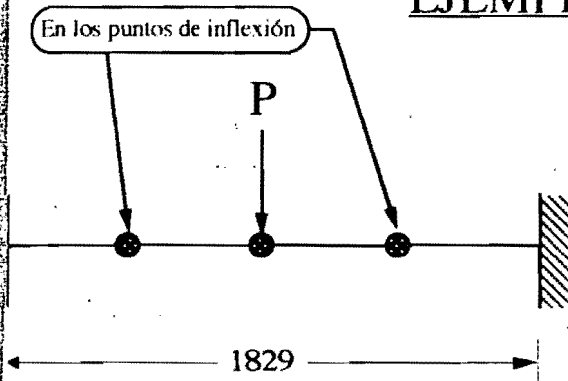
EJEMPLO 13



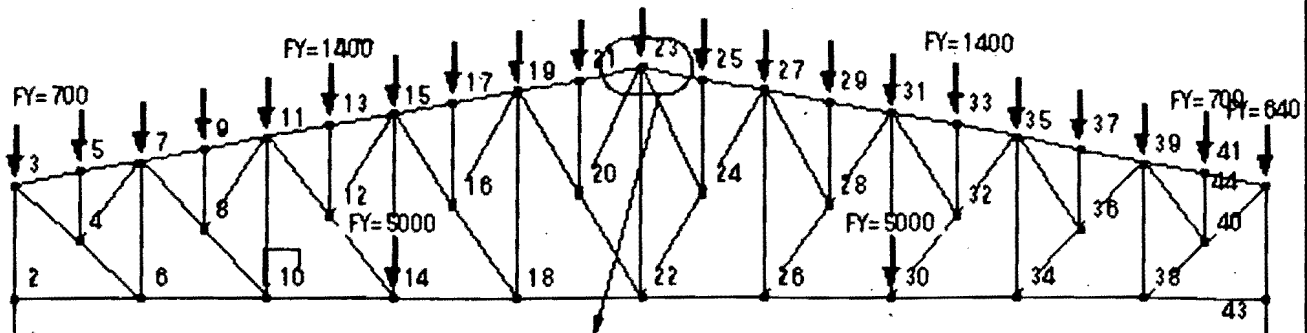
Determinar la capacidad de momento flexionante de una viga W 21X68 para acero A36 estando soportado lateralmente el patín en compresión a cada 457 cm [$C = 1.0$].

NOTA: ver las condiciones de apoyo y las características geométricas en el archivo de datos o en los resultados.

EJEMPLO 14

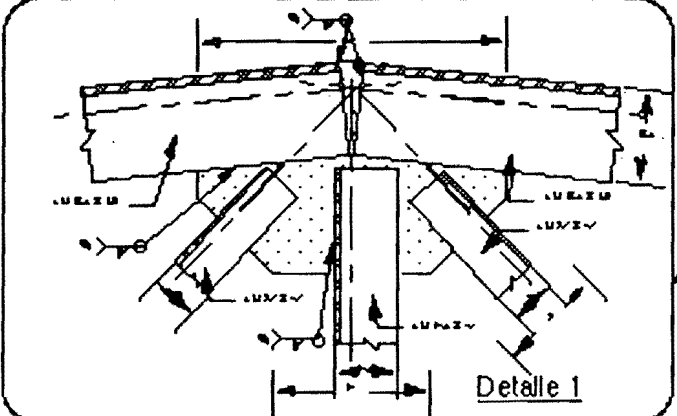


Determinar la capacidad de momento flexionante de una viga W 21X62 para acero A36 estando soportado lateralmente el patín en compresión a 457 cm.



Acero 92
 COPYRIGHT ING. JUAN
 ALDASORO ROBLES
 10 DE MAYO DE 1992 V2.0

Comenzar

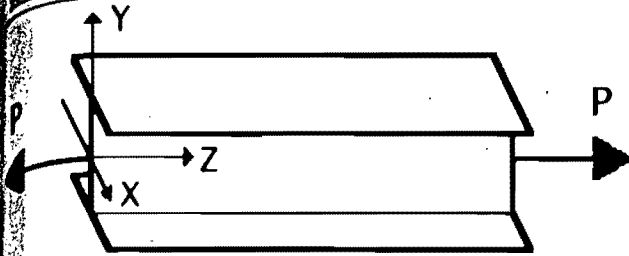


Captura de datos para el programa Acero 92

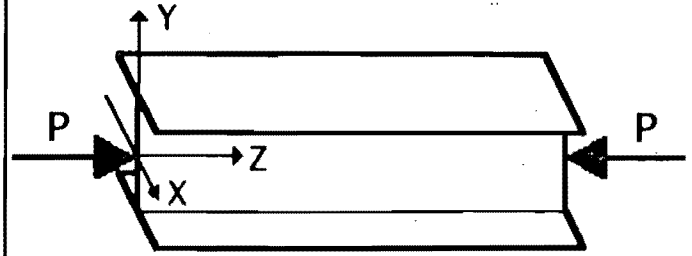
- ¿Nombre del archivo de datos? Flexión
- ¿Comentario general?
- Datos para elementos trabajando en flexión.

Seleccione un miembro:

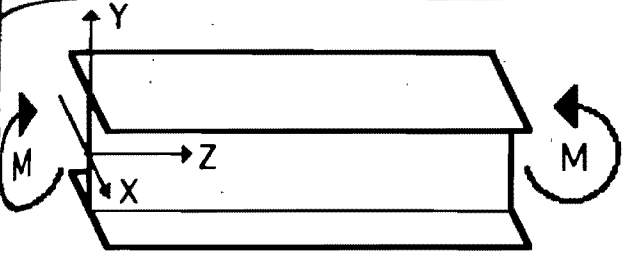
Fin de la captura de datos



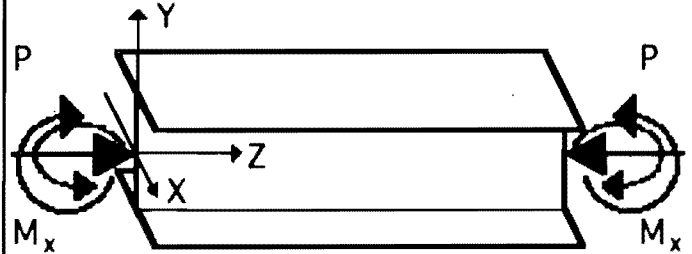
Miembro en [Tensión]



Miembro en [Compresión]



Miembro en [Flexión]



Miembro en [Flexocompresión]

© (C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R.

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento: **Viga 1**

Menor de los mom. en los extremos del tramo (M1):

Mayor de los mom. en los extremos del tramo (M2):

Momento último de diseño (Mu):

Fuerza cortante de diseño (Vu):

Longitud libre de la viga (L):

Esfuerzo de fluencia del acero (Fy):

Módulo de elasticidad del acero (E):

Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante (G):

OK



(C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R.

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Peralte total de la sección (d): Espesor del alma (tw): Ancho del patín (bf): Espesor del patín (tf): Peralte del alma de la sección (T): Momento de inercia X (Ix): Módulo de sección X (Sx): Módulo de sección plástico X (Zx): Radio de giro X (rx):

OK



Papelería

Macintosh HD

(C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R.

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Momento de inercia Y (Iy): Módulo de sección Y (Sy): Módulo de sección plástico Y (Zy): Radio de giro Y (ry): Constante de torsión de Saint Venant (J): Constante de torsión por alabeo (Ca o Cw):

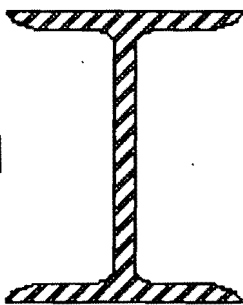
OK



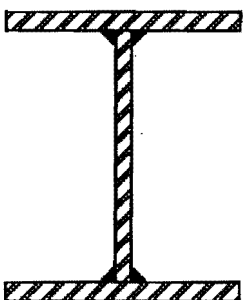
HD

Seleccione una opción:

	Símbolo	Sección	Abreviatura
<input type="checkbox"/>	T	Tee	T
<input type="checkbox"/>	I	I o H	I
<input type="checkbox"/>	O	Circular	O
<input type="checkbox"/>	C	Canal	C
<input type="checkbox"/>	□	Rectangular	R
<input type="checkbox"/>	L	Angulo	A

Seleccione una sección:**[LAMINADO]**

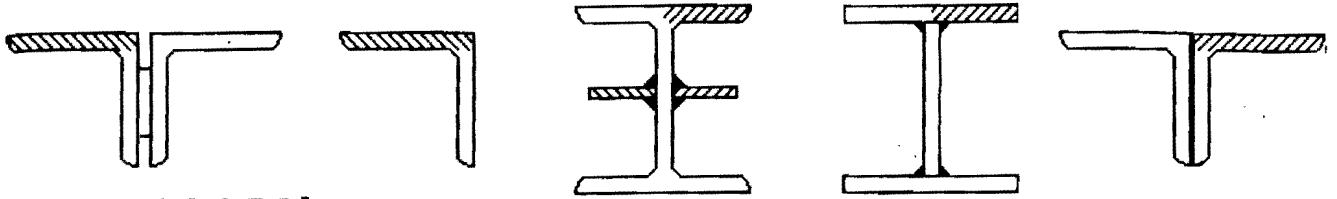
Columna de sección transversal H o I, laminadas o hechas con tres placas soldadas obtenidas cortándolas con oxígeno de placas más anchas, y columnas de sección transversal hueca, laminadas o hechas con cuatro placas soldadas.

**[SOLDADO]**

Columna de sección transversal H o I, hechas con tres placas laminadas soldadas entre sí.

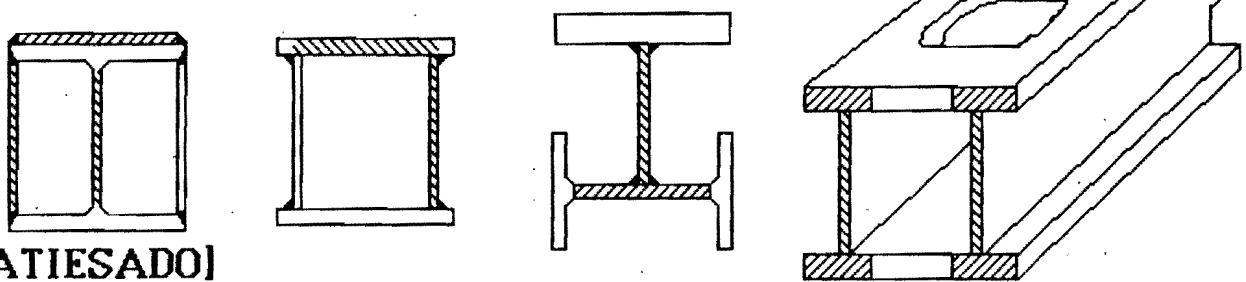
Tipo de elemento:

ELEMENTO PLANO NO ATIESADO. El elemento está soportado a lo largo de uno solo de los bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.



[NOATIESADO]

ELEMENTO PLANO ATIESADO. El elemento está soportado a lo largo de dos bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.

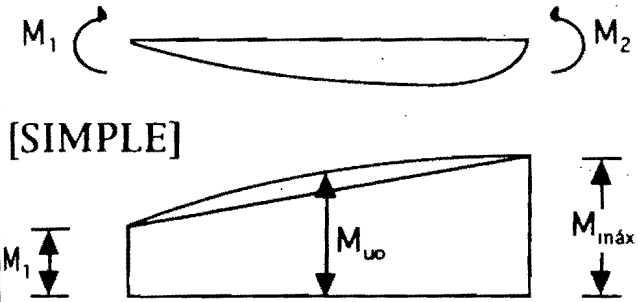


[ATIESADO]

Seleccione una curvatura:

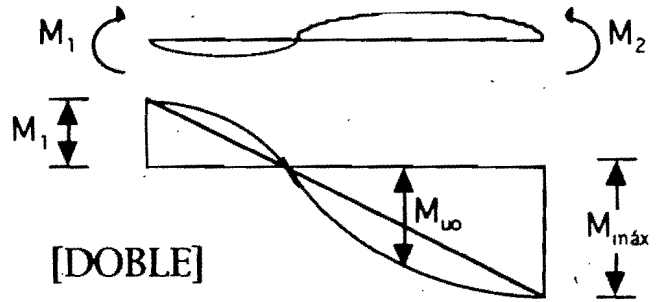
Eje X

Flexión en curvatura simple $M_{uo} \leq M_{m\acute{a}x}$



[SIMPLE]

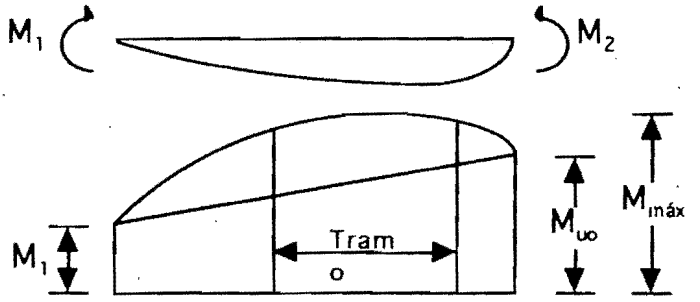
Flexión en curvatura doble $M_{uo} \leq M_{m\acute{a}x}$



[DOBLE]

El momento flexionante en cualquier sección dentro del tramo no soportado lateralmente es mayor que M_2 , o cuando el patin no está soportado lateralmente de manera efectiva en uno de los extremos del tramo.

[OTRA]



ARCHIVO DE DATOS

Comentario general:
Ejemplos de flexión.

Solicitud del elemento:

FLEXION

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

W18x40 Ejemplo 6. Ejemplo 1 del Manual LRFD pág. 3-10.

Sección	Proceso	Elemento	Curvatura X		
I	LAMINADO	NOATIESADO	OTRA		
	M1	M2	Muo	Vu	
0.000E5	0.000E5	25.440E5	6.950E3		
	L	Fy	E	G	
183	2530	2039000	784000		
	d	tw	bf	tf	T
45.5	0.80	15.3	1.33	39.4	
	Ix	Sx	Zx	rx	
25473	1121	1285	18.3		
	Iy	Sy	Zy	ry	
795	104	163	3.20		
	J	Ca			
33.7	386692				

Solicitud del elemento:

FLEXION

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

W16x40 Ejemplo 7 A36. Ejemplo 2 del Manual LRFD pág. 3-11.

Sección	Proceso	Elemento	Curvatura X		
I	LAMINADO	NOATIESADO	OTRA		
	M1	M2	Muo	Vu	
0.000E5	0.000E5	0.000E5	0.000E3		
	L	Fy	E	G	
274	2530	2039000	784000		
	d	tw	bf	tf	T
45.5	7.8	17.8	1.280	34.6	
	Ix	Sx	Zx	rx	
21561	1060	1195	16.8		
	Iy	Sy	Zy	ry	
1203	135	208	4.0		
	J	Ca			
32.9	464567				

Solicitud del elemento:

FLEXION

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

W16x40 Ejemplo 7 A50. Ejemplo 2 del Manual LRFD pág. 3-11.

Sección	Proceso	Elemento	Curvatura X		
I	LAMINADO	NOATIESADO	OTRA		
	M1	M2	Muo	Vu	
0.000E5	0.000E5	0.000E5	0.000E3		
	L	Fy	E	G	
274	3514	2039000	784000		
	d	tw	bf	tf	T
45.5	7.8	17.8	1.28	34.6	
	Ix	Sx	Zx	rx	

21561	1060	1195	16.8
Iy	Sy	Zy	ry
1203	135	208	4.0
J	Ca		
32.9	464567		

Solicitud del elemento:

FLEXION

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

W8x10 Ejemplo 8. Ejemplo 3 del Manual LRFD pág. 3-12.

Sección	Proceso	Elemento	Curvatura X	
I	LAMINADO	NOATIESADO	OTRA	
	M1	M2	Muo	Vu
0.000E5	0.000E5	4.150E5	0.000E3	
	L	Fy	E	G
122	3514	2039000	784000	
	d	tw	bf	tf
20.0	0.43	10.0	0.52	16.9
	Ix	Sx	Zx	rx
1282	128	145	8.2	
	Iy	Sy	Zy	ry
87	17	27	2.1	
	J	Ca		
1.7	8298			

Solicitud del elemento:

FLEXION

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

W16x45 Ejemplo 9. Ejemplo 1 del Manual LRFD pág. 3-27.

Sección	Proceso	Elemento	Curvatura X	
I	LAMINADO	NOATIESADO	SIMPLE	
	M1	M2	Muo	Vu
0.000E5	0.000E5	30.760E5	0.000E3	
	L	Fy	E	G
607	2530	2039000	7840008	
	d	tw	bf	tf
41	0.88	17.9	1.44	34.6
	Ix	Sx	Zx	rx
24391	1191	1349	16.9	
	Iy	Sy	Zy	ry
1365	153	238	4.0	
	J	Ca		
46.2	534386			

Solicitud del elemento:

FLEXION

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

W10x45 Ejemplo 10. Ejemplo 2 del Manual LRFD pág. 3-27.

Sección	Proceso	Elemento	Curvatura X	
I	LAMINADO	NOATIESADO	SIMPLE	
	M1	M2	Muo	Vu
0.000E5	0.000E5	13.230E5	0.000E3	
	L	Fy	E	G
183	2530	2039000	784000	
	d	tw	bf	tf
25.7	0.89	20.2	1.1	19.3
	Ix	Sx	Zx	rx
10323	805	900	11.00	

Iy	Sy	Zy	ry
2223	218	333	5.1
J	Ca		
62.9	322243		

Solicitud del elemento:

FLEXION

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

W18x71 Ejemplo 11. Ejemplo 3 del Manual LRFD pág. 3-27.

Sección	Proceso	Elemento	Curvatura X		
I	LAMINADO	NOATIESADO	SIMPLE		
	M1	M2	Muo	Vu	
0.000E5	0.000E5	50.050E5	0.000E3		
	L	Fy	E	G	
914	2530	2039000	784000		
	d	tw	bf	tf	T
46.9	1.26	19.4	2.06		39.3
	Ix	Sx	Zx	rx	
48699	2081	2376	19.1		
	Iy	Sy	Zy	ry	
2510	259	405	4.3		
	J	Ca			
145	12621190				

Solicitud del elemento:

FLEXION

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

W24x55 Ejemplo 12. Ejemplo 4 del Manual LRFD pág. 3-28.

Sección	Proceso	Elemento	Curvatura X		
I	LAMINADO	NOATIESADO	SIMPLE		
	M1	M2	Muo	Vu	
0.000E5	0.000E5	30.690E5	0.000E3		
	L	Fy	E	G	
610	2530	2039000	784000		
	d	tw	bf	tf	T
59.9	1.0	17.8	1.28		53.2
	Ix	Sx	Zx	rx	
56191	1868	2196	23.1		
	Iy	Sy	Zy	ry	
1211	136	218	3.4		
	J	Ca			
49.0	1039233				

Solicitud del elemento:

FLEXION

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

W21x68 Ejemplo 13. Ejemplo 1 del Manual LRFD pág. 3-55.

Sección	Proceso	Elemento	Curvatura X		
I	LAMINADO	NOATIESADO	OTRA		
	M1	M2	Muo	Vu	
0.000E5	0.000E5	0.000E5	0.000E3		
	L	Fy	E	G	
457	2530	2039000	784000		
	d	tw	bf	tf	T
53.7	1.09	21.0	1.74		46.4
	Ix	Sx	Zx	rx	
61602	2294	2622	21.8		
	Iy	Sy	Zy	ry	

2693 257 400 4.6
 J Ca
 102 1815302

Solicitud del elemento:

FLEXION

Datos para elementos trabajando en flexión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

W21x62 Ejemplo 14. Ejemplo 2 del Manual LRFD pág. 3-55.

Sección	Proceso	Elemento	Curvatura X		
I	LAMINADO	NOATIESADO	DOBLE		
	M1	M2	Muo	Vu	
	0.001E5	0.001E5	0.000E5	0.000E3	
	L	Fy	E	G	
	457	2530	2039000	784000	
	d	tw	bf	tf	T
	53.7	1.02	20.9	1.56	46.3
	Ix	Sx	Zx	rx	
	55359	2081	2360	21.7	
	Iy	Sy	Zy	ry	
	2393	228	356	4.5	
	J	Ca			
	76.2	1600474			

Solicitud del elemento:

FIN

NOTA: Las definiciones de las abreviaturas están determinadas en las páginas anteriores.

ARCHIVO DE RESULTADOS

Programa para diseñar elementos de acero
cumpliendo con las Normas del RCDF.

(C) COPYRIGHT 28 de febrero de 1992 V1.0
Por Ing. Juan Aldasoro Robles
ALL RIGHTS RESERVED

Archivo de datos: Flexión
Archivo de resultados: Flexión Res

Hora: 19:22:51
Fecha: 7/ 5/92

Comentario general:
Ejemplos de flexión.

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXION
Nombre del elemento: W18x40 Ejemplo 6. Ejemplo 1 del Manual LRFD pág. 3-10.
Sección: I
Proceso de fabricación: LAMINADO
Elemento plano: NOATIESADO
Curvatura en que se flexiona el elemento en X: OTRA
Menor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
Mayor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
Momento último de diseño: 25.440 E5
Fuerza cortante de diseño: 6.950 E3
Longitud libre de la viga: 183.00
Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
Peralte total de la sección: 45.50
Espesor del alma: .80
Ancho del patín: 15.30
Espesor del patín: 1.33
Peralte del alma de la sección: 39.40
Momento de inercia X: 25473.00
Módulo de sección X: 1121.00
Módulo de sección plástico X: 1285.00
Radio de giro X: 18.30
Momento de inercia Y: 795.00
Módulo de sección Y: 104.00
Módulo de sección plástico Y: 163.00
Radio de giro Y: 3.20
Constante de torsión de Saint Venant: 33.70
Constante de torsión por alabeo: 386692.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Longitud máxima Lu: 234.7
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico Lp: 320.00
 Momento elástico X: 28.361E5
 Momento elástico Y: 2.631E5
 Momento plástico X: 32.510E5
 Momento plástico Y: 4.124E5
 Miembro soportado lateralmente (L<=Lu).
 Resistencia de diseño en flexión:
 El elemento sí resiste la flexión.
 Resistencia [MR]: 29.259E5

 Resistencia de diseño a fuerza cortante:
 El elemento sí resiste la fuerza cortante.
 Resistencia [VR]: 47.369E3

DATOS:

Solicitación del elemento: FLEXION
 Nombre del elemento: W16x40 Ejemplo 7 A36. Ejemplo 2 del Manual LRFD pág. 3-11.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Curvatura en que se flexiona el elemento en X: OTRA
 Menor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Mayor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Momento último de diseño: .000 E5
 Fuerza cortante de diseño: .000 E3
 Longitud libre de la viga: 274.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
 Peralte total de la sección: 45.50
 Espesor del alma: 7.80
 Ancho del patín: 17.80
 Espesor del patín: 1.28
 Peralte del alma de la sección: 34.60
 Momento de inercia X: 21561.00
 Módulo de sección X: 1060.00
 Módulo de sección plástico X: 1195.00
 Radio de giro X: 16.80
 Momento de inercia Y: 1203.00
 Módulo de sección Y: 135.00
 Módulo de sección plástico Y: 208.00
 Radio de giro Y: 4.00
 Constante de torsión de Saint Venant: 32.90
 Constante de torsión por alabeo: 464567.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Longitud máxima Lu: 284.8
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico Lp: 400.00
 Momento elástico X: 26.818E5
 Momento elástico Y: 3.415E5
 Momento plástico X: 30.233E5
 Momento plástico Y: 5.262E5

Miembro soportado lateralmente ($L \leq L_u$).

Resistencia de diseño en flexión:

El elemento sí resiste la flexión.

Resistencia [MR]: 27.210E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:

El elemento sí resiste la fuerza cortante.

Resistencia [VR]: 405.581E3

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXION

Nombre del elemento: W16x40 Ejemplo 7 A50. Ejemplo 2 del Manual LRFD pág. 3-11.

Sección: I

Proceso de fabricación: LAMINADO

Elemento plano: NOATIESADO

Curvatura en que se flexiona el elemento en X: OTRA

Menor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5

Mayor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5

Momento último de diseño: .000 E5

Fuerza cortante de diseño: .000 E3

Longitud libre de la viga: 274.00

Esfuerzo de fluencia del acero: 3514.

Módulo de elasticidad del acero: 2039000.

Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.

Peralte total de la sección: 45.50

Espesor del alma: 7.80

Ancho del patín: 17.80

Espesor del patín: 1.28

Peralte del alma de la sección: 34.60

Momento de inercia X: 21561.00

Módulo de sección X: 1060.00

Módulo de sección plástico X: 1195.00

Radio de giro X: 16.80

Momento de inercia Y: 1203.00

Módulo de sección Y: 135.00

Módulo de sección plástico Y: 208.00

Radio de giro Y: 4.00

Constante de torsión de Saint Venant: 32.90

Constante de torsión por alabeo: 464567.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1

Clasificación del patín: Tipo 1

Clasificación de toda la sección: Tipo 1

Sección para diseño plástico.

Longitud máxima L_u : 238.2

Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico L_p : 287.99

Momento elástico X: 37.248E5

Momento elástico Y: 4.744E5

Momento plástico X: 41.992E5

Momento plástico Y: 7.309E5

Miembro no soportado lateralmente ($L > L_u$).

Longitud máxima para L_r : 463.0

Resistencia de diseño en flexión:

El elemento sí resiste la flexión.

Resistencia [MR]: 36.122E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:

El elemento sí resiste la fuerza cortante.

Resistencia [VR]: 563.325E3

DATOS:

Solicitación del elemento: FLEXION
 Nombre del elemento: W8x10 Ejemplo 8. Ejemplo 3 del Manual LRFD pág. 3-12.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Curvatura en que se flexiona el elemento en X: OTRA
 Menor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Mayor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Momento último de diseño: 4.150 E5
 Fuerza cortante de diseño: .000 E3
 Longitud libre de la viga: 122.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 3514.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Peralte total de la sección: 20.00
 Espesor del alma: .43
 Ancho del patín: 10.00
 Espesor del patín: .52
 Peralte del alma de la sección: 16.90
 Momento de inercia X: 1282.00
 Módulo de sección X: 128.00
 Módulo de sección plástico X: 145.00
 Radio de giro X: 8.20
 Momento de inercia Y: 87.00
 Módulo de sección Y: 17.00
 Módulo de sección plástico Y: 27.00
 Radio de giro Y: 2.10
 Constante de torsión de Saint Venant: 1.70
 Constante de torsión por alabeo: 8298.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 3
 Clasificación de toda la sección: Tipo 3
 Sección no compacta.
 Longitud máxima Lu: 129.0
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico Lp: 151.20
 Momento elástico X: 4.498E5
 Momento elástico Y: .597E5
 Momento plástico X: 5.095E5
 Momento plástico Y: .949E5
 Miembro soportado lateralmente ($L \leq L_u$).
 Resistencia de diseño en flexión:
 El elemento sí resiste la flexión.
 Resistencia [MR]: 4.586E5

 Resistencia de diseño a fuerza cortante:
 El elemento sí resiste la fuerza cortante.
 Resistencia [VR]: 15.169E3

DATOS:

Solicitación del elemento: FLEXION
 Nombre del elemento: W16x45 Ejemplo 9. Ejemplo 1 del Manual LRFD pág. 3-27.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Curvatura en que se flexiona el elemento en X: SIMPLE
 Menor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Mayor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Momento último de diseño: 30.760 E5
 Fuerza cortante de diseño: .000 E3

Longitud libre de la viga: 607.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 7840008.
 Peralte total de la sección: 41.00
 Espesor del alma: .88
 Ancho del patín: 17.90
 Espesor del patín: 1.44
 Peralte del alma de la sección: 34.60
 Momento de inercia X: 24391.00
 Módulo de sección X: 1191.00
 Módulo de sección plástico X: 1349.00
 Radio de giro X: 16.90
 Momento de inercia Y: 1365.00
 Módulo de sección Y: 153.00
 Módulo de sección plástico Y: 238.00
 Radio de giro Y: 4.00
 Constante de torsión de Saint Venant: 46.20
 Constante de torsión por alabeo: 534386.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Longitud máxima Lu: 736.9
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico Lp: 400.00
 Momento elástico X: 30.132E5
 Momento elástico Y: 3.871E5
 Momento plástico X: 34.130E5
 Momento plástico Y: 6.021E5
 Miembro soportado lateralmente ($L \leq L_u$).
 Resistencia de diseño en flexión:
 !!!El elemento no resiste la flexión!!!
 Resistencia [MR]: 30.717E5

 Resistencia de diseño a fuerza cortante:
 El elemento sí resiste la fuerza cortante.
 Resistencia [VR]: 45.758E3

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXION
 Nombre del elemento: W10x45 Ejemplo 10. Ejemplo 2 del Manual LRFD pág. 3-27.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Curvatura en que se flexiona el elemento en X: SIMPLE
 Menor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Mayor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Momento último de diseño: 13.230 E5
 Fuerza cortante de diseño: .000 E3
 Longitud libre de la viga: 183.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
 Peralte total de la sección: 25.70
 Espesor del alma: .89
 Ancho del patín: 20.20
 Espesor del patín: 1.10
 Peralte del alma de la sección: 19.30
 Momento de inercia X: 10323.00
 Módulo de sección X: 805.00

Módulo de sección plástico X: 900.00
 Radio de giro X: 11.00
 Momento de inercia Y: 2223.00
 Módulo de sección Y: 218.00
 Módulo de sección plástico Y: 333.00
 Radio de giro Y: 5.10
 Constante de torsión de Saint Venant: 62.90
 Constante de torsión por alabeo: 322243.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 2
 Clasificación de toda la sección: Tipo 2
 Sección compacta.
 Longitud máxima Lu: 593.5
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico Lp: 510.00
 Momento elástico X: 20.366E5
 Momento elástico Y: 5.515E5
 Momento plástico X: 22.770E5
 Momento plástico Y: 8.425E5
 Miembro soportado lateralmente ($L \leq L_u$).
 Resistencia de diseño en flexión:
 El elemento sí resiste la flexión.
 Resistencia [MR]: 20.493E5
 Resistencia de diseño a fuerza cortante:
 El elemento sí resiste la fuerza cortante.
 Resistencia [VR]: 25.814E3

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXION
 Nombre del elemento: W18x71 Ejemplo 11. Ejemplo 3 del Manual LRFD pág. 3-27.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Curvatura en que se flexiona el elemento en X: SIMPLE
 Menor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Mayor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Momento último de diseño: 50.050 E5
 Fuerza cortante de diseño: .000 E3
 Longitud libre de la viga: 914.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
 Peralte total de la sección: 46.90
 Espesor del alma: 1.26
 Ancho del patín: 19.40
 Espesor del patín: 2.06
 Peralte del alma de la sección: 39.30
 Momento de inercia X: 48699.00
 Módulo de sección X: 2081.00
 Módulo de sección plástico X: 2376.00
 Radio de giro X: 19.10
 Momento de inercia Y: 2510.00
 Módulo de sección Y: 259.00
 Módulo de sección plástico Y: 405.00
 Radio de giro Y: 4.30
 Constante de torsión de Saint Venant: 145.00
 Constante de torsión por alabeo: 12621190.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Longitud máxima Lu: 716.2
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico Lp: 430.00
 Momento elástico X: 52.649E5
 Momento elástico Y: 6.553E5
 Momento plástico X: 60.113E5
 Momento plástico Y: 10.247E5
 Miembro no soportado lateralmente ($L > Lu$).
 Longitud máxima para Lr: 1437.6
 Resistencia de diseño en flexión:
 !!!El elemento no resiste la flexión!!!
 Resistencia [MR]: 44.901E5

 Resistencia de diseño a fuerza cortante:
 El elemento sí resiste la fuerza cortante.
 Resistencia [VR]: 74.417E3

DATOS:

Solicitación del elemento: FLEXION
 Nombre del elemento: W24x55 Ejemplo 12. Ejemplo 4 del Manual LRFD pág. 3-28.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Curvatura en que se flexiona el elemento en X: SIMPLE
 Menor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Mayor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Momento último de diseño: 30.690 E5
 Fuerza cortante de diseño: .000 E3
 Longitud libre de la viga: 610.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
 Peralte total de la sección: 59.90
 Espesor del alma: 1.00
 Ancho del patín: 17.80
 Espesor del patín: 1.28
 Peralte del alma de la sección: 53.20
 Momento de inercia X: 56191.00
 Módulo de sección X: 1868.00
 Módulo de sección plástico X: 2196.00
 Radio de giro X: 23.10
 Momento de inercia Y: 1211.00
 Módulo de sección Y: 136.00
 Módulo de sección plástico Y: 218.00
 Radio de giro Y: 3.40
 Constante de torsión de Saint Venant: 49.00
 Constante de torsión por alabeo: 1039233.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Longitud máxima Lu: 330.6
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico Lp: 340.00
 Momento elástico X: 47.260E5
 Momento elástico Y: 3.441E5
 Momento plástico X: 55.559E5

Momento plástico Y: 5.515E5
 Miembro no soportado lateralmente ($L > L_u$).
 Longitud máxima para L_r : 655.5
 Resistencia de diseño en flexión:
 El elemento sí resiste la flexión.
 Resistencia [MR]: 33.314E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:
 El elemento sí resiste la fuerza cortante.
 Resistencia [VR]: 79.950E3

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXION
 Nombre del elemento: W21x68 Ejemplo 13. Ejemplo 1 del Manual LRFD pág. 3-55.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Curvatura en que se flexiona el elemento en X: OTRA
 Menor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Mayor de los momentos en los extremos del tramo: .000 E5
 Momento último de diseño: .000 E5
 Fuerza cortante de diseño: .000 E3
 Longitud libre de la viga: 457.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
 Peralte total de la sección: 53.70
 Espesor del alma: 1.09
 Ancho del patín: 21.00
 Espesor del patín: 1.74
 Peralte del alma de la sección: 46.40
 Momento de inercia X: 61602.00
 Módulo de sección X: 2294.00
 Módulo de sección plástico X: 2622.00
 Radio de giro X: 21.80
 Momento de inercia Y: 2693.00
 Módulo de sección Y: 257.00
 Módulo de sección plástico Y: 400.00
 Radio de giro Y: 4.60
 Constante de torsión de Saint Venant: 102.00
 Constante de torsión por alabeo: 1815302.00



DEPI

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Longitud máxima L_u : 331.8
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico L_p : 460.00
 Momento elástico X: 58.038E5
 Momento elástico Y: 6.502E5
 Momento plástico X: 66.337E5
 Momento plástico Y: 10.120E5
 Miembro no soportado lateralmente ($L > L_u$).
 Longitud máxima para L_r : 669.1
 Resistencia de diseño en flexión:
 El elemento sí resiste la flexión.
 Resistencia [MR]: 52.978E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:
 El elemento sí resiste la fuerza cortante.
 Resistencia [VR]: 76.007E3

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXION
Nombre del elemento: W21x62 Ejemplo 14. Ejemplo 2 del Manual LRFD pág. 3-55.
Sección: I
Proceso de fabricación: LAMINADO
Elemento plano: NOATIESADO
Curvatura en que se flexiona el elemento en X: DOBLE
Menor de los momentos en los extremos del tramo: .001 E5
Mayor de los momentos en los extremos del tramo: .001 E5
Momento último de diseño: .000 E5
Fuerza cortante de diseño: .000 E3
Longitud libre de la viga: 457.00
Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
Peralte total de la sección: 53.70
Espesor del alma: 1.02
Ancho del patín: 20.90
Espesor del patín: 1.56
Peralte del alma de la sección: 46.30
Momento de inercia X: 55359.00
Módulo de sección X: 2081.00
Módulo de sección plástico X: 2360.00
Radio de giro X: 21.70
Momento de inercia Y: 2393.00
Módulo de sección Y: 228.00
Módulo de sección plástico Y: 356.00
Radio de giro Y: 4.50
Constante de torsión de Saint Venant: 76.20
Constante de torsión por alabeo: 1600474.00

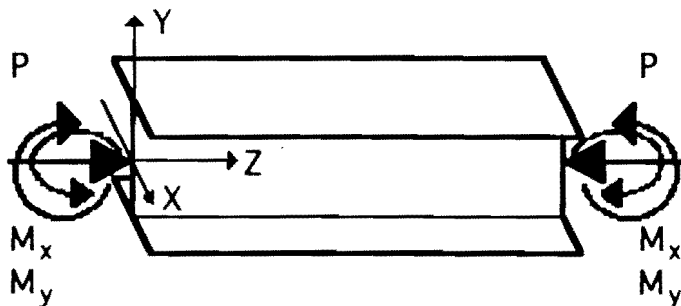
RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
Clasificación del patín: Tipo 1
Clasificación de toda la sección: Tipo 1
Sección para diseño plástico.
Longitud máxima Lu: 867.0
Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico Lp: 450.00
Momento elástico X: 52.649E5
Momento elástico Y: 5.768E5
Momento plástico X: 59.708E5
Momento plástico Y: 9.007E5
Miembro soportado lateralmente ($L \leq L_u$).
Resistencia de diseño en flexión:
El elemento sí resiste la flexión.
Resistencia [MR]: 53.737E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:
El elemento sí resiste la fuerza cortante.
Resistencia [VR]: 70.972E3

Fin de la ejecución del programa.

Miembros en Flexocompresión



Capítulo U

Miembros en flexocompresión

A. Disposiciones para diseño

3.4 Miembros flexocomprimidos

En esta sección se estudia el diseño de miembros de eje recto y sección transversal constante, con dos ejes de simetría, sujetos a compresión y a flexión producida por momentos que obran alrededor de alguno de los ejes de simetría. Se designan, indistintamente, con las palabras, "columnas" o "elemento flexocomprimido".

Para los fines de esta sección, las estructuras de las que forman parte los elementos flexocomprimidos se clasifican en "regulares" e "irregulares".

Una estructura "regular" se caracteriza porque está formada por un conjunto de marcos planos, provistos o no de contraventeo vertical, con o sin muros de rigidez, paralelos o casi paralelos, ligados entre sí, en todos sus niveles, por sistemas de piso de resistencia y rigidez suficiente para obligar a que todos los marcos y los muros trabajen en conjunto para soportar las fuerzas laterales, producidas por viento o sismo, y para proporcionar a la estructura la rigidez lateral necesaria para evitar problemas de pandeo de conjunto bajo cargas verticales. Además, todos los marcos planos deben tener características geométricas semejantes y todas las columnas de cada entrepiso deben ser de la misma altura, aunque ésta varíe de un entrepiso a otro.

Una estructura se considera "irregular" cuando los elementos que la componen no constituyen marcos planos, cuando éstos no pueden considerarse paralelos entre sí, cuando los sistemas de piso no tienen resistencia o rigidez adecuadas, cuando zonas importantes de los entrepisos carecen de diafragmas horizontales, cuando la geometría de los marcos planos difiere sustancialmente de unos a otros, cuando las alturas de las columnas que forman parte de un entrepiso son apreciablemente diferentes, o cuando se presentan simultáneamente dos o más de estas condiciones.

Una construcción puede ser regular en una dirección e irregular en la otra.

La mayor parte de los edificios urbanos, de departamentos y oficinas, tienen estructuras regulares. Son irregulares las estructuras de muchos salones de espectáculos (cines, teatros, auditorios) y de buena parte de las construcciones fabriles.

En los incisos 3.4.3 y 3.4.4 se indica cómo dimensionar columnas que forman parte, respectivamente, de estructuras regulares y de estructuras irregulares.

3.4.1 Métodos de análisis y diseño

Los elementos mecánicos de diseño pueden obtenerse por medio de un análisis de primer orden, basado en la geometría inicial de la estructura, o con un análisis de segundo orden, donde se toman en cuenta, como mínimo, los incrementos de las fuerzas internas producidos por las cargas verticales al actuar sobre la estructura deformada y, cuando sean significativos, la influencia de la fuerza axial en las rigideces y factores de transporte de las columnas y en los momentos de empotramiento, así como los efectos de plastificación parcial de la estructura. Toda estructura puede analizarse utilizando cualquiera de los métodos indicados. En el inciso 3.4.3.5 se da un procedimiento aproximado para efectuar el análisis de segundo orden para estructuras regulares.

Los factores que no se consideran en el análisis se incluyen, de manera indirecta, en las fórmulas de diseño, por lo que los métodos de diseño de elementos flexocomprimidos dependen del tipo de análisis que se haya efectuado. La dificultad del diseño está, en general, en razón inversa a la precisión del análisis.

3.4.2 Estados límite

En el diseño de elementos flexocomprimidos deben considerarse los siguientes estados límite de falla:

- ◆ Pandeo de conjunto de un entrepiso, bajo carga vertical.
- ◆ Pandeo individual de una o más columnas, bajo carga vertical.
- ◆ Inestabilidad de conjunto de un entrepiso, bajo cargas verticales verticales y horizontales combinadas.
- ◆ Falla individual de una o más columnas, bajo cargas verticales y horizontales combinadas, por inestabilidad o porque se agote la resistencia de alguna de sus secciones extremas.
- ◆ Pandeo local.

Debe considerarse también un estado límite de servicio, de deformaciones laterales de entrepiso, que dependen, en buena parte, de las características de las columnas.

3.4.3 Dimensionamiento de columnas que forman parte estructuras regulares

Los miembros flexocomprimidos que forman parte de estructuras regulares se dimensionan de manera que cumplan con los requisitos que se indican a continuación.

En todos los casos debe revisarse la resistencia de las dos zonas extremas y de la columna completa, incluyendo efectos de segundo orden. Las secciones extremas se revisan con la ec. 3.4.1, 3.4.4 o 3.4.5, según el tipo de sección de que se trate, y la revisión de la columna completa se efectúa con la ec. 3.4.6, 3.4.9 o 3.4.10. Las dimensiones de las columnas se obtienen de manera que se cumplan, simultáneamente, las condiciones de resistencia de las zonas extremas y de la columna completa.

Como una alternativa, las columnas que forman parte de estructuras regulares pueden dimensionarse como se indica en el inciso 3.3.4 para estructuras regulares.

3.4.3.1 Revisión de las secciones extremas

a) Secciones tipo 1 o 2

En cada uno de los extremos de la columna debe satisfacerse la condición:

$$\left(\frac{M_{oux}}{M_{pcx}}\right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{ouy}}{M_{pcy}}\right)^{\alpha} \leq 1.0 \quad (3.4.1)$$

M_{pcx} y M_{pcy} son los momentos resistentes de diseño de la sección flexionada alrededor de cada uno de los ejes centroidales y principales, calculados teniendo en cuenta la presencia de la fuerza de diseño de compresión y suponiendo, en cada caso, que el otro momento es nulo; para secciones I o H se calculan con las ecuaciones:

$$M_{pcx} = 1.18 F_R M_{px} \left(1 - \frac{P_u}{F_R P_y}\right) \leq F_R M_{px} \quad (3.4.2)$$

$$M_{pcy} = 1.67 F_R M_{py} \left(1 - \frac{P_u}{F_R P_y}\right) \leq F_R M_{py} \quad (3.4.3)$$

Cuando la sección es cajón, cuadrada, los dos momentos, M_{pex} y M_{pey} , se determinan con la ec. 3.4.2.

El exponente α tiene alguno de los valores siguientes:

Secciones H	$\alpha = 1.60 + p/2L_n p$
Secciones en cajón, cuadradas	$\alpha = 1.70 + p/2L_n p$
Cualquier otra sección	$\alpha = 1.0$
FR = 0.90	

P_u , M_{uox} y M_{uoy} son la fuerza axial de diseño que obra sobre la columna y los momentos de diseño en el extremo considerado, calculados de acuerdo con 3.4.3.3 a o b.

$M_{px} = Z_x F_y$ y $M_{py} = Z_y F_y$ son los momentos plásticos de la sección, para flexión alrededor de los ejes x y y, respectivamente.

$P_y = A_t F_y$ es la fuerza axial nominal que, obrando por sí sola, ocasionaría la plastificación de una columna corta cuya sección transversal tiene una área A_t .

$$P = P_u / F_R P_y$$

L_n indica logaritmo natural.

Si se toma $\alpha = 1.0$ la ec. 3.4.1 se transforma en:

$$\frac{P_u}{F_R P_y} + \frac{0.85 M_{uox}}{F_R M_{py}} + \frac{0.60 M_{uoy}}{F_R M_{py}} \leq 1.0 \quad (3.4.4)$$

Esta ecuación debe utilizarse para revisar columnas para las que no se conoce α , y puede emplearse, conservadoramente, en vez de la ec. 3.4.1, aunque se conozca el valor de α .

b) Secciones tipo 3 y 4

En cada uno de los extremos de la columna debe satisfacerse la condición:

$$\frac{P_u}{F_R P_y} + \frac{M_{uox}}{M_{Rx}} + \frac{M_{uoy}}{M_{Ry}} \leq 1.0 \quad (3.4.5)$$

M_{Rx} y M_{Ry} se calculan como se indica en 3.3.2.1, b) y c), y las otras cantidades que aparecen en la ecuación se han definido arriba.

3.4.3.2 Revisión de la columna completa.

a) Secciones tipo 1 y 2

Debe satisfacerse la condición:

$$\left(\frac{M_{uox}^*}{M_{ucx}}\right)^\beta + \left(\frac{M_{uoy}^*}{M_{ucy}}\right)^\beta \leq 1.0 \quad (3.4.6)$$

M_{ucx} y M_{ucy} son los momentos resistentes de diseño de la columna flexionada en cada uno de sus planos de simetría, reducidos por la presencia de la fuerza de compresión y por posible pandeo lateral; se calculan con las ecuaciones:

$$M_{cux} = M_m \left(1 - \frac{P_u}{R_c}\right) \quad (3.4.7)$$

$$M_{cuy} = F_R M_{py} \left(1 - \frac{P_u}{R_c}\right) \quad (3.4.8)$$

El exponente β tiene alguno de los valores siguientes:

Secciones H

$$\beta = 0.4 + p + B / D \geq 1.0,$$

para $B / D \geq 0.3$

$$\beta = 1.0,$$

para $B / D < 0.3$

Secciones en cajón, cuadradas

$$\beta = 1.3 + 1000 \left(\frac{P}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}\right) \geq 1.4$$

Cualquier otra sección $\beta = 1.0$

D es el peralte total de la sección, y B es el ancho de los patines.

$$F_R = 0.90$$

P_u , M_{uox}^* y M_{uoy}^* son la fuerza axial de diseño que obra sobre la

columna y los momentos de diseño, calculados de acuerdo con 3.4.3.3, a o b. En la ec. 3.4.6, lo mismo que en las ecs. 3.4.9 y 3.4.10, se utilizan siempre momentos de diseño máximos, alrededor de los ejes x y y, aunque los dos no se presenten en el mismo extremo de la columna.

M_m es el momento resistente de diseño, para flexión alrededor del eje x ; se calcula como se indica en 3.3.2, o, en forma aproximada, con la ecuación (válida para secciones I o H):

$$M_m = F_R \left[1.07 - \frac{\frac{L}{r_y} \sqrt{F_y}}{26500} \right] M_{px} \leq F_R M_{px}$$

Si la columna está soportada lateralmente en forma continua, o está provista de soportes laterales con separación L no mayor que L_u , dada por alguna de las ecs. 3.3.13, 3.3.15 o 3.3.17, cuando no se requiere capacidad de rotación, o cuando $L < L_p$, ecs. 3.3.2 o 3.3.3, cuando sí se requiere capacidad de rotación, M_m puede tomarse igual a $F_R M_{px}$.

R_c , resistencia de diseño en compresión, se determina de acuerdo con inciso 3.2.2.

Si se toma $\beta = 1.0$, la ec. 3.4.6 se transforma en:

$$\frac{P_u}{R_c} + \frac{M_{uox}^*}{M_m} + \frac{M_{uoy}^*}{F_R M_{py}} \leq 1.0 \quad (3.4.9)$$

Esta ecuación debe utilizarse para revisar columnas para las que no se conoce β , y puede emplearse, conservadoramente, en vez de la ec 3.4.6, aunque se conozca el valor de β .

b) Secciones tipos 3 y 4

debe cumplirse la condición:

$$\frac{P_u}{R_c} + \frac{M_{uox}^*}{M_{Rx}} + \frac{M_{uoy}^*}{M_{Ry}} \leq 1.0 \quad (3.4.10)$$

M_{Rx} y M_{Ry} se calculan de acuerdo con en inciso 3.3.2.

3.4.3.3. Determinación de los momentos de diseño M_{uox} , M_{uoy} ,

$$M_{uox}^* \text{ y } M_{uoy}^*$$

a) ANALISIS DE PRIMER ORDEN

Si las fuerzas normales y los momentos se obtienen por medio de un análisis convencional de primer orden, basado en la geometría inicial de la estructura, los momentos de diseño se determinan como sigue:

$$M_{uo} = M_{ti} + B_2 M_{tp} \quad (3.4.11)$$

$$M_{uo}^* = B_1 M_{ti} + B_2 M_{tp} \quad (3.4.12)$$

En la ec. 3.4.11, M_{ti} es el momento de diseño en el extremo en consideración de la columna en estudio, y en la ec. 3.4.12 es uno de los momentos de diseño que actúan en los dos extremos, producidos, en ambos casos, por cargas que no ocasionan desplazamientos laterales apreciables de esos extremos.

El segundo miembro de la ec. 3.4.12 se calcula en los dos extremos de la columna, y M_{uo}^* es el mayor de los dos valores.

En general los momentos M_{ti} son producidos por cargas verticales y los M_{tp} por fuerzas horizontales, de viento o sismo, aunque las cargas verticales pueden ocasionar momentos M_{tp} significativos en estructuras muy asimétricas en geometría o cargas.

En marcos que forman parte de estructuras regulares provistas de contraventeos o muros de cortante de rigidez adecuada para que puedan desprejarse los efectos de esbeltez debidos a desplazamientos laterales de entrepiso (ver inciso 2.2.2b), desaparece el término $B_2 M_{tp}$ de las ecs. 3.4.11 y 3.4.12, y los momentos M_{ti} son la suma de los producidos por las cargas verticales y las horizontales.

B_1 y B_2 son factores de amplificación de los momentos; se calculan con las ecuaciones siguientes:

$$B_1 = \frac{C}{1 - \frac{P_u}{F_R P_E}} \geq 1 \quad (3.4.13)$$

$$B_2 = \frac{C}{1 - \frac{\sum P_u}{F_R \sum P_E}} \quad (3.4.14)$$

o alternativamente,

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u \Delta_{OH}}{F_R (\sum H)L}} \quad (3.4.15)$$

C es un coeficiente que depende de la ley de variación del momento flexionante; se calcula como sigue:

I. Miembros flexocomprimidos que forman parte de marcos contraventeados o sin contraventeo, sobre los que no obran cargas transversales aplicadas transversales aplicadas en puntos intermedios:

$C = 0.6 + 0.4 M_1 / M_2$, para tramos que se flexionan en curvatura simple.

$C = 0.6 - 0.4 M_1 / M_2$, para tramos que se flexionan en curvatura doble.

M_1 y M_2 son, respectivamente, el menor y el mayor de los momentos en los extremos del tramo de barra en consideración (puede ser la columna completa o una parte de ella, entre puntos soportados lateralmente), tomados en valor absoluto.

II. Miembros flexocomprimidos que forman parte de marcos contraventeados o sin contraventeo, sobre los que obran cargas transversales aplicados en puntos intermedios, independientemente de que haya o momentos en sus extremos:

$$C = 1 + X \frac{P_u}{P_E}, \quad \text{donde } X = \frac{\pi^2 \delta_o EI}{M^2} - 1$$

δ_o es la deflexión máxima y M_{ou} el momento máximo entre apoyos, debidos a las cargas transversales y los momentos en los extremos, cuando éstos son diferentes de cero.

En lugar de calcular C como se acaba de describir, pueden usarse los valores siguientes: si los extremos del miembro están restringidos angularmente, 0.85; si no lo están 1.00.

$$P_E = A_t \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{Kl}{r}\right)^2}$$

L es la longitud no soportada lateralmente en el plano de la flexión, r es radio de giro correspondiente, y K es el factor de longitud efectiva en el plano de flexión.

En la ec. 3.4.13 se calcula la carga P_E con un coeficiente K que corresponde a columnas cuyos extremos no se desplazan lateralmente, mientras que en la ec. 3.4.14 se usa un coeficiente K determinado teniendo en cuenta que la columna forma parte de un marco en el que los desplazamientos laterales de entrepiso son significativos.

ΣP_E = suma de cargas críticas de pandeo elástico de todas las columnas del entrepiso en consideración, en la dirección que se este analizando.

ΣP_u = suma de fuerzas axiales de diseño de todas columnas del entrepiso en consideración.

Δ_{OH} = desplazamiento horizontal relativo de los niveles que limitan el entrepiso en consideración, en la dirección que se está analizando, producido por las fuerzas de diseño.

ΣH = suma de todas las fuerzas horizontales de diseño que obran encima del entrepiso en consideración. (Fuerza cortante de diseño en el entrepiso, en la dirección que se está analizando).

L = altura del entrepiso.

ENTREPISOS CUYO DISEÑO QUEDA REGIDO POR CARGAS VERTICALES ÚNICAMENTE. En columnas que forman parte de entrepisos cuyo diseño queda regido por cargas verticales únicamente, lo que es frecuente en edificios de poca altura y en los entrepisos de pisos superiores de edificios altos, los M_{tp} suelen ser nulos en la condición de carga de diseño (la única excepción la constituyen las estructuras muy asimétricas, en geometría y/o carga, en las que las cargas verticales pueden ocasionar desplazamientos laterales de entrepisos significativos).

Si se demuestra que el pandeo de conjunto de un entrepiso, con desplazamientos laterales relativos de los niveles que lo limitan, no es crítico, B_2 vale cero y P_E se calcula con un factor de longitud efectiva K igual o menor que 1. Si no se estudia el pandeo de conjunto, o si éste es crítico, los momentos de diseño son iguales a

$$M_{uo} = M_{ti}$$

$$M_{u0}^* = B_2 M_{ti}$$

B_2 se calcula con la ec. 3.4.14.

Se considerará que el pandeo de conjunto de un entrepiso no es crítico cuando el cociente $P_{cr} / \sum P_u$ se igual o mayor que 2.5 P_{cr} es la carga crítica de diseño de pandeo con desplazamiento lateral del entrepiso y $\sum P_u$ es la suma de fuerzas axiales de diseño de todas las columnas de dicho entrepiso.

En el inciso 3.4.3.4 b se da un procedimiento aproximado para calcular la carga crítica de entrepisos de estructuras regulares.

b) ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN

Si las fuerzas normales y los momentos se obtienen por medio de un análisis de segundo orden en el que se tienen en cuenta, por lo menos, los efectos indicados en el inciso 3.4.1, o si se demuestra, de acuerdo con el inciso 2.2.2 b, que pueden desprejarse los efectos de segundo orden, los momentos de diseño se determinan como sigue:

$$M_{u0} = M_{ti} + M_{tp} \quad (3.4.16)$$

$$M_{u0}^* = B_1(M_{ti} + M_{tp}) \quad (3.4.17)$$

Todas las cantidades que aparecen en estas ecuaciones tienen los mismos significados que en las ecs. 3.4.11 y 3.4.12 pero P_E se calcula con un factor de longitud efectiva K igual o menor que 1.

En el inciso de 3.4.3.5 se da un procedimiento aproximado para evaluar los efectos de segundo orden en estructuras regulares.

3.4.3.4 Determinación de cargas críticas

La carga crítica de estructuras regulares puede determinarse utilizando métodos racionales que tengan en cuenta, cuando sean significativos, los efectos de plastificación parcial de la estructura que suele preceder a la falla por pandeo. Pueden emplearse métodos basados en el uso del factor de longitud efectiva (inciso 2.2.2).

Sin embargo, cuando se desee conocer la carga crítica de un entrepiso, pueden utilizarse las fórmulas aproximadas siguientes:

$$\text{Si } P_{cr} \leq \frac{\sum P_y}{2}, \quad P_{cr} = F_R \frac{R L}{1.2} \quad (3.4.18)$$

$$\text{Si } P_{cr} > \frac{\sum P_y}{2}, \quad P_{cr} = F_R \sum P_y \left(1 - \frac{0.3 \sum P_y}{R \cdot L} \right) \quad (3.4.19)$$

P_{cr} es la carga crítica de diseño de pandeo con desplazamiento lateral del entrepiso en estudio

$\sum P_y = \sum A_t F_y$ es la suma de las fuerzas axiales que, obrando por sí solas, ocasionarían la plastificación de todas las columnas del entrepiso.

$$F_R = 0.9$$

R es la rigidez del entrepiso, definida como fuerza cortante en el entrepiso dividida entre el desplazamiento relativo de los niveles que lo limitan, producido por la fuerza cortante mencionada, determinada por medio de un análisis elástico de primer orden.

L es la altura del entrepiso.

En el cálculo deben incluirse todos los marcos, muros y contraventeos que forman parte del entrepiso y contribuyen a su rigidez lateral en la dirección analizada, y P_y corresponde a todas las columnas consideradas al calcular R .

3.4.3.5 Análisis de segundo orden

El análisis de segundo orden de estructuras regulares debe hacerse utilizando métodos racionales que tengan en cuenta, por lo menos, los efectos indicados en el inciso 3.4.1.

Una manera aproximada de calcular los momentos de segundo orden en los extremos de las columnas cuyo diseño quede regido por la combinación de cargas verticales y horizontales consiste en evaluar por separado los momentos producidos por los tipos de cargas, utilizando métodos de análisis convencional de primer orden, y multiplicar los momentos ocasionados por las cargas horizontales por el factor de amplificación F_A :

$$F_A = 1 + \frac{\frac{W_u}{L}}{\frac{R}{Q} - 1.2 \frac{W_u}{L}} \quad (3.4.20)$$

Los momentos finales de segundo orden se obtienen sumando los de carga vertical de primer orden con los producidos por cargas horizontales amplificados.

W_u es la suma de las cargas de diseño muertas y vivas (cargas nominales multiplicadas por los factores de carga correspondientes a la combinación de acciones en estudio), acumuladas desde el extremo superior de la estructura hasta el entrepiso considerado.

Q Es el factor de comportamiento sísmico que se define en el capítulo 5 de las Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo. En diseño por viento se tomará $Q = 1$.

R es la rigidez del entrepiso en estudio.

Todas las fuerzas internas y, en especial, los momentos en las trabes, deben incrementarse de manera que se satisfaga el equilibrio con los momentos amplificados en las columnas.

Cuando los momentos mecánicos de diseño se evalúan con un análisis de segundo orden, las columnas deben revisarse de acuerdo con 3.4.3.3 b, puesto que ya se han incluido en el análisis los efectos de esbeltez debidos a desplazamientos laterales de sus extremos.

3.3.4.1 Revisión de las secciones extremas

a) SECCIONES TIPOS 1 Y 2.

En cada uno de los extremos de la columna debe satisfacerse la ecuación 3.4.5.

3.4.4.2 Revisión de la columna completa

a) SECCIONES TIPO 1 Y 2.

Debe satisfacerse la ecuación 3.4.9.

b) SECCIONES TIPOS 3 Y 4.

Debe cumplirse la ecuación 3.4.10.

3.4.4.3 Determinación de los momentos de diseño M_{uox} , M_{uoy} , M_{uox}^* y M_{uoy}^* .

a) ANALISIS DE PRIMER ORDEN

Si las fuerzas normales y los momentos se obtienen por medio de un análisis convencional de primer orden, basado en la geometría inicial de la estructura, los momentos de diseño se determinan como sigue:

$$M_{uo} = B_1 (M_{ti} + M_{to}) \quad (3.4.21)$$

$$M_{uo}^* = B_1 (M_{ti} + M_{to}) \quad (3.4.22)$$

En la ec. 3.4.21, M_{ti} y M_{tp} tienen el mismo significado que en la ec. 3.4.11, y en la ec. 3.4.22 significan lo mismo que en la ec. 3.4.12. B_1 está dado por la ec. 3.4.13.

Las literales que aparecen en la ec. 3.4.13 conservan sus significados, pero los valores indicados para C sólo son aplicables a columnas que formen parte de marcos contraventeados adecuadamente; en caso contrario se tomara $C = 0.85$. De manera análoga, en el cálculo del factor de longitud efectiva K , necesario para evaluar B_1 y R_c en las ecs. 3.4.9 y 3.4.10, se tendrá en cuenta si la estructura está, o no, contraventeada adecuadamente.

b) ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN

Si las fuerzas normales y los momentos se obtienen por medio de un análisis de segundo orden en el que se tienen en cuenta, por lo menos, los efectos indicados en el inciso 3.4.1, los momentos de diseño se determinan con las ecs. 3.4.21 y 3.4.22 pero ahora C tiene el valor indicado con relación a la ec. 3.4.13 y P_E se determina con un factor de longitud efectiva K menor o igual que 1.0, lo mismo que R_c en las ecs. 3.4.9 y 3.4.10.

EJEMPLO 15

Revisar la siguiente columna dado:

$$P_u = 136.20 \text{ ton}$$

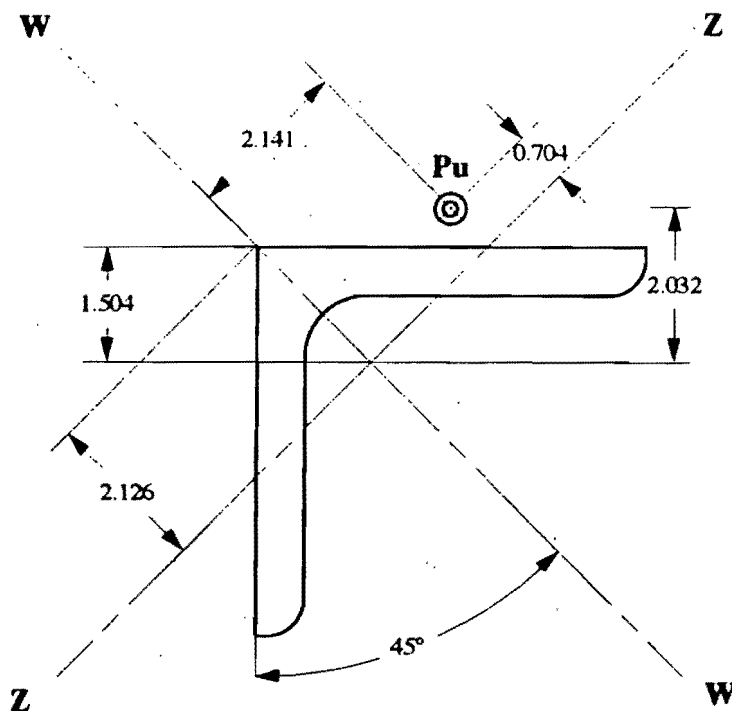
$$M_{ux} = 24.89 \text{ ton-m}$$

$$M_{uy} = 8.30 \text{ ton-m}$$

NOTA: ver las condiciones de apoyo y las características geométricas en el archivo de datos o en los resultados.

EJEMPLO 16

Usando acero $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$, determine la resistencia P_u de un ángulo número 2X2X1/4 con una longitud igual a 80 cm. la carga está aplicada excentricamente a 2.03 cm del centroide, como se muestra.



Mov_{ix} : PERMITIDO

GA_x : 1.00

GB_x : 0.22

r_y : 10.1 cm

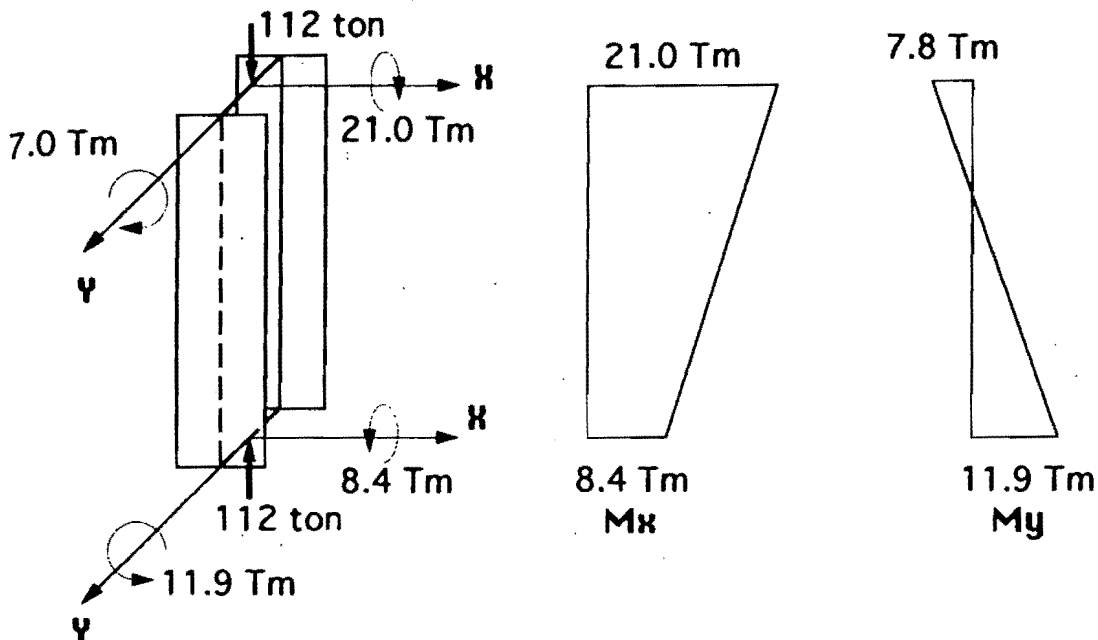
Mov_{iy} : PERMITIDO

GA_y : 1000

GB_y : 1000

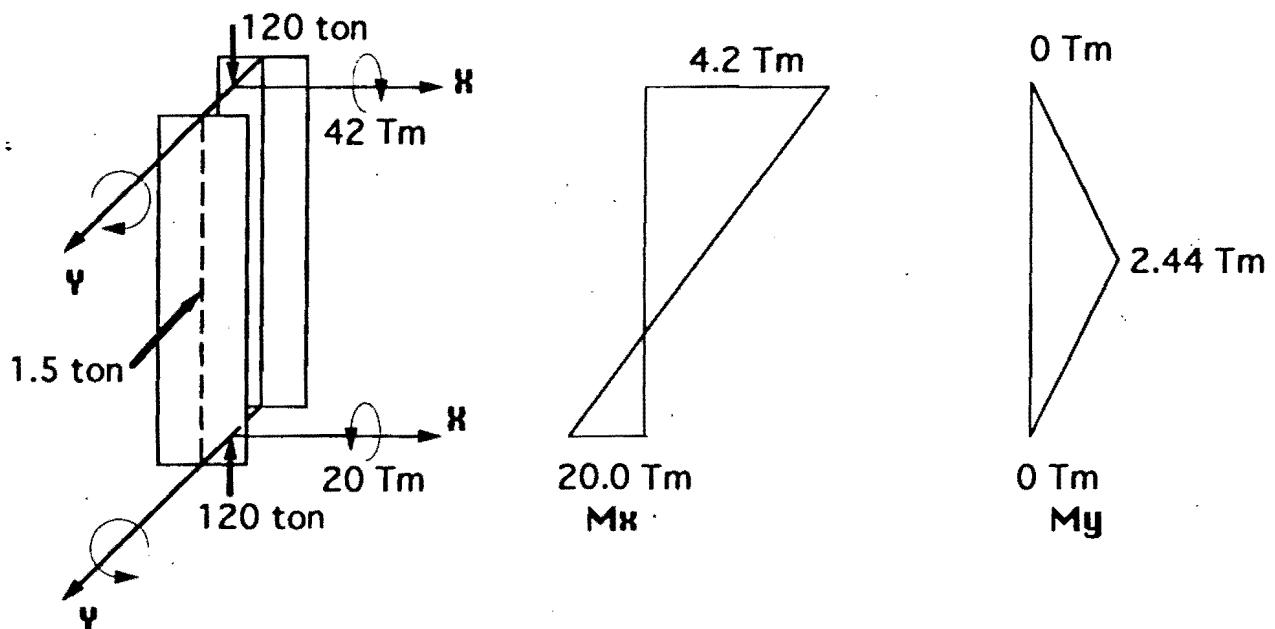
EJEMPLO 17

Revisar una sección W 18X119 de acero estructural A36 para la columna que se muestra en la figura. Los elementos mecánicos indicados corresponden a cargas de diseño. Utilice las Normas Técnicas Complementarias del RCDF.



EJEMPLO 18

Revisar una sección W 14X145 de acero estructural A36 para la columna que se muestra en la figura. Los elementos mecánicos indicados corresponden a cargas de diseño. Utilice las Normas Técnicas Complementarias del RCDF.



Ejemplo 19 Edificio contraventeado de acero

$$E = 2'039,000 \text{ Kg/cm}^2$$

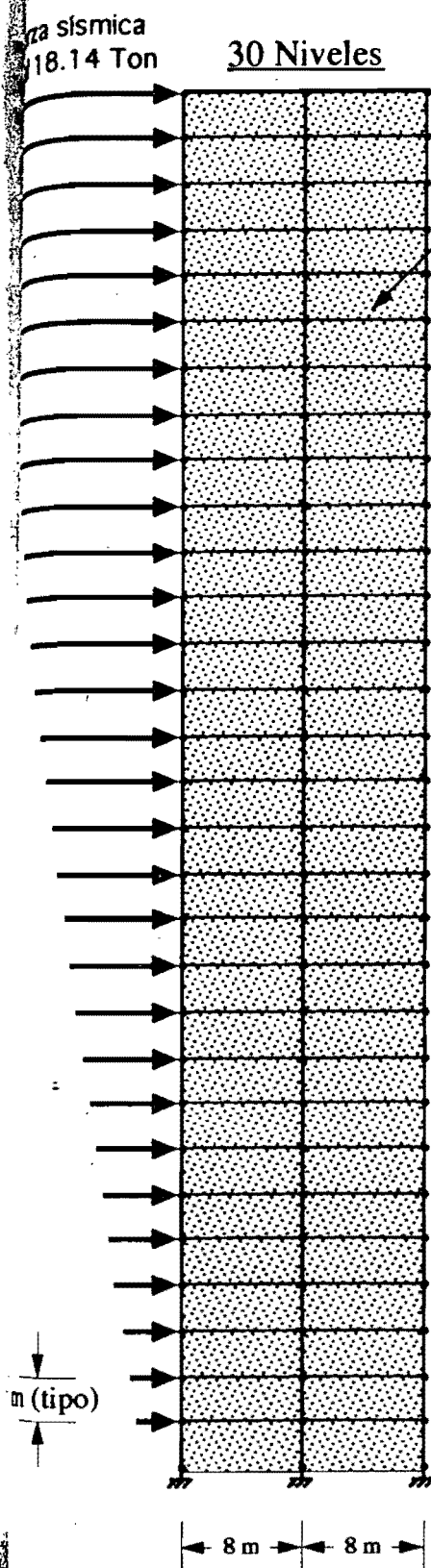
Masa total: 5099 ton

$$Q = 3$$

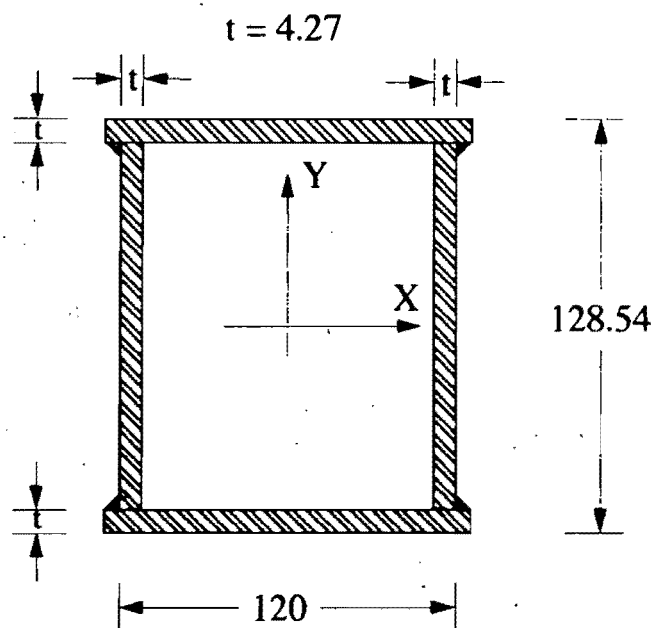
$$c = 0.32$$

Desplazamiento total máximo: 18.14 cm

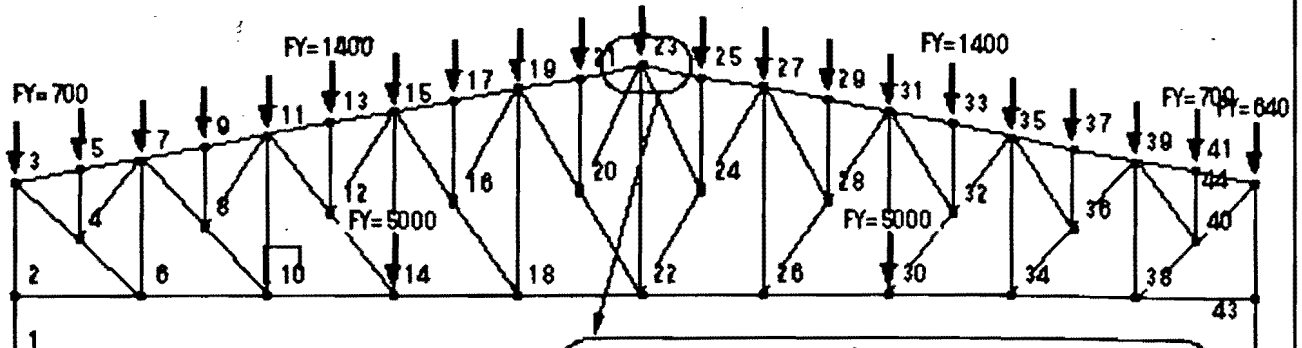
Desplazamiento relativo: $0.001 < 0.006$ perm.



Muro de concreto



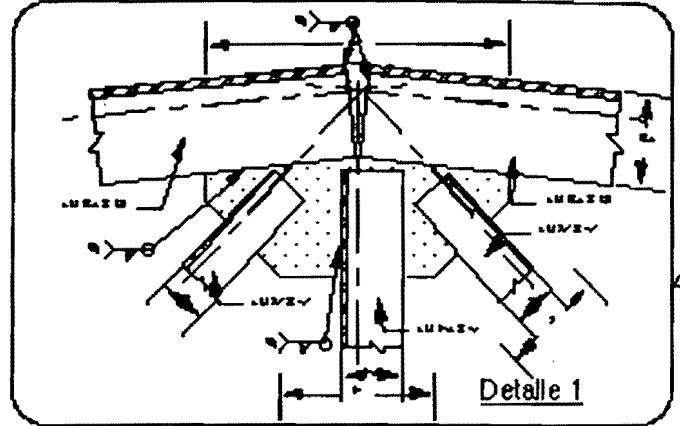
El movimiento en la dirección Y está permitido



Acero 92

COPYRIGHT ING. JUAN
ALDASORO ROBLES
10 DE MAYO DE 1992 V2.0

Comenzar



Captura de datos para el programa Acero 92

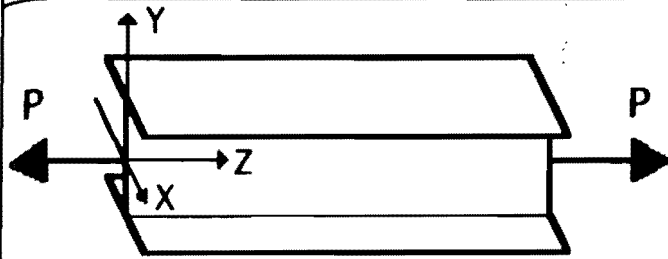
¿Nombre del archivo de datos? FlexoC

¿Comentario general?

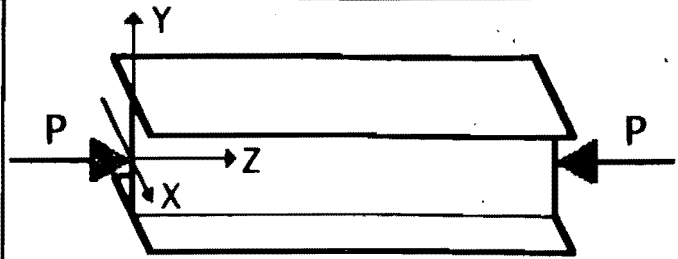
Datos para elementos trabajando en flexocom. 

Seleccione un miembro:

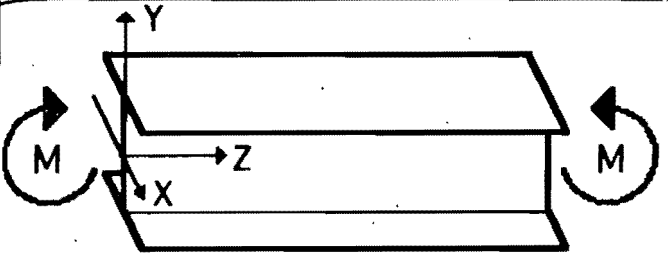
Fin de la captura de datos



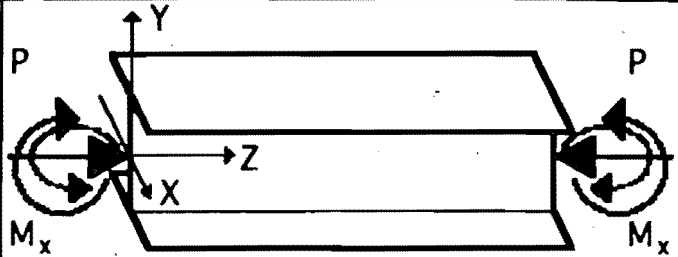
Miembro en [Tensión]



Miembro en [Compresión]



Miembro en [Flexión]



Miembro en [Flexocompresión]

© (C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R.

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Fuerza axial de diseño sobre la columna (P_u):

Suma de las fuerzas axiales de diseño (ΣP_u):

Suma de las fuerzas axiales de fluencia (ΣP_y):

Fuerza cortante de diseño (V_u):

OK



© (C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R. 

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

HD

Mom. que no ocasiona desp. sup. en X (Mtix):

Mom. que no ocasiona desp. inf. en X (Mtiix):

Mom. que sí ocasiona desp. sup. en X (Mtpsx):

Mom. que sí ocasiona desp. inf. en X (Mtpix):

Mom. que no ocasiona desp. sup. en Y (Mtisy):

Mom. que no ocasiona desp. inf. en Y (Mtiyy):


Mom. que sí ocasiona desp. sup. en Y (Mtpsy):

Mom. que sí ocasiona desp. inf. en Y (Mtpiy):

OK



a

© (C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R. 

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

tosh HD

Desplazamiento horizontal relativo X (DOHx):

Deflexión máxima X (dox):

Suma de fuerzas horizontales en X (ΣHx):

Suma de cargas críticas X (ΣPEx):

Rigidez de entrepiso X (Rix):

Desplazamiento horizontal relativo Y (DOHy):

Deflexión máxima Y (doy):

Suma de fuerzas horizontales en Y (ΣHy):

Suma de cargas críticas Y (ΣPEy):

Rigidez de entrepiso Y (Riy):

OK



elera

(C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R.

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

Longitud libre de la columna (L):

Esfuerzo de fluencia del acero (Fy):

Módulo de elasticidad del acero (E):

Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante (G):

Peralte total de la sección (d):

Espesor del alma (tw):

Ancho del patín (bf):

Espesor del patín (tf):

Peralte del alma de la sección (T):

Area total del miembro (At):

OK



(C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R.

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

Momento de inercia X (Ix):

Módulo de sección X (Sx):

Módulo de sección plástico X (Zx):

Radio de giro X (rx):

Momento de inercia Y (Iy):

Módulo de sección Y (Sy):

Módulo de sección plástico Y (Zy):

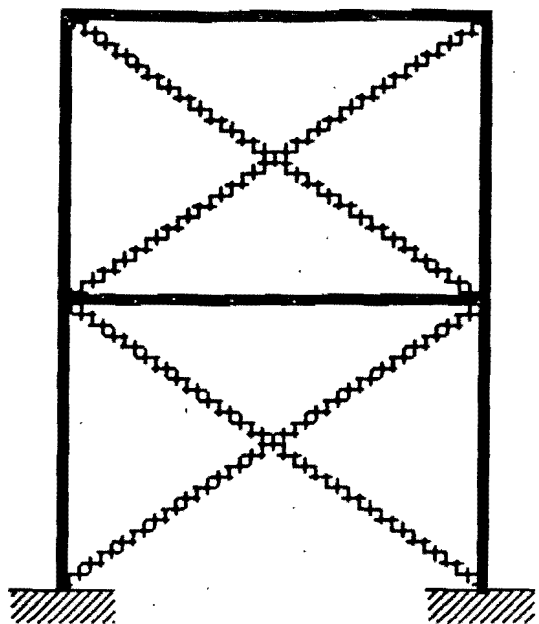
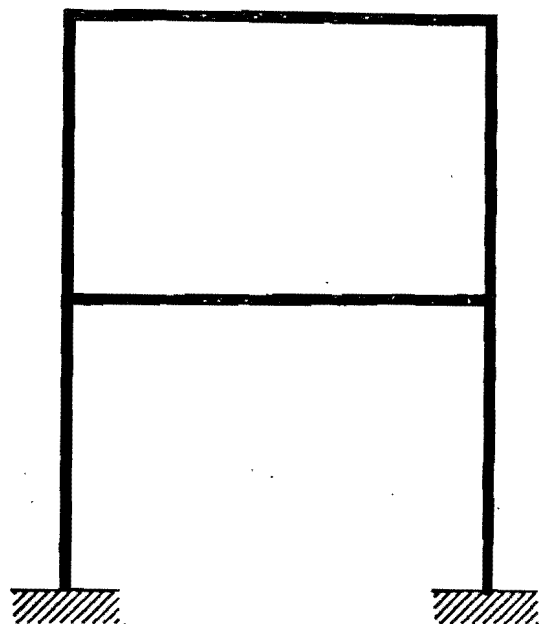
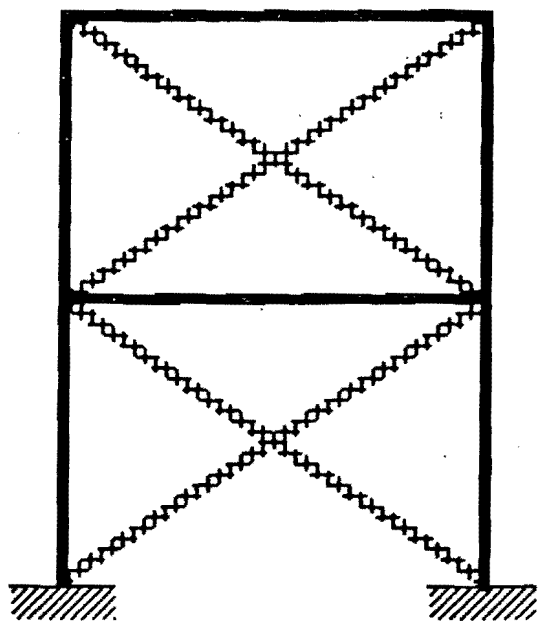
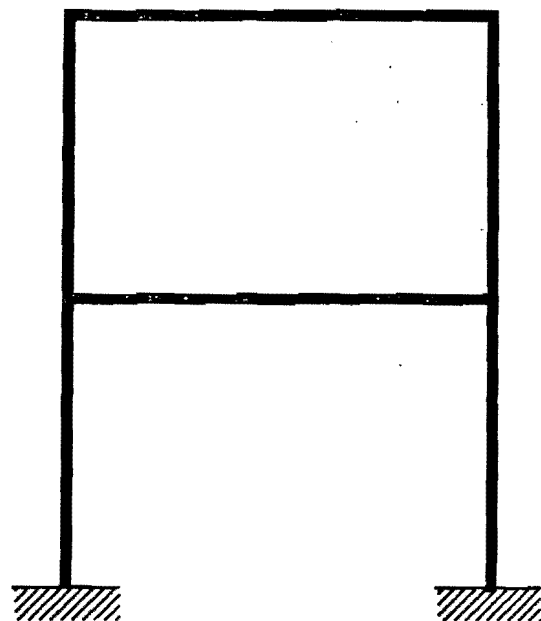
Radio de giro Y (ry):

Constante de torsión de Saint Venant (J):

Constante de torsión por alabeo (Ca o Cw):

OK



Seleccione un movimiento:**[Dirección X]** Movimiento lateral de la columna [impedido] Movimiento lateral de la columna [permitido]**Seleccione un movimiento:****[Dirección Y]** Movimiento lateral de la columna [impedido] Movimiento lateral de la columna [permitido]

A continuación se necesitan los coeficientes G.


$$G = \frac{\sum (I/L)_c}{\sum (I/L)_v}$$

 Continuar

$\sum (I/L)_c$ Representa la suma de los cocientes I/L de todas las columnas que concurren en el extremo en el que se calcula G (la columna en estudio y la que está inmediatamente arriba o abajo de ella).

$\sum (I/L)_v$ Representa la suma de los cocientes I/L de todas las vigas que llegan al nudo y se encuentran en el plano en el que se estudia el pandeo; los momentos de inercia corresponden a ejes normales al plano.

Los valores de los coeficientes $G_a = 0$ y $G_b = 0$, corresponden a $K = 0.5$ para movimientos laterales impedidos y $K = 1.0$ para movimientos laterales permitidos.

© (C) COPYRIGHT 10 de MAY. de 1992 U2.0 Por Ing. Juan Aldasoro R. 

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

Coeficiente del apoyo A en la dirección X (G_{Ax}):







Coeficiente del apoyo B en la dirección X (G_{Bx}):

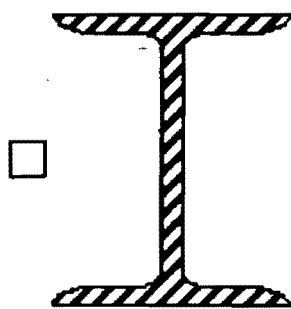
Coeficiente del apoyo A en la dirección Y (G_{Ay}):

Coeficiente del apoyo B en la dirección Y (G_{By}):

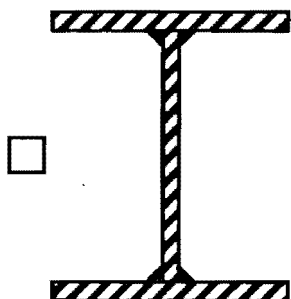


Seleccione una opción:

	Símbolo	Sección	Abreviatura
<input type="checkbox"/>		Tee	T
<input type="checkbox"/>		I o H	I
<input type="checkbox"/>		Circular	O
<input type="checkbox"/>		Canal	C
<input type="checkbox"/>		Rectangular	R
<input type="checkbox"/>		Angulo	A

Seleccione una sección:**[LAMINADO]**

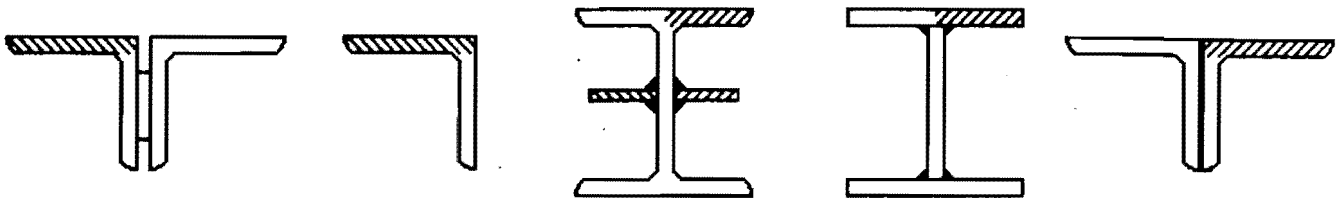
Columna de sección transversal H o I, laminadas o hechas con tres placas soldadas obtenidas cortándolas con oxígeno de placas más anchas, y columnas de sección transversal hueca, laminadas o hechas con cuatro placas soldadas.

**[SOLDADO]**

Columna de sección transversal H o I, hechas con tres placas laminadas soldadas entre sí.

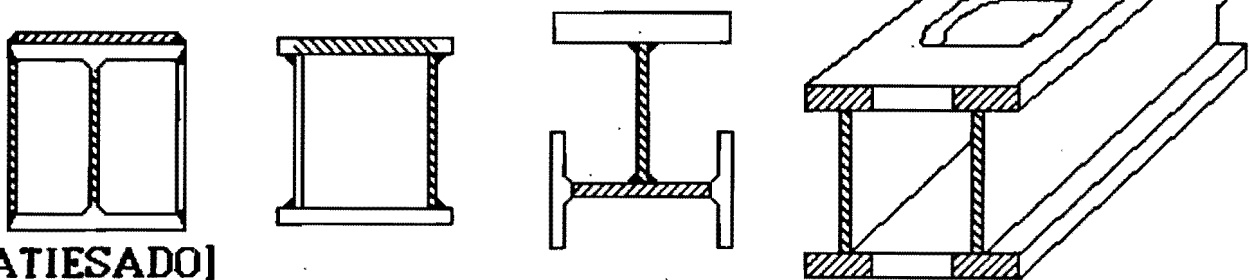
Tipo de elemento:

- ELEMENTO PLANO NO ATIESADO.** El elemento está soportado a lo largo de uno solo de los bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.



[NOATIESADO]

- ELEMENTO PLANO ATIESADO.** El elemento está soportado a lo largo de dos bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.



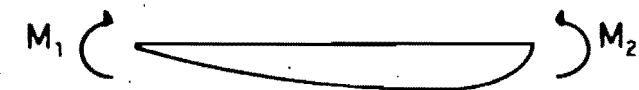
[ATIESADO]

Seleccione una curvatura:

Eje X

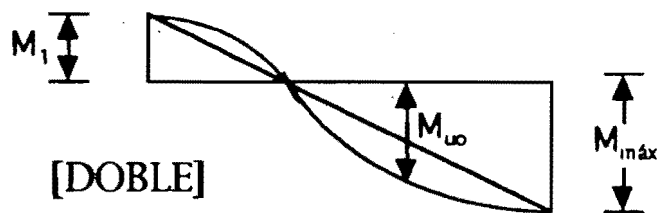
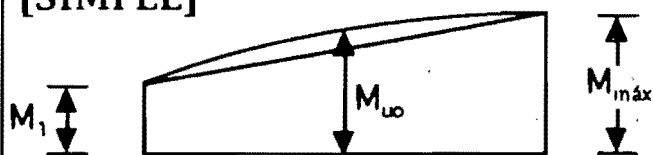
- Flexión en curvatura simple $M_{uo} \leq M_{m\acute{a}x}$

- Flexión en curvatura doble $M_{uo} \leq M_{m\acute{a}x}$



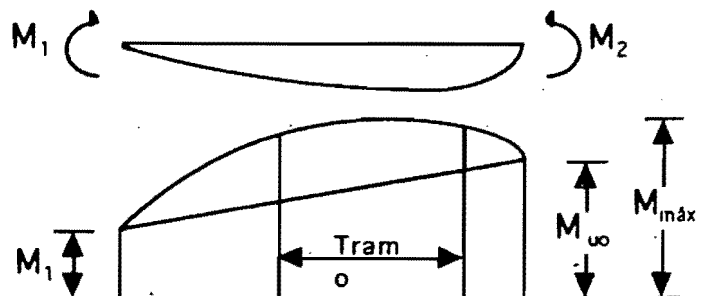
[SIMPLE]

[DOBLE]



- El momento flexionante en cualquier sección dentro del tramo no soportado lateralmente es mayor que M_2 , o cuando el patín no está soportado lateralmente de manera efectiva en uno de los extremos del tramo.

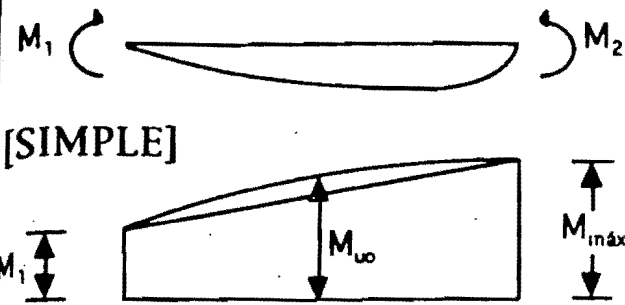
[OTRA]



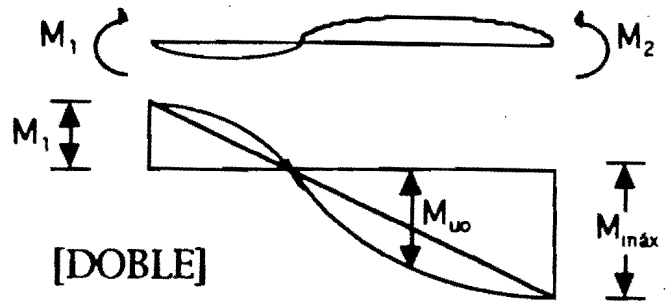
Seleccione una curvatura:

Eje Y

Flexión en curvatura simple $M_{uo} \leq M_{m\acute{a}x}$

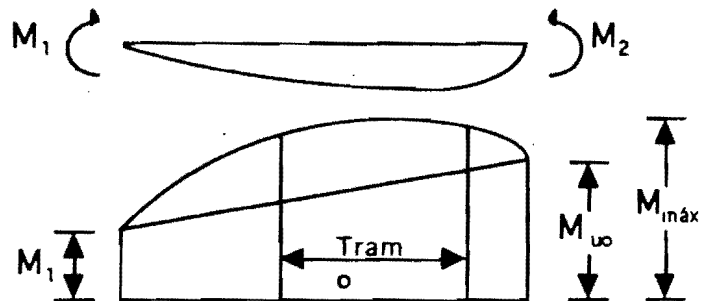


Flexión en curvatura doble $M_{uo} \leq M_{m\acute{a}x}$



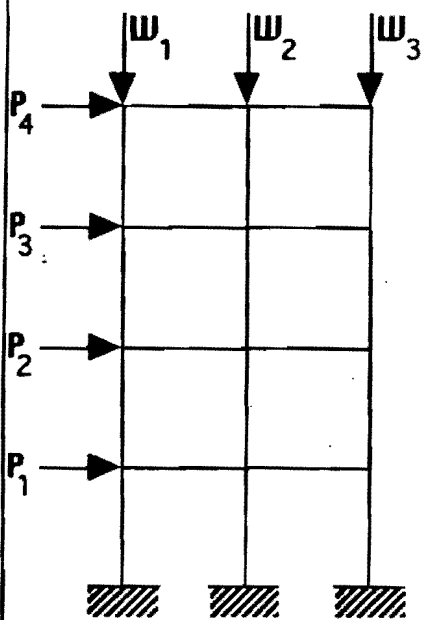
El momento flexionante en cualquier sección dentro del tramo no soportado lateralmente es mayor que M_2 , o cuando el patín no está soportado lateralmente de manera efectiva en uno de los extremos del tramo.

[OTRA]

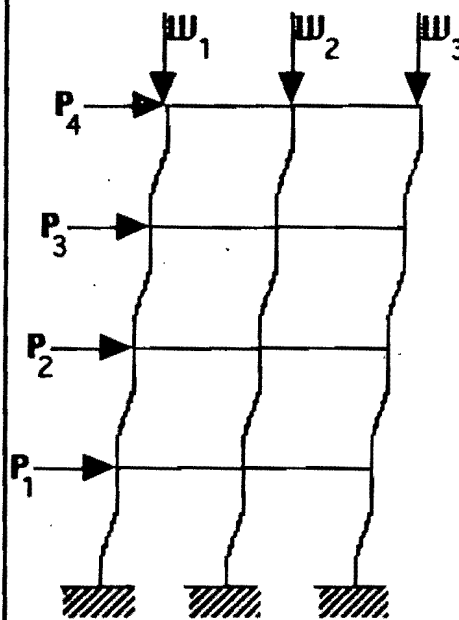


Seleccione el orden del análisis que originan los momentos:

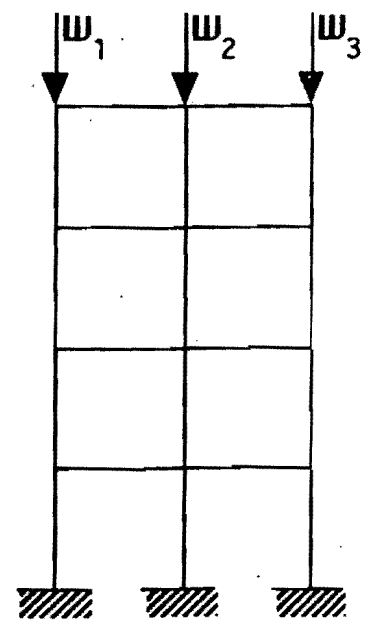
Análisis de primer orden [PRIMERO]



Análisis de segundo orden [SEGUNDO]



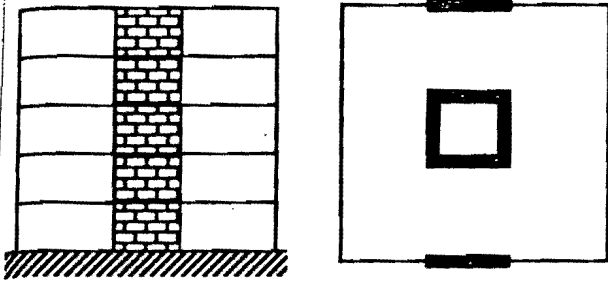
Análisis por sólo carga vertical [VERTICAL]



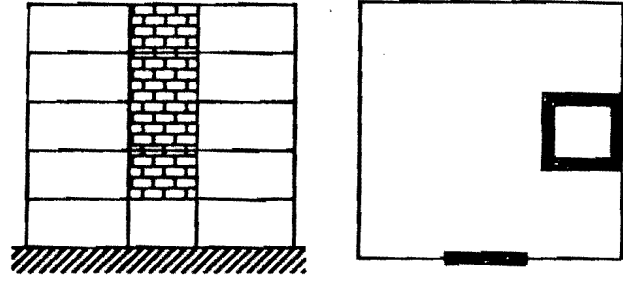
Seleccione el tipo de estructura:

La definición exacta de estructura "Regular" o "Irregular" se encuentra en el capítulo 3.4 Miembros flexocomprimidos de las NTC para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas

Estructura "Regular"
[REGULAR]



Estructura "Irregular"
[IRREGULAR]



ARCHIVO DE DATOS

Comentario general:
Ejemplos de flexocompresión.

Solicitud del elemento:

FLEXOCOMPRESION

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Ejemplo 15 W 14X99. Ej. 4 del Manual LRFD pág. 2-11.

Seccion Proceso Elemento Curvaturax Curvaturay

I	LAMINADO	NOATIESADO	SIMPLE	SIMPLE		
Orden PRIMERO	Estructura REGULAR	Movix PERMITIDO	Moviy PERMITIDO			
Gax	Gbx	Gay	Gby			
1.00	1.00	0.0	0.0			
Pu	$\sum Pu$	$\sum Py$	Vu			
136.077E3	0.001E3	0.001E3	0.000E3			
Mtisx	Mtiix	Mtpsx	Mtpix			
24.89E5	24.89E5	0.000E5	0.000E5			
Mtisy	Mtiiy	Mtpsy	Mtpiy			
8.3E5	8.3E5	0.000E5	0.000E5			
DOHx	dox	$\sum Hx$	$\sum PEx$	Rx		
0.0	0.0	0.001E3	0.001E3	0.001E3		
DOHy	doy	$\sum Hy$	$\sum PEy$	Ry		
0.0	0.0	0.001E3	0.001E3	0.001E3		
L	Fy	E	G			
427.0	2530.0	2039000.0	784000.0			
d	tw	bf	tf	T	At	
35.97	1.23	37.0	1.98	28.58	187.74	
Lx	Sx	Zx	rx			
46202	2573	2835	15.67			
Iy	Sy	Zy	ry			
16733	905	1370	9.4			
J	Ca					
223.52	4833646					

Solicitud del elemento:

FLEXOCOMPRESION

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Ejemplo 16 L 2x2x1/4. Ej. 9 del Manual LRFD pág. 2-49.

Seccion Proceso Elemento Curvaturax Curvaturay

A	LAMINADO	NOATIESADO	SIMPLE	SIMPLE		
Orden PRIMERO	Estructura REGULAR	Movix IMPEDIDO	Moviy PERMITIDO			
Gax	Gbx	Gay	Gby			
1.00	1.00	1.00	0.68			
Pu	$\sum Pu$	$\sum Py$	Vu			
3.160E3	0.001E3	0.001E3	0.000E3			
Mtisx	Mtiix	Mtpsx	Mtpix			
6760	6760	0.000E5	0.000E5			
Mtisy	Mtiiy	Mtpsy	Mtpiy			
2221	2221	0.000E5	0.000E5			
DOHx	dox	$\sum Hx$	$\sum PEx$	Rx		
0.0	0.0	0.001E3	0.001E3	0.001E3		
DOHy	doy	$\sum Hy$	$\sum PEy$	Ry		
0.0	0.0	0.001E3	0.001E3	0.001E3		
L	Fy	E	G			
80.0	3514.0	2039000.0	784000.0			

d	tw	bf	tf	T	At
5.10	0.60	5.10	0.60	4.50	6.06
Ix	Sx	Zx	rx		
22.47	6.27	7.3	1.93		
Iy	Sy	Zy	ry		
5.82	2.77	3.2	0.99		
J	Ca				
0.8	2				

Solicitud del elemento:

FLEXOCOMPRESION

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Ejemplo 6.20 del libro de Oscar De Buen López de Heredia.

Seccion Proceso Elemento Curvaturax Curvaturay

I LAMINADO NOATIESADO SIMPLE DOBLE

Orden	Estructura	Movix	Moviy		
PRIMERO	REGULAR	IMPEDIDO	IMPEDIDO		
Gax	Gbx	Gay	Gby		
100	100	100	100		
Pu	∑Pu	∑Py	Vu		
112.000E3	0.001E5	0.001E5	0.0		
Mtisx	Mtiix	Mtpsx	Mtpix		
21E5	8.4E5	0.000E5	0.000E5		
Mtisy	Mtiiy	Mtpsy	Mtpiy		
7.000E5	11.900E5	0.000E5	0.000E5		
DOHx	dox	∑Hx	∑PEx	Rx	
0.0	0.0	0.001E3	0.001E3	0.001E3	
DOHy	doy	∑Hy	∑PEy	Ry	
0.0	0.0	0.001E3	0.001E3	0.001E3	
L	Fy	E	G		
400.0	2530.0	2039000.0	784000.0		
d	tw	bf	tf	T	At
48.2	1.66	28.6	2.69	39.3	216.19
Ix	Sx	Zx	rx		
84653	3606	4062.3	19.78		
Iy	Sy	Zy	ry		
10638	708	1162	7.01		
J	Ca				
441	5451278				

Solicitud del elemento:

FLEXOCOMPRESION

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Columna ilustradora.

Seccion Proceso Elemento Curvaturax Curvaturay

I LAMINADO NOATIESADO SIMPLE SIMPLE

Orden	Estructura	Movix	Moviy		
PRIMERO	REGULAR	PERMITIDO	PERMITIDO		
Gax	Gbx	Gay	Gby		
1.30	1.30	0.00	0.00		
Pu	∑Pu	∑Py	Vu		
200.400E3	0.001E5	0.001E5	0.0		
Mtisx	Mtiix	Mtpsx	Mtpix		
33.400E5	33.400E5	0.000E5	0.000E5		
Mtisy	Mtiiy	Mtpsy	Mtpiy		
4.060E5	0.000E5	0.000E5	0.000E5		
DOHx	dox	∑Hx	∑PEx	Rx	
0.0	0.0	0.001E3	0.001E3	0.001E3	
DOHy	doy	∑Hy	∑PEy	Ry	
0.0	0.0	0.001E3	0.001E3	0.001E	

L	Fy	E	G		
900.0	2530.0	2039000.0	784000.0		
d	tw	bf	tf	T	At
6.00	1.73	39.40	2.77	28.70	275.50
Ix	Sx	Zx	rx		
71175.0	3802.0	4261.0	16.10		
Iy	Sy	Zy	ry		
28179.0	1431.0	2179.0	10.1		
J	Ca				
633.0	1319454				

Solicitud del elemento:

FLEXOCOMPRESION

Datos para elementos trabajando en flexocompresión [en Kg y cm].

Nombre del elemento:

Torre 1. Análisis de primer orden.

Seccion Proceso Elemento Curvaturax Curvaturay
R SOLDADO ATIESADO SIMPLE SIMPLE

Orden	Estructura	Movix	Moviy		
PRIMERO	REGULAR	IMPEDIDO	PERMITIDO		
Gax	Gbx	Gay	Gby		
300	0.000	300	0.00		
Pu	∑Pu	∑Py	Vu		
3199.674E3	4486.713E3	15556.464E3	67.673E3		
Mtisx	Mtiix	Mttsx	Mtpix		
0.000E5	0.000E5	101.564E5	201.564E5		
Mtisy	Mtiiy	Mtpsy	Mtpiy		
0.000E5	0.000E5	30.469E5	60.469E5		
DOHx	dox	∑Hx	∑PEX	Rx	
1.042	1.042	281.146E3	7.10E7	6693.929E3	
DOHy	doy	∑Hy	∑PEY	Ry	
0.542	0.542	84.344E3	1.16E9	8925.239E3	
L	Fy	E	G		
300.0	2530	2039000.00	784000.00		
d	tw	bf	tf	T	At
128.5	4.27	120	4.27	118	2049.6
Ix	Sx	Zx	rx		
5187820	80719	95794	50.31		
Iy	Sy	Zy	ry		
4576681	76278	90542	47.25		
J	Ca				
8175243	2.018E10				

Solicitud del elemento:

FIN

ARCHIVO DE RESULTADOS

Programa para diseñar elementos de acero
cumpliendo con las Normas del RCDF.

(C) COPYRIGHT 28 de febrero de 1992 V1.0
Por Ing. Juan Aldasoro Robles
ALL RIGHTS RESERVED

Archivo de datos: FlexoC
Archivo de resultados: FlexoC Res

Hora: 21:16:27
Fecha: 7/ 5/92

Comentario general:
Ejemplos de flexocompresión.

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXOCOMPRESION
Nombre del elemento: Ejemplo 15 W 14X99. Ej. 4 del Manual LRFD pág. 2-11.
Sección: I
Proceso de fabricación: LAMINADO
Elemento plano: NOATIESADO
Curvatura en que se flexiona el elemento en X: SIMPLE
Curvatura en que se flexiona el elemento en Y: SIMPLE
Orden del análisis: PRIMERO
Clasificación de la estructura: REGULAR
Movimiento lateral de la columna en la dirección X: PERMITIDO
Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: PERMITIDO
Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 1.00
Coeficiente del apoyo B en la dirección X: 1.00
Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 0.00
Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: 0.00
Fuerza axial de diseño sobre la columna: 136.077 E3
Suma de las fuerzas axiales de diseño: .001 E3
Suma de las fuerzas axiales de fluencia: .001 E3
Fuerza cortante de diseño: .000 E3
Mom. que no ocasiona desp. sup. en X: 24.890 E5
Mom. que no ocasiona desp. inf. en X: 24.890 E5
Mom. que sí ocasiona desp. sup. en X: .000 E5
Mom. que si ocasiona desp. inf. en X: .000 E5
Mom. que no ocasiona desp. sup. en Y: 8.300 E5
Mom. que no ocasiona desp. inf. en Y: 8.300 E5
Mom. que sí ocasiona desp. sup. en Y: .000 E5
Mom. que si ocasiona desp. inf. en Y: .000 E5
Desplazamiento horizontal relativo X: .000
Deflexión máxima X: .000
Suma de fuerzas horizontales en X: .001 E3
Suma de cargas críticas X: .001 E3
Rigidez de entrepiso X: .001 E3

Desplazamiento horizontal relativo Y: .000
 Deflexión máxima Y: .000
 Suma de fuerzas horizontales en Y: .001 E3
 Suma de cargas críticas Y: .001 E3
 Rigidez de entrepiso Y: .001 E3
 Longitud libre de la columna: 427.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
 Peralte total de la sección: 35.97
 Espesor del alma: 1.23
 Ancho del patín: 37.00
 Espesor del patín: 1.98
 Peralte del alma de la sección: 28.58
 Area total del miembro: 187.74
 Momento de inercia X: 46202.00
 Módulo de sección X: 2573.00
 Módulo de sección plástico X: 2835.00
 Radio de giro X: 15.67
 Momento de inercia Y: 16733.00
 Módulo de sección Y: 905.00
 Módulo de sección plástico Y: 1370.00
 Radio de giro Y: 9.40
 Constante de torsión de Saint Venant: 223.52
 Constante de torsión por alabeo: 4833646.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Factor de longitud efectiva en X (K_x): 1.3
 Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 1.0
 Relación de esbeltez X ($K_x L / r_x$): 35.90
 Relación de esbeltez Y ($K_y L / r_y$): 45.44
 Relación de esbeltez máxima ($K_x L / r_x$)_{máx}: 45.44
 Factor de amplificación de los momentos B_{1x} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{1y} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{2x} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{2y} : 1.000
 Revisión de la columna a flexión pura.
 Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 2
 Clasificación de toda la sección: Tipo 2
 Sección compacta.
 Longitud máxima L_u : 718.6
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico L_p : 740.16
 Momento elástico X: 65.097E5
 Momento elástico Y: 22.896E5
 Momento plástico X: 71.726E5
 Momento plástico Y: 34.661E5
 Miembro soportado lateralmente ($L < L_u$).
 Resistencia de diseño en flexión:
 El elemento sí resiste la flexión.
 Resistencia [MR]: 64.553E5

 Resistencia de diseño a fuerza cortante:
 El elemento sí resiste la fuerza cortante.
 Resistencia [VR]: 52.829E3

 Revisión de la columna a compresión pura.
 Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1

Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Factor de longitud efectiva en X (K_x): 1.3
 Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 1.0
 Relación de esbeltez X ($K_x L/r_x$): 35.90
 Relación de esbeltez Y ($K_y L/r_y$): 45.44
 Relación de esbeltez máxima ($K_x L/r_x$) $_{\text{máx}}$: 45.44
 Estado límite de pandeo por compresión:
 El elemento sí resiste la compresión.
 Resistencia [R_c]: 387.730 E3

Extremo superior:
 Estado límite de pandeo por flexocompresión:
 El elemento sí resiste la flexocompresión.
 Factor por compresión: .000
 Factor por flexión en X: .479
 Factor por flexión en Y: .266
 Factor en el extremo superior: .745

Extremo inferior:
 Estado límite de pandeo por flexocompresión:
 El elemento sí resiste la flexocompresión.
 Factor por compresión: .000
 Factor por flexión en X: .479
 Factor por flexión en Y: .266
 Factor en el extremo inferior: .745

Columna completa:
 Estado límite de pandeo por flexocompresión:
 !!!El elemento no resiste la flexocompresión!!!
 Factor por compresión: .351
 Factor por flexión en X: .386
 Factor por flexión en Y: .266
 Factor de la columna completa: 1.003

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXOCOMPRESION
 Nombre del elemento: Ejemplo 16 L 2x2x1/4. Ej. 9 del Manual LRFD pág. 2-49.
 Sección: A
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Curvatura en que se flexiona el elemento en X: SIMPLE
 Curvatura en que se flexiona el elemento en Y: SIMPLE
 Orden del análisis: PRIMERO
 Clasificación de la estructura: REGULAR
 Movimiento lateral de la columna en la dirección X: IMPEDIDO
 Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: PERMITIDO
 Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 1.00
 Coeficiente del apoyo B en la dirección X: 1.00
 Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 1.00
 Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: .68
 Fuerza axial de diseño sobre la columna: 3.160 E3
 Suma de las fuerzas axiales de diseño: .001 E3
 Suma de las fuerzas axiales de fluencia: .001 E3
 Fuerza cortante de diseño: .000 E3
 Mom. que no ocasiona desp. sup. en X: .068 E5
 Mom. que no ocasiona desp. inf. en X: .068 E5
 Mom. que sí ocasiona desp. sup. en X: .000 E5
 Mom. que sí ocasiona desp. inf. en X: .000 E5
 Mom. que no ocasiona desp. sup. en Y: .022 E5
 Mom. que no ocasiona desp. inf. en Y: .022 E5
 Mom. que sí ocasiona desp. sup. en Y: .000 E5
 Mom. que sí ocasiona desp. inf. en Y: .000 E5

Desplazamiento horizontal relativo X: .000
 Deflexión máxima X: .000
 Suma de fuerzas horizontales en X: .001 E3
 Suma de cargas críticas X: .001 E3
 Rigidez de entrepiso X: .001 E3
 Desplazamiento horizontal relativo Y: .000
 Deflexión máxima Y: .000
 Suma de fuerzas horizontales en Y: .001 E3
 Suma de cargas críticas Y: .001 E3
 Rigidez de entrepiso Y: .001 E3
 Longitud libre de la columna: 80.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 3514.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
 Peralte total de la sección: 5.10
 Espesor del alma: .60
 Ancho del patín: 5.10
 Espesor del patín: .60
 Peralte del alma de la sección: 4.50
 Área total del miembro: 6.06
 Momento de inercia X: 22.47
 Módulo de sección X: 6.27
 Módulo de sección plástico X: 7.30
 Radio de giro X: 1.93
 Momento de inercia Y: 5.82
 Módulo de sección Y: 2.77
 Módulo de sección plástico Y: 3.20
 Radio de giro Y: .99
 Constante de torsión de Saint Venant: .80
 Constante de torsión por alabeo: 2.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 3
 Clasificación del patín: Tipo 3
 Clasificación de toda la sección: Tipo 3
 Sección no compacta.
 Factor de longitud efectiva en X (K_x): .8
 Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 1.3
 Relación de esbeltez X ($K_x L/r_x$): 33.53
 Relación de esbeltez Y ($K_y L/r_y$): 102.55
 Relación de esbeltez máxima ($K_x L/r_x$) $_{\text{máx}}$: 102.55
 Factor de amplificación de los momentos B_{1x} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{1y} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{2x} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{2y} : 1.000
 Revisión de la columna a flexión pura.
 Clasificación del alma: Tipo 3
 Clasificación del patín: Tipo 3
 Clasificación de toda la sección: Tipo 3
 Sección no compacta.
 Longitud máxima L_u : .0
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico L_p : 59.45
 Momento elástico X: .220E5
 Momento elástico Y: .097E5
 Momento plástico X: .257E5
 Momento plástico Y: .112E5
 Miembro no soportado lateralmente ($L > L_u$).
 Longitud máxima para L_r : .0
 Resistencia de diseño en flexión:
 El elemento sí resiste la flexión.
 Resistencia [MR]: .198E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:
El elemento sí resiste la fuerza cortante.
Resistencia [VR]: 5.636E3

Revisión de la columna a flexión pura.
Clasificación del alma: Tipo 3
Clasificación del patín: Tipo 3
Clasificación de toda la sección: Tipo 3
Sección no compacta.
Longitud máxima L_u : .0
Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico L_p : 59.45
Momento elástico X: .220E5
Momento elástico Y: .097E5
Momento plástico X: .257E5
Momento plástico Y: .112E5
Miembro no soportado lateralmente ($L > L_u$).
Longitud máxima para L_r : .0
Resistencia de diseño en flexión:
El elemento sí resiste la flexión.
Resistencia [MR]: .198E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:
El elemento sí resiste la fuerza cortante.
Resistencia [VR]: 5.636E3

Revisión de la columna a compresión pura.
Clasificación del alma: Tipo 3
Clasificación del patín: Tipo 3
Clasificación de toda la sección: Tipo 3
Sección no compacta.
Factor de longitud efectiva en X (K_x): .8
Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 1.3
Relación de esbeltez X ($K_x L / r_x$): 33.53
Relación de esbeltez Y ($K_y L / r_y$): 102.55
Relación de esbeltez máxima ($K_x L / r_x$) $_{m\acute{a}x}$: 102.55
Factor de longitud efectiva crítica (KL/r) $_c$: 107.0
Estado límite de pandeo por compresión:
El elemento sí resiste la compresión.
Resistencia [Rc]: 9.780 E3

Extremo superior:
Estado límite de pandeo por flexocompresión:
El elemento sí resiste la flexocompresión.
Factor por compresión: .165
Factor por flexión en X: .341
Factor por flexión en Y: .112
Factor en el extremo superior: .618

Extremo inferior:
Estado límite de pandeo por flexocompresión:
El elemento sí resiste la flexocompresión.
Factor por compresión: .165
Factor por flexión en X: .341
Factor por flexión en Y: .112
Factor en el extremo inferior: .618

Columna completa:
Estado límite de pandeo por flexocompresión:
El elemento sí resiste la flexocompresión.
Factor por compresión: .323
Factor por flexión en X: .341
Factor por flexión en Y: .112
Factor de la columna completa: .776

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXOCOMPRESION
 Nombre del elemento: Ejemplo 6.20 del libro de Oscar De Buen López de Heredia.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Curvatura en que se flexiona el elemento en X: SIMPLE
 Curvatura en que se flexiona el elemento en Y: DOBLE
 Orden del análisis: PRIMERO
 Clasificación de la estructura: REGULAR
 Movimiento lateral de la columna en la dirección X: IMPEDIDO
 Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: IMPEDIDO
 Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 100.00
 Coeficiente del apoyo B en la dirección X: 100.00
 Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 100.00
 Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: 100.00
 Fuerza axial de diseño sobre la columna: 112.000 E3
 Suma de las fuerzas axiales de diseño: .100 E3
 Suma de las fuerzas axiales de fluencia: .100 E3
 Fuerza cortante de diseño: .000 E3
 Mom. que no ocasiona desp. sup. en X: 21.000 E5
 Mom. que no ocasiona desp. inf. en X: 8.400 E5
 Mom. que sí ocasiona desp. sup. en X: .000 E5
 Mom. que si ocasiona desp. inf. en X: .000 E5
 Mom. que no ocasiona desp. sup. en Y: 7.000 E5
 Mom. que no ocasiona desp. inf. en Y: 11.900 E5
 Mom. que sí ocasiona desp. sup. en Y: .000 E5
 Mom. que si ocasiona desp. inf. en Y: .000 E5
 Desplazamiento horizontal relativo X: .000
 Deflexión máxima X: .000
 Suma de fuerzas horizontales en X: .001 E3
 Suma de cargas críticas X: .001 E3
 Rigidez de entrepiso X: .001 E3
 Desplazamiento horizontal relativo Y: .000
 Deflexión máxima Y: .000
 Suma de fuerzas horizontales en Y: .001 E3
 Suma de cargas críticas Y: .001 E3
 Rigidez de entrepiso Y: .001 E3
 Longitud libre de la columna: 400.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
 Peralte total de la sección: 48.20
 Espesor del alma: 1.66
 Ancho del patín: 28.60
 Espesor del patín: 2.69
 Peralte del alma de la sección: 39.30
 Area total del miembro: 216.19
 Momento de inercia X: 84653.00
 Módulo de sección X: 3606.00
 Módulo de sección plástico X: 4062.30
 Radio de giro X: 19.78
 Momento de inercia Y: 10638.00
 Módulo de sección Y: 708.00
 Módulo de sección plástico Y: 1162.00
 Radio de giro Y: 7.01
 Constante de torsión de Saint Venant: 441.00
 Constante de torsión por alabeo: 5451278.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1

Sección para diseño plástico.

Factor de longitud efectiva en X (K_x): 1.0
 Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 1.0
 Relación de esbeltez X ($K_x L/r_x$): 20.14
 Relación de esbeltez Y ($K_y L/r_y$): 56.83
 Relación de esbeltez máxima ($K_x L/r_x$) $_{\text{máx}}$: 56.83
 Factor de amplificación de los momentos B_{1x} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{1y} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{2x} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{2y} : 1.000

Revisión de la columna a flexión pura.

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1

Sección para diseño plástico.

Longitud máxima L_u : 670.2
 Longitud máxima no contraventada para diseño plástico L_p : 665.90
 Momento elástico X: 91.232E5
 Momento elástico Y: 17.912E5
 Momento plástico X: 102.776E5
 Momento plástico Y: 29.399E5
 Miembro soportado lateralmente ($L < L_u$).
 Resistencia de diseño en flexión:
 El elemento sí resiste la flexión.
 Resistencia [MR]: 92.499E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:

El elemento sí resiste la fuerza cortante.
 Resistencia [VR]: 98.041E3

Revisión de la columna a compresión pura.

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Factor de longitud efectiva en X (K_x): 1.0
 Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 1.0
 Relación de esbeltez X ($K_x L/r_x$): 20.14
 Relación de esbeltez Y ($K_y L/r_y$): 56.83
 Relación de esbeltez máxima ($K_x L/r_x$) $_{\text{máx}}$: 56.83
 Estado límite de pandeo por compresión:
 El elemento sí resiste la compresión.
 Resistencia [Rc]: 413.093 E3

Extremo superior:

Estado límite de pandeo por flexocompresión:
 El elemento sí resiste la flexocompresión.
 Factor por compresión: .000
 Factor por flexión en X: .249
 Factor por flexión en Y: .265
 Factor en el extremo superior: .514

Extremo inferior:

Estado límite de pandeo por flexocompresión:
 El elemento sí resiste la flexocompresión.
 Factor por compresión: .000
 Factor por flexión en X: .249
 Factor por flexión en Y: .265
 Factor en el extremo inferior: .549

Columna completa:

Estado límite de pandeo por flexocompresión:
 El elemento sí resiste la flexocompresión.
 Factor por compresión: .271

Factor por flexión en X: .227
 Factor por flexión en Y: .450
 Factor de la columna completa: .948

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXOCOMPRESION
 Nombre del elemento: Columna ilustradora.
 Sección: I
 Proceso de fabricación: LAMINADO
 Elemento plano: NOATIESADO
 Curvatura en que se flexiona el elemento en X: SIMPLE
 Curvatura en que se flexiona el elemento en Y: SIMPLE
 Orden del análisis: PRIMERO
 Clasificación de la estructura: REGULAR
 Movimiento lateral de la columna en la dirección X: PERMITIDO
 Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: PERMITIDO
 Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 1.30
 Coeficiente del apoyo B en la dirección X: 1.30
 Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 0.00
 Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: 0.00
 Fuerza axial de diseño sobre la columna: 200.400 E3
 Suma de las fuerzas axiales de diseño: .100 E3
 Suma de las fuerzas axiales de fluencia: .100 E3
 Fuerza cortante de diseño: .000 E3
 Mom. que no ocasiona desp. sup. en X: 33.400 E5
 Mom. que no ocasiona desp. inf. en X: 33.400 E5
 Mom. que sí ocasiona desp. sup. en X: .000 E5
 Mom. que si ocasiona desp. inf. en X: .000 E5
 Mom. que no ocasiona desp. sup. en Y: 4.060 E5
 Mom. que no ocasiona desp. inf. en Y: .000 E5
 Mom. que sí ocasiona desp. sup. en Y: .000 E5
 Mom. que si ocasiona desp. inf. en Y: .000 E5
 Desplazamiento horizontal relativo X: .000
 Deflexión máxima X: .000
 Suma de fuerzas horizontales en X: .001 E3
 Suma de cargas críticas X: .001 E3
 Rigidez de entrepiso X: .001 E3
 Desplazamiento horizontal relativo Y: .000
 Deflexión máxima Y: .000
 Suma de fuerzas horizontales en Y: .001 E3
 Suma de cargas críticas Y: .001 E3
 Rigidez de entrepiso Y: 0.000 E3
 Longitud libre de la columna: 900.00
 Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.
 Módulo de elasticidad del acero: 2039000.
 Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.
 Peralte total de la sección: 6.00
 Espesor del alma: 1.73
 Ancho del patín: 39.40
 Espesor del patín: 2.77
 Peralte del alma de la sección: 28.70
 Area total del miembro: 275.50
 Momento de inercia X: 71175.00
 Módulo de sección X: 3802.00
 Módulo de sección plástico X: 4261.00
 Radio de giro X: 16.10
 Momento de inercia Y: 28179.00
 Módulo de sección Y: 1431.00
 Módulo de sección plástico Y: 2179.00
 Radio de giro Y: 10.10
 Constante de torsión de Saint Venant: 633.00
 Constante de torsión por alabeo: 1319454.00

RESULTADOS:

Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Factor de longitud efectiva en X (K_x): 1.4
 Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 1.0
 Relación de esbeltez X ($K_x L/r_x$): 78.45
 Relación de esbeltez Y ($K_y L/r_y$): 89.14
 Relación de esbeltez máxima ($K_x L/r_x$) $_{m\acute{a}x}$: 89.14
 Factor de amplificación de los momentos B_{1x} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{1y} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{2x} : 1.000
 Factor de amplificación de los momentos B_{2y} : 1.000
 Revisión de la columna a flexión pura.
 Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Longitud máxima L_u : 757.9
 Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico L_p : 818.29
 Momento elástico X: 96.191E5
 Momento elástico Y: 36.204E5
 Momento plástico X: 107.803E5
 Momento plástico Y: 55.129E5
 Miembro no soportado lateralmente ($L > L_u$).
 Longitud máxima para L_r : 2345.5
 Resistencia de diseño en flexión:
 El elemento sí resiste la flexión.
 Resistencia [MR]: 85.625E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:
 El elemento sí resiste la fuerza cortante.
 Resistencia [VR]: 74.617E3

Revisión de la columna a compresión pura.
 Clasificación del alma: Tipo 1
 Clasificación del patín: Tipo 1
 Clasificación de toda la sección: Tipo 1
 Sección para diseño plástico.
 Factor de longitud efectiva en X (K_x): 1.4
 Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 1.0
 Relación de esbeltez X ($K_x L/r_x$): 78.45
 Relación de esbeltez Y ($K_y L/r_y$): 89.14
 Relación de esbeltez máxima ($K_x L/r_x$) $_{m\acute{a}x}$: 89.14
 Estado límite de pandeo por compresión:
 El elemento sí resiste la compresión.
 Resistencia [Rc]: 383.232 E3

Extremo superior:
 Estado límite de pandeo por flexocompresión:
 El elemento sí resiste la flexocompresión.
 Factor por compresión: .000
 Factor por flexión en X: .429
 Factor por flexión en Y: .082
 Factor en el extremo superior: .511

Extremo inferior:
 Estado límite de pandeo por flexocompresión:
 El elemento sí resiste la flexocompresión.
 Factor por compresión: .000
 Factor por flexión en X: .429
 Factor por flexión en Y: .082
 Factor en el extremo inferior: .429

Columna completa:

Estado límite de pandeo por flexocompresión:

El elemento sí resiste la flexocompresión.

Factor por compresión: .523

Factor por flexión en X: .390

Factor por flexión en Y: .082

Factor de la columna completa: .995

DATOS:

Solicitud del elemento: FLEXOCOMPRESION

Nombre del elemento: Torre 1. Análisis de primer orden.

Sección: R

Proceso de fabricación: SOLDADO

Elemento plano: ATIESADO

Curvatura en que se flexiona el elemento en X: SIMPLE

Curvatura en que se flexiona el elemento en Y: SIMPLE

Orden del análisis: PRIMERO

Clasificación de la estructura: REGULAR

Movimiento lateral de la columna en la dirección X: IMPEDIDO

Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: PERMITIDO

Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 100.00

Coeficiente del apoyo B en la dirección X: 0.00

Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 100.00

Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: 0.00

Fuerza axial de diseño sobre la columna: 3199.674 E3

Suma de las fuerzas axiales de diseño: 4486.713 E3

Suma de las fuerzas axiales de fluencia: 15556.463 E3

Fuerza cortante de diseño: 67.673 E3

Mom. que no ocasiona desp. sup. en X: 101.564 E5

Mom. que no ocasiona desp. inf. en X: 201.564 E5

Mom. que sí ocasiona desp. sup. en X: 101.564 E5

Mom. que sí ocasiona desp. inf. en X: 201.564 E5

Mom. que no ocasiona desp. sup. en Y: .000 E5

Mom. que no ocasiona desp. inf. en Y: .000 E5

Mom. que sí ocasiona desp. sup. en Y: 30.469 E5

Mom. que sí ocasiona desp. inf. en Y: 60.469 E5

Desplazamiento horizontal relativo X: 1.042

Deflexión máxima X: 1.042

Suma de fuerzas horizontales en X: 281.146 E3

Suma de cargas críticas X: 71000.000 E3

Rigidez de entrepiso X: 6693.929 E3

Desplazamiento horizontal relativo Y: .542

Deflexión máxima Y: .542

Suma de fuerzas horizontales en Y: 84.344 E3

Suma de cargas críticas Y: 116000.000 E3

Rigidez de entrepiso Y: 8925.239 E3

Longitud libre de la columna: 300.00

Esfuerzo de fluencia del acero: 2530.

Módulo de elasticidad del acero: 2039000.

Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 784000.

Peralte total de la sección: 128.50

Espesor del alma: 4.27

Ancho del patín: 120.00

Espesor del patín: 4.27

Peralte del alma de la sección: 118.00

Area total del miembro: 2049.60

Momento de inercia X: 5187820.00

Módulo de sección X: 80719.00

Módulo de sección plástico X: 95794.00

Radio de giro X: 50.31

Momento de inercia Y: 4576681.00

Módulo de sección Y: 76278.00

Módulo de sección plástico Y: 90542.00

Radio de giro Y: 47.25
Constante de torsión de Saint Venant: 8175243.00
Constante de torsión por alabeo: 20180000000.00

RESULTADOS:

El pandeo de conjunto de un entrepiso no es crítico en la dirección X
El pandeo de conjunto de un entrepiso no es crítico en la dirección Y
Clasificación del alma: Tipo 1
Clasificación del patín: Tipo 4
Clasificación de toda la sección: Tipo 4
Sección esbelta o de pared delgada.
Factor de longitud efectiva en X (K_x): .7
Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 2.0
Relación de esbeltez X ($K_x L / r_x$): 4.18
Relación de esbeltez Y ($K_y L / r_y$): 12.40
Relación de esbeltez máxima ($K_x L / r_x$)_{máx}: 12.40
Factor de amplificación de los momentos B_{1x} : 1.000
Factor de amplificación de los momentos B_{1y} : 1.000
Factor de amplificación de los momentos B_{2x} : 1.076
Factor de amplificación de los momentos B_{2y} : 1.120
Revisión de la columna a flexión pura.
Clasificación del alma: Tipo 1
Clasificación del patín: Tipo 1
Clasificación de toda la sección: Tipo 1
Sección para diseño plástico.
Longitud máxima L_u : 61813.3
Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico L_p : 3940.61
Momento elástico X: 2042.191E5
Momento elástico Y: 1929.833E5
Momento plástico X: 2423.588E5
Momento plástico Y: 2290.713E5
Miembro soportado lateralmente ($L \leq L_u$).
Resistencia de diseño en flexión:
El elemento sí resiste la flexión.
Resistencia [MR]: 2181.229E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:
El elemento sí resiste la fuerza cortante.
Resistencia [VR]: 757.211E3

Revisión de la columna a flexión pura.
Clasificación del alma: Tipo 1
Clasificación del patín: Tipo 1
Clasificación de toda la sección: Tipo 1
Sección para diseño plástico.
Longitud máxima L_u : 61813.4
Longitud máxima no contraventeada para diseño plástico L_p : 3940.61
Momento elástico X: 2042.191E5
Momento elástico Y: 1929.833E5
Momento plástico X: 2423.588E5
Momento plástico Y: 2290.713E5
Miembro soportado lateralmente ($L \leq L_u$).
Resistencia de diseño en flexión:
El elemento sí resiste la flexión.
Resistencia [MR]: 2181.229E5

Resistencia de diseño a fuerza cortante:
El elemento sí resiste la fuerza cortante.
Resistencia [VR]: 757.211E3

Revisión de la columna a compresión pura.

Clasificación del alma: Tipo 1
Clasificación del patín: Tipo 4
Clasificación de toda la sección: Tipo 4
Sección esbelta o de pared delgada.
Factor de longitud efectiva en X (K_x): .7
Factor de longitud efectiva en Y (K_y): 2.0
Relación de esbeltez X ($K_x L / r_x$): 4.18
Relación de esbeltez Y ($K_y L / r_y$): 12.40
Relación de esbeltez máxima ($K_x L / r_x$)_{máx}: 12.40
Factor de reducción Q_s : 1.000
Coeficiente del área efectiva Q_a : 1.000
Factor de pandeo local Q : 1.000
Factor de longitud efectiva crítica (KL/r)_c: 126.0
Estado límite de pandeo por compresión:
El elemento sí resiste la compresión.
Resistencia [R_c]: 3870.285 E3

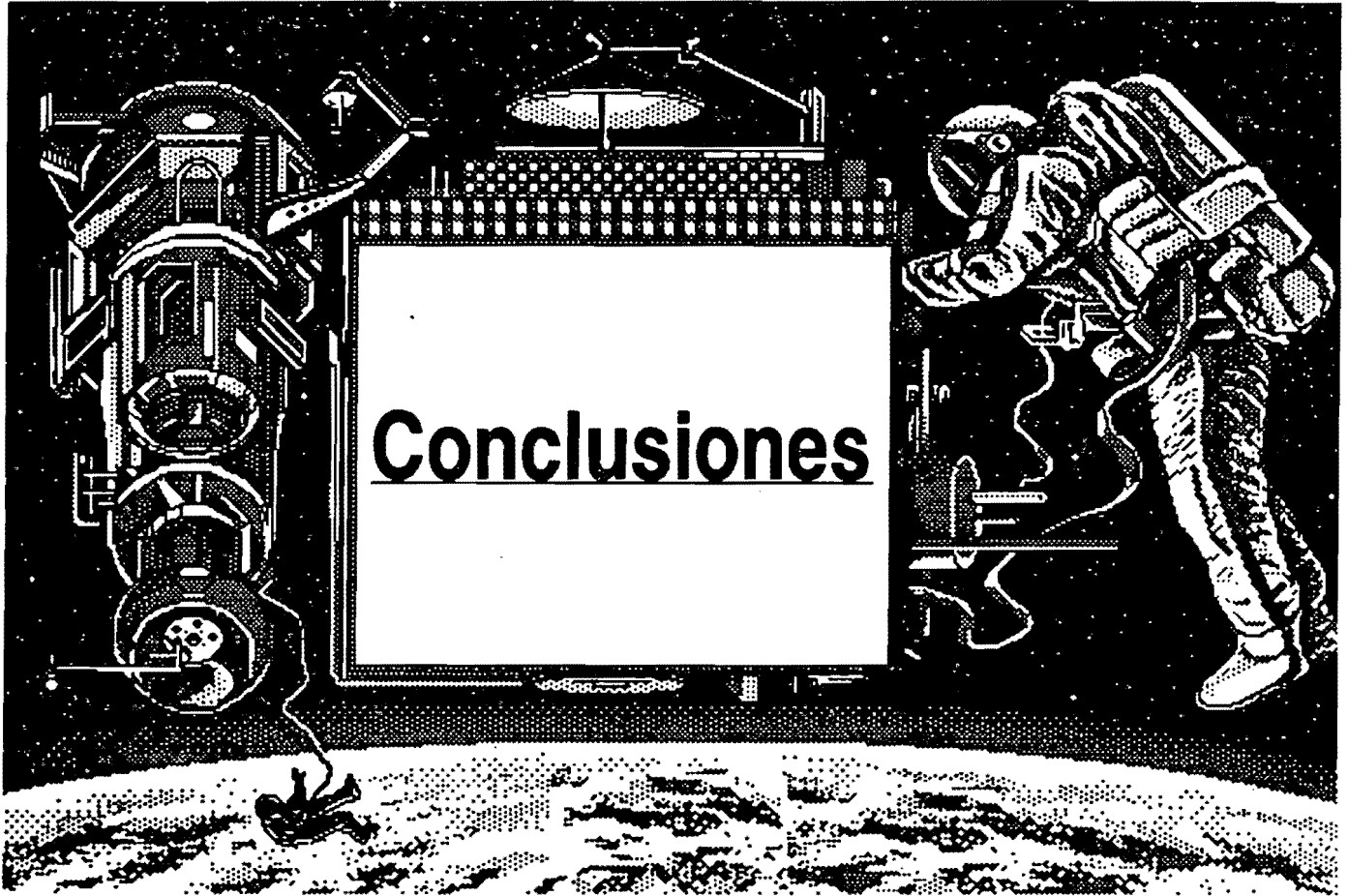
Extremo superior:
Estado límite de pandeo por flexocompresión:
El elemento sí resiste la flexocompresión.
Factor por compresión: .686
Factor por flexión en X: .093
Factor por flexión en Y: .016
Factor en el extremo superior: .794

Extremo inferior:
Estado límite de pandeo por flexocompresión:
El elemento sí resiste la flexocompresión.
Factor por compresión: .686
Factor por flexión en X: .093
Factor por flexión en Y: .016
Factor en el extremo inferior: .901

Columna completa:
Estado límite de pandeo por flexocompresión:
!!!El elemento no resiste la flexocompresión!!!
Factor por compresión: .827
Factor por flexión en X: .185
Factor por flexión en Y: .031
Factor de la columna completa: 1.043

Fin de la ejecución del programa.

MEXICO



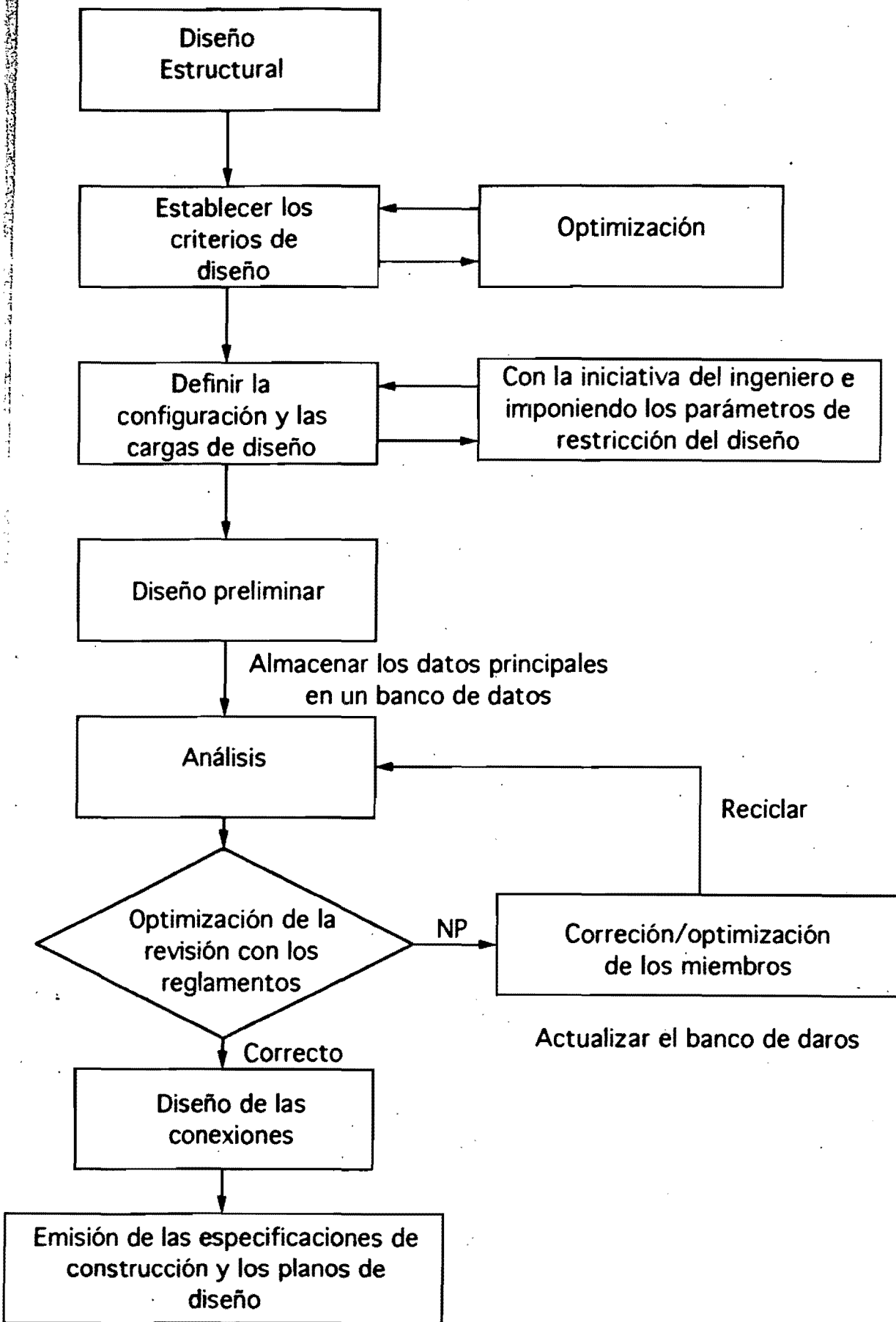
Capítulo VI

Conclusiones

A finales de la década de 1940 se dispuso por primera vez de las computadoras electrónicas como instrumento de investigación en las universidades y en la industria. Desde entonces, a medida que disminuyeron el tamaño y el precio de los componentes de las computadoras y se incrementó su capacidad y posibilidades, se han difundido con rapidez en todos los campos de la ingeniería y se han producido cambios impresionantes en la práctica y la productividad. Procesos que alguna vez fueron imposibles, demasiado laboriosos o imprácticos con procedimientos manuales, se efectúan hoy rápidamente en las nuevas computadoras personales. Las computadoras pueden hacer distribuciones, proyecciones isométricas, análisis, diseñar miembros, revisar códigos, seleccionar los tamaños de los miembros, modificar y hacer óptimos los diseños (estos últimos cuatro casos son los que lleva a cabo el programa Acero 92) y por último, preparar planos completos con los detalles de diseño.

La tecnología con ayuda de la computadora y su aplicación ha conducido con rapidez a que el ingeniero y la computadora interactúen como socios en el diseño. El ingeniero suministra controles y guías de diseño basado en su habilidad y experiencia profesional y la computadora realiza los cálculos, revisiones e iteraciones veloces para alcanzar una solución óptima. Al mismo tiempo, la computadora crea un enorme archivo de datos con información almacenada que el ingeniero puede utilizar en forma parcial o total en trabajos nuevos y mejorar más la solución.

El diseño es un proceso que incluye la configuración, las cargas, condiciones de frontera, propiedades de los materiales, elecciones óptimas, reglamentos y especificaciones. Un diseño final siempre es el resultado de una secuencia de operaciones de solución de problemas unida a varias elecciones y optimizaciones. En la mayor parte de las situaciones, el problema de diseño en acero no tiene al principio una solución fácil o directa. Sin embargo, existen algunas soluciones iniciales y preliminares para comenzar cualquier problema complejo de diseño. Una de las más importantes de estas soluciones de diseño es la utilización de computadoras para alcanzar una solución satisfactoria y cumplir los requerimientos de criterios de diseño y comportamiento. Con el auxilio de una computadora personal, se puede ejecutar con mucha eficacia una parte o todo el diseño del sistema integrado. Los programas de diseño se pueden utilizar como una herramienta analítica que permite una síntesis rápida por medio de una cantidad de iteraciones sucesivas.

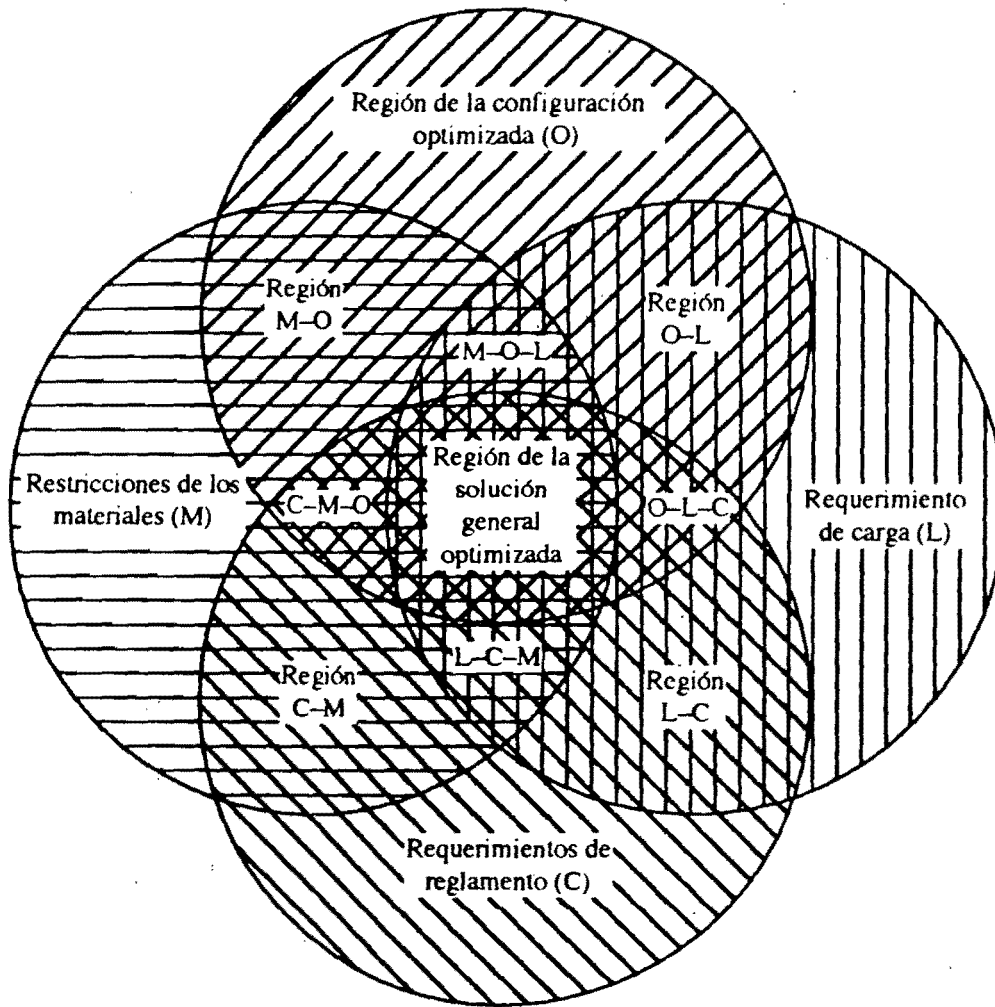


En el diagrama de flujo de la página anterior se muestra el sistema integrado del diseño con ayuda de la computadora, que consta de los pasos lógicos mostrados. Se debe establecer un criterio de diseño completo antes de que se desarrolle un trabajo real de diseño. El criterio de diseño proporciona una guía general en relación con el tipo del sistema estructural, resistencia de los materiales y grados, configuración estructural, cargas de diseño y especificaciones. Se deben establecer los parámetros de restricción del diseño junto con los requerimientos de revisión que establecen los reglamentos.

La optimización del diseño estructural se ha definido como el diseño y la construcción de una estructura con el costo total más bajo para cumplir con los objetivos de diseño. Su propósito es el de hacer máximos en forma simultánea la apariencia estructural, las condiciones de servicio, la seguridad, confiabilidad y adaptabilidad futura, y al mismo tiempo, hacer mínimo el costo total del diseño, la construcción, el mantenimiento y el tiempo. Por medio de la tecnología con la ayuda de la computadora se pueden variar en forma eficaz los principales parámetros de diseño como los sistemas estructurales (esto es, las configuraciones geométricas de los sistemas de columnas y pisos, materiales, y requerimientos de reglamentos y especificaciones) para llegar a un diseño óptimo. Esto se ilustra en la siguiente figura en términos de la valía o mérito de la estructura contra el costo general.

Un experto ingeniero estructurista que disponga de datos estadísticos puede simplificar una estructura compleja a una cantidad manejable de parámetros de diseño para un proceso analítico rápido. Con el objeto de llegar a una solución general óptima, como se ilustra en la figura siguiente, la optimización del diseño requiere en general considerar en forma simultánea los factores principales siguientes: (1) configuración estructural, (2) materiales, (3) cargas externas y (4) los reglamentos y especificaciones aplicables.

El concepto de la optimización del diseño general



Es todavía grande la incertidumbre que se tiene en el diseño estructural, desde la evaluación de las cargas verticales: vivas y muertas; las accidentales: viento y sismo, hasta los procedimientos de análisis y dimensionamiento. En el diseño estructural se ha hecho hincapié en el desarrollo de métodos de análisis de estructuras, pero se han llevado a cabo estudios limitados sobre los valores probables de las cargas que actúan. Es aquí donde se pueden cometer los mayores errores y donde nuestro conocimiento es más escaso. La estimación debidas al peso propio puede hacerse con relativa precisión: los errores no serán mayores del 10 por ciento, si se han evaluado con cuidado los volúmenes de los materiales y los pesos volumétricos. En lo que respecta a cargas vivas, los errores en la estimación pueden ser del 100 por ciento o aún mayores. La carga viva está especificada comúnmente en los reglamentos de construcción como carga equivalente repartida de manera uniforme, con distintas intensidades de acuerdo con el uso considerado. Estos valores equivalentes se basan en estudios limitados. Los efectos de las cargas equivalentes en la estructura pueden ser muy diferentes de los efectos de las cargas reales.

Las hipótesis simplificadoras que se hacen en las distintas etapas dan lugar a que el comportamiento real difiera del esperado, pareciéndose más a medida que las hipótesis de partida se puedan modelar matemáticamente mejor. La sobresimplificación no garantiza que se tenga seguridad en una estructura, porque un elemento mayor puede no estar colocado en la posición más adecuados, lo cual conduce a que el comportamiento no se presente como se espera.

Por lo antes expuesto, se puede afirmar que a medida que conozcamos mejor cada una de las etapas del diseño estructural, las incertidumbres serán menores y los procedimientos de análisis y dimensionamiento serán más racionales.

El presente trabajo es una contribución a mejorar el dimensionamiento de elementos de acero y para precisar con mayor certidumbre el comportamiento que estos tendrán bajo condiciones de carga última; en la etapa actual hay todavía que hacer algunos cambios para que sea más eficiente e interactúe con ciertos programas de análisis de manera automática.

Lo aquí mostrado hace ver la importancia cada vez mayor del uso de herramientas computacionales para mejorar la calidad y eficiencia del diseño. Un examen de los beneficios que pueden derivarse del empleo de *Software* indica que el Ingeniero Civil debe aprender a trabajar con estos programas, con objeto de permanecer en una posición competitiva, ya sea como individuo o como empresario. El uso correcto de los programas ahorra tiempo, mano de obra y dinero. Tanto en lo que se refiere al empleo de manuales y ayudas de diseño, como al de los programas de

computadoras, el diseñador debería tener grabado en su mente las siguientes recomendaciones:

◆ Nunca uses una de estas herramientas si no sabes en qué teorías se basan, qué hipótesis tiene implícitas y qué limitaciones existen para su uso.

◆ Después asegúrese que es aplicable a tu caso particular, cuida que se puedan tener los datos que se requieren para su empleo y pon atención en emplear las unidades correctas.

◆ Una vez obtenidos los resultados, examínalos críticamente, ve si son razonables; si es posible compruébalos con otros procedimientos aproximados que estés convencido de que no hay errores gruesos en el proceso.

◆ Analiza qué aspectos no han sido tomados en cuenta en ese proceso y asegúrese de que no alteran el diseño.

La importancia de este trabajo proviene del hecho de que hace posible el uso del diseño por factor de carga y resistencia por medio de un programa de computadora y cumpliendo completamente con las Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal. Esto con el fin de sustituir el uso del método de los esfuerzos permisibles.

Al comparar los resultados de los ejemplo del Manual de Construcción en Acero por Factores de Carga y Resistencia del AISC, se observó que no tienen diferencias significativas con los valores calculados y los del programa Acero 92, por lo que podemos hacer confianza en este programa.

Este trabajo es una excelente ayuda para los alumnos de licenciatura y posgrado que comienzan cursos de acero o que desearían introducirse al diseño por factor de carga y resistencia, pero siempre y cuando, traten de resolver algún problema paso a paso y compararlo con los resultados del programa.

Debido a la imposibilidad de poder ilustrar de manera detallada los pasos que el programa realiza para resolver un problema (ya que este ejemplo sólo contemplaría uno de los 41472 casos posibles, sólo para flexocompresión), no se muestra el seguimiento de un problema particular ni las alternativas que se realizan para su solución.

Es necesario tener un buen conocimientos de las Normas Técnicas Complementarias y del Manual de Construcción en Acero por Factores de Carga y Resistencia del AISC, para poder interpretar los resultados del programa. La mayoría de los ejemplos son exactamente los mismos que se resuelven en el Manual AISC.

La secuencia en que se presenta en este trabajo es con el fin de no dificultar la introducción de los datos; se presentan las ecuaciones de las Normas, se exponen los ejemplos y en las gráficas que genera el programa

de captura, se definen todos los términos que se necesitan en el archivo de datos que el programa utiliza para cada una de las solicitudes. Al estudiar el archivo de datos se comprenderá de manera más detallada lo que realiza el programa y la información que permite tomar decisiones respecto al diseño.

Los límites del diseño

El objetivo del diseño en ingeniería es eludir fallas, pero el diseño verdaderamente a prueba de defectos es imaginario. Las maneras en la cual una estructura puede fallar son muchas, y sus efectos varía desde lo más infimo hasta la catástrofe. Todavía la chocante pregunta surge, ¿El proceso iterativo de diseño tendrá un fin? ¿Habrá un día cuando el diseñador será capaz de decir con seguridad y determinación: Este es un diseño sin defectos? Sí, el proceso puede converger en un diseño y ser tan confiable como sea razonable; pero, no, nunca se puede garantizar producir un producto perfectamente sin defectos. El diseño involucra suposiciones sobre el futuro del objeto diseñado, y entre más el futuro recuerda el pasado más segura la suposición es probable de parecerse. Pero diseñar estructuras en si mismo cambia el futuro en el cual van a desarrollarse.

Resulta que si se parte de diseños tradicionales es más probable que estos no resulten con sorpresas. Buenos diseños minimizan el efecto de la sorpresa anticipando los detalles difíciles y sobrediseñando para una medida extra de seguridad. Hace apenas doscientos años que el primer puente de hierro en Coalbrookdale fue erguido en el comienzo de la Revolución Industrial. Y menos de cinco generaciones separan a la introducción de vías férreas en Inglaterra. Por desgracia, meramente saber la historia de la tecnología no lo libera a uno de repetirlos. Mientras que hay algunas similitudes entre una vía férrea del siglo diecinueve y una de finales del veinte, las disimilitudes dominan. El diseño de una nueva generación de edificios para cumplir los requerimientos de espacio mientras se satisface tendencias para ahorrar energía, ser más estéticos, funcionales y cumplir con los requerimientos de los reglamentos de construcción es una tarea formidable. Aunque nunca hay una excusa para una falla en un diseño, aún bajo las peores restricciones, debería haber cabida para el entendimiento, ya que ningún fabricante quiere que su diseño falle o ponga en peligro la vida. No sólo es moralmente erróneo sino que es también inadecuado para los negocios.

El éxito de transportar a un hombre hasta la luna y traerlo de regreso demostró que la falta de experiencia por si sólo no necesariamente condena un diseño a la falla. Es más bien, la combinación de inexperiencia, distraído por requerimientos restrictivos excesivos, al parejo con las presiones de la fecha de entrega y agravado por la preocupación del

margen de ganancias, que inician el colapso de sus diseños. A los modelos por computadora, que predicen el comportamiento de la economía, se les han llegado tener confianza considerablemente para justificar decisiones económicas importantes, y todavía estos modelos no son necesariamente menos infalibles que aquellos que predicen la resistencia de un elemento estructural. Así la misma herramienta que aparentemente no libera de lo tedioso de analizar o diseñar a las estructuras nos condena a reinventarlas. Hemos llegado a una sociedad que está cambiando tan rápidamente que hemos perdido los beneficios de una de las herramientas más valiosas de la humanidad—la experiencia. Estamos rediseñando los más comunes de los edificios tan rutinariamente tanto como estamos reestructurando la economía. Los cambios están siendo tan radicales que la relevancia de las lecciones aprendidas de las generaciones anteriores no están siendo reconocidas.

Uno puede justificadamente agregar que, para muchos fenómenos vitales, las matemáticas proveen el único conocimiento que tenemos. De hecho, algunas ciencias están basadas solamente de una colección de teorías matemáticas adornadas con unos cuantos hechos físicos. El hombre hoy en día usa las teorías Newtonianas para enviar personas a la luna, para enviar naves espaciales, para fotografiar planetas tales como Marte y Saturno y para lanzar satélites que circundan la Tierra (una idea que se le ocurrió a Newton). Toda la planeación basada en teorías matemáticas funcionan perfectamente. Cualquier desventura sería resultado de la falla del mecanismo humano.



**Listado del
programa
Acero 92 Dis
para diseño
de
elementos
de acero por
Juan
Aldasoro
Robles**

**Cumpliendo
con las NTC
del DF**

Juan A. R.

DETENE

El autor de este programa no garantiza su ejecución, si no es el que se muestra en el listado ni tampoco si el programa y los datos no son introducidos correctamente. Cualquier uso del programa para resolver problemas como los que se muestran es de absoluta responsabilidad del usuario, así como si la información de salida es correcta o incorrectamente interpretada.

Programa BOWLES para revisar o diseñar elementos de acero estructural, cumpliendo con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas del Reglamento del Distrito Federal del 26 de Noviembre de 1987.

(C) COPYRIGHT 10 de mayo de 1992 V2.0
Por Ing. Juan Aldasoro Robles
ALL RIGHTS RESERVED

```

program ACERO92(entr=fptr)
character solicitacion*15,entrada*20,salida*24
character *80 dummy,nombre,rem
character elemento*10,seccion*1
character movix*9,moviy*9,proceso*8,orden*8
character curvaturax*6,curvaturay*6,estructura*9
integer tipop,tipoa,tipoc
real L,n,KLer,KLerx,KLery,KLere,lamda
real M1,M2,Muo,J,Ix,Iy,MR,MRx,MRy
real Muxx,Muix,Mtpxx,Mtpix,Mtisy,Mtiyy,Mtpyy,Mtippy
real Muox,Muoy,M1x,M2x,M1y,M2y,Myx,Myy,Mpx,Mpy
real Mpxx,Mpex,Muex,Mucy,Mm
real Muosx,Muosy,Muoix,Muoiy
real Muosxa,Muosya,Muoixa,Muoiya,Muoxa,Muoya
real Ler
call publi(9)
write (9,*)
write (9,*)
write (9,*) 'Nombre del archivo de datos?'
read (9,10) entrada
format (a80)
write (9,*)
write (9,*)
entrada=adjustr (entrada)
write (9,11) entrada
format ('Nombre del archivo de resultados?')
* 'a20: Res')
read (9,10) salida
if (salida=*) then
salida=entrada/' Res'
salida=adjustl (salida)
end if
if (salida=entrada) then
write (9,*)
write (9,*) 'El nombre del archivo de datos es el mismo.'
write (9,*)
goto 15
end if
open (6,file=salida,status='NEW')
call publi(6)
open (5,file=entrada)
entrada=adjustl (entrada)
salida=adjustl (salida)
write (6,*)
write (6,20) entrada,salida
format ('Archivo de datos: 'a24,
'Archivo de resultados: 'a24)
call TyF

```

```

read (5,*) dummy
read (5,10) rem
write (6,119) rem
format ('Comentario general: 'a80,/)
read (5,*)
read (5,*)
read (5,*) dummy
read (5,*) solicitacion

```

Elementos sujetos a TENSION

```

if (solicitacion='TENSION') then
read (5,*) dummy
read (5,*) dummy
read (5,10) nombre
read (5,*) dummy
read (5,*) Pu,Fy,Fu,At,Ae
iden=0
write (9,26) nombre
27 format ('Nombre del elemento: 'a80,/)
26 call selec(num,seccion,iden,io)
* d,tw,bf,tf,TT,At,Ix,Sx,Zx,rx,Iy,Sy,Zy,ry,J,Ca)
if (num=2) then
write (9,*) 'Valor de Ae?'
read (9,*) Ae
end if
28 write (io,30) solicitacion,nombre,Pu/I,e3,Fy,Fu,At,Ae
30 format ('/,'DATOS:','/,'Solicitud del elemento: 'a15,/)
* 'Nombre del elemento: 'a80,/)
* 'Fuerza axial del diseño que obra sobre la columna: '
* 'f9.3: E3,/)
* 'Esfuerzo de fluencia del acero: 'f8.0,/)
* 'Esfuerzo de ruptura en tensión: 'f8.0,/)
* 'Area total del miembro: 'f8.2,/)
* 'Area efectiva del miembro: 'f8.2,/)
* 'RESULTADOS:/'
Estado limite de flujo plástico de la sección total.
FR= 9
Rt=At*Fy*FR
write (io,*) 'Estado limite de flujo plástico de la sección
* total:/'
if (Rt>Pu) then
write (io,40) Rt
40 format ('El elemento sí resiste la tensión:/'
* 'Resistencia [Rt]: 'f10.0,/)
else
write (io,50) Rt
50 format ('El elemento no resiste la tensión:!!!/'
* 'Resistencia [Rt]: 'f10.0,/)
end if
Estado limite de fractura de la sección neta.
FR= 75
Rt=Ae*Fu*FR
write (io,*) 'Estado limite de fractura de la sección neta:/'
if (Rt>Pu) then
60 write (io,60) Rt
format ('El elemento sí resiste la tensión:/'
* 'Resistencia [Rt]: 'f10.0,/)
else
write (io,70) Rt
70 format ('El elemento no resiste la tensión:!!!/'
* 'Resistencia [Rt]: 'f10.0,/)
end if
if (io=9) then
call OK(num,io)
if (num=2) goto 27
goto 28
end if

```

Elementos sujetos a COMPRESION

```

elseif (solicitacion='COMPRESION') then
read (5,*) dummy
read (5,*) dummy
read (5,10) nombre
read (5,*) dummy
read (5,*) seccion,proceso,elemento,movix,moviy
read (5,*) dummy
read (5,*) Gax,Gbx,Gay,Gby
read (5,*) dummy
read (5,*) Pu,L,Fy,E
read (5,*) dummy
read (5,*) tw,bf,tf,TT,At
read (5,*) dummy
read (5,*) rx,ry
if (seccion='R') elemento=' ATIESADO'
iden=0
127 write (9,26) nombre
call selec(num,seccion,iden,io)
* d,tw,bf,tf,TT,At,Ix,Sx,Zx,rx,Iy,Sy,Zy,ry,J,Ca)
128 write (io,120) solicitacion,nombre,seccion,proceso,
* elemento,movix,moviy
120 format ('/,'DATOS:','/,'Solicitud del elemento: 'a15,/)
* 'Nombre del elemento: 'a80,/)
* 'Sección: 'a1,/)
* 'Proceso de fabricación: 'a8,/)
* 'Elemento plano: 'a10,/)
* 'Movimiento lateral de la columna en la dirección X: 'a11,/)
* 'Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: 'a11)
write (io,121) Gax,Gbx,Gay,Gby,Pu/I,e3,L,Fy,E
121 format ('Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 'f8.2,/)
* 'Coeficiente del apoyo B en la dirección X: 'f8.2,/)
* 'Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 'f8.2,/)
* 'Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: 'f8.2,/)
* 'Fuerza axial del diseño que obra sobre la columna: 'f8.3: E3,/)
* 'Longitud libre de la columna: 'f7.2,/)
* 'Esfuerzo de fluencia del acero: 'f8.0,/)
* 'Módulo de elasticidad del acero: 'f11.0)
write (io,122) tw,bf,tf,TT,At,rx,ry

```

```

format ('Espesor del alma':f8.2/,
* 'Ancho del patin':f8.2/,
* 'Espesor del patin':f8.2/,
* 'Peralte del alma de la columna':f8.2/,
* 'Area total del miembro':f8.2/,
* 'Radio de giro de la columna en la dirección X':f10.2/,
* 'Radio de giro de la columna en la dirección Y':f10.2/)
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar.'
write (io,*) 'RESULTADOS:'
call compre(solicitud,seccion,proceso,elemento,At,bf,tf)
* T,tw,Fy,E,Pu,L,rx,movix,Gax,Gbx,ry,moviy,Gay,Gby,Re,io)
if (io=9) then
call OK(num,io)
if (num=2) goto 127
goto 128
end if
    
```

***** Elementos sujetos a FLEXION *****

```

elseif (solicitud='FLEXION') then
read (5,*) dummy
read (5,*) dummy
read (5,10) nombre
read (5,*) dummy
read (5,*) seccion,proceso,elemento,curvaturax
read (5,*) dummy
read (5,*) M1,M2,Muo,Vu
read (5,*) dummy
read (5,*) L,Fy,E,G
read (5,*) dummy
read (5,*) d,tw,bf,tf,T
read (5,*) dummy
read (5,*) lx,Sx,Zx,rx
read (5,*) dummy
read (5,*) ly,Sy,Zy,ry
read (5,*) dummy
read (5,*) J,Ca
if (seccion='R') elemento=' ATIESADO'
iden=0
write (9,26) nombre
call selec(num,seccion,iden,io)
* d,tw,bf,tf,T,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
write (io,200) solicitud,nombre,seccion,proceso,
* elemento,curvaturax
format ('...DATOS:/'Solicitud del elemento: 'a15.
* Nombre del elemento: 'a8.0/,
* Sección: 'a1/,
* Proceso de fabricación: 'a8/,
* Elemento plano: 'a10/,
* Curvatura en que se flexiona el elemento en X: 'a6)
write (io,210) M1/e5,M2/e5,Muo/e5,Vu/e5,
* L,Fy,E,G
format ('Menor de los momentos en los extremos
del tramo':f8.3,' E5',
* Mayor de los momentos en los extremos del tramo:
'f8.3,' E5',
* Momento último de diseño: 'f8.3,' E5',
* Fuerza cortante de diseño: 'f8.3,' E5',
* Longitud libre de la viga: 'f8.2',
* Esfuerzo de fluencia del acero: 'f8.0',
* Módulo de elasticidad del acero: 'f10.0',
* Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 'f10.0)
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar.'
write (io,220) d,tw,bf,tf,T,lx,Sx,Zx,rx
format ('Peralte total de la sección':f8.2/,
* 'Espesor del alma':f8.2/,
* 'Ancho del patin':f8.2/,
* 'Espesor del patin':f8.2/,
* 'Peralte del alma de la sección':f8.2/,
* 'Momento de inercia X':f12.2/,
* 'Módulo de sección X':f12.2/,
* 'Módulo de sección plástico X':f12.2/,
* 'Radio de giro X':f8.2)
write (io,230) ly,Sy,Zy,ry,J,Ca
format ('Momento de inercia Y':f12.2/,
* 'Módulo de sección Y':f12.2/,
* 'Módulo de sección plástico Y':f12.2/,
* 'Radio de giro Y':f8.2',
* 'Constante de torsión de Saint Venant':f13.2/,
* 'Constante de torsión por alabeo':f16.2',
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar.'
write (io,*) 'RESULTADOS:'
call flex(solicitud,seccion,proceso,elemento,
curvaturax,M1,M2,Muo,Vu,bf,tf,T,tw,d,Fy,E,G,L,J,Ca,
* lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,MR,io)
if (io=9) then
call OK(num,io)
if (num=2) goto 227
goto 228
end if
    
```

***** Elementos sujetos a FLEXOCOMPRESION *****

```

elseif (solicitud='FLEXOCOMPRESION') then
read (5,*) dummy
read (5,*) dummy
read (5,10) nombre
read (5,*) dummy
read (5,*) seccion,proceso,elemento,curvaturax,
* curvaturay
    
```

```

read (5,*) dummy
read (5,*) orden,estructura,movix,moviy
read (5,*) dummy
read (5,*) Gax,Gbx,Gay,Gby
read (5,*) dummy
read (5,*) Pu,SPu,SPy,Vu
read (5,*) dummy
read (5,*) Mtix,Mtiix,Mtpsx,Mtpix
read (5,*) dummy
read (5,*) Mtiy,Mtiyy,Mtpsy,Mtpiy
read (5,*) dummy
read (5,*) DOHx,dox,SHx,SPEx,Rix
read (5,*) dummy
read (5,*) DOHy,doy,SHy,SPEy,Riy
read (5,*) dummy
read (5,*) L,Fy,E,G
read (5,*) dummy
read (5,*) d,tw,bf,tf,T,At
read (5,*) dummy
read (5,*) lx,Sx,Zx,rx
read (5,*) dummy
read (5,*) ly,Sy,Zy,ry
read (5,*) dummy
read (5,*) J,Ca
if (seccion='R') elemento=' ATIESADO'
iden=0
327 write (9,26) nombre
call selec(num,seccion,iden,io)
* d,tw,bf,tf,T,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
328 write (io,300) solicitud,nombre,seccion,proceso,
* elemento,curvaturax,curvaturay,orden,estructura,
* movix,moviy
300 format ('...DATOS:/'Solicitud del elemento: 'a15.
* Nombre del elemento: 'a8.0/,
* Sección: 'a1/,
* Proceso de fabricación: 'a8/,
* Elemento plano: 'a10/,
* Curvatura en que se flexiona el elemento en X: 'a6',
* Curvatura en que se flexiona el elemento en Y: 'a6',
* Orden del análisis: 'a9/,
* Clasificación de la estructura: 'a10/,
* Movimiento lateral de la columna en la dirección X: 'a11',
* Movimiento lateral de la columna en la dirección Y: 'a11)
write (io,345) Gax,Gbx,Gay,Gby
345 format ('Coeficiente del apoyo A en la dirección X: 'f7.2',
* Coeficiente del apoyo B en la dirección X: 'f7.2',
* Coeficiente del apoyo A en la dirección Y: 'f7.2',
* Coeficiente del apoyo B en la dirección Y: 'f7.2)
write (io,305) Pu/e3,SPu/e3,SPy/e3,Vu/e3
305 format ('Fuerza axial de diseño sobre la columna:
'f9.3,' E3',
* Suma de las fuerzas axiales de diseño: 'f11.3,' E3',
* Suma de las fuerzas axiales de fluencia: 'f11.3,' E3',
* Fuerza cortante de diseño: 'f8.3,' E3)
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar.'
write (io,310) Mtix/e5,Mtiix/e5,Mtpsx/e5,
* Mtpix/e5,Mtiy/e5,Mtiyy/e5,Mtpsy/e5,Mtpiy/e5
format ('Mom. que no ocasiona desp. sup. en X: 'f9.3,' E5',
* Mom. que no ocasiona desp. inf. en X: 'f9.3,' E5',
* Mom. que si ocasiona desp. sup. en X: 'f9.3,' E5',
* Mom. que si ocasiona desp. inf. en X: 'f9.3,' E5',
* Mom. que no ocasiona desp. sup. en Y: 'f9.3,' E5',
* Mom. que no ocasiona desp. inf. en Y: 'f9.3,' E5',
* Mom. que si ocasiona desp. sup. en Y: 'f9.3,' E5',
* Mom. que si ocasiona desp. inf. en Y: 'f9.3,' E5)
write (io,315) DOHx,dox,SHx/e3,SPEx/e3,Rix/e3
315 format ('Desplazamiento horizontal relativo X: 'f7.3',
* Deflexión máxima X: 'f7.3',
* Suma de fuerzas horizontales en X: 'f11.3,' E3',
* Suma de cargas críticas X: 'f13.3,' E3',
* Rigidez de entepiso X: 'f11.3,' E3)
write (io,317) DOHy,doy,SHy/e3,SPEy/e3,Riy/e3
317 format ('Desplazamiento horizontal relativo Y: 'f7.3',
* Deflexión máxima Y: 'f7.3',
* Suma de fuerzas horizontales en Y: 'f11.3,' E3',
* Suma de cargas críticas Y: 'f13.3,' E3',
* Rigidez de entepiso Y: 'f11.3,' E3)
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar.'
write (io,320) L,Fy,E,G
format ('Longitud libre de la columna: 'f8.2',
* 'Esfuerzo de fluencia del acero: 'f8.0',
* 'Módulo de elasticidad del acero: 'f11.0',
* 'Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante: 'f10.0)
write (io,330) d,tw,bf,tf,T,At
330 format ('Peralte total de la sección':f8.2/,
* 'Espesor del alma':f8.2/,
* 'Ancho del patin':f8.2/,
* 'Espesor del patin':f8.2/,
* 'Peralte del alma de la sección':f8.2/,
* 'Area total del miembro: 'f9.2)
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar.'
write (io,340) lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca
format ('Momento de inercia X: 'f12.2/,
340 * 'Módulo de sección X: 'f12.2/,
* 'Módulo de sección plástico X: 'f12.2/,
* 'Radio de giro X: 'f8.2',
* 'Momento de inercia Y: 'f12.2',
* 'Módulo de sección Y: 'f12.2',
* 'Módulo de sección plástico Y: 'f12.2',
* 'Radio de giro Y: 'f8.2'
    
```



```

* Constante de torsión de Saint Venant: 1/3.2/
* Constante de torsión por alabeo: 1/16.2/./
if (io=9) pause [RETURN] para continuar.
write (io,*) 'RESULTADOS:'
Py=At*Fy
Myx=Sx*Fy; Myy=Sy*Fy
Mpx=Zx*Fy; Mpy=Zy*Fy
FR= 9; p=Pu/(FR*Py)
Pcrx=FR*Rix*L/1.2
! Ec. 3.4.18
if (Pcrx>SPy/2) Pcrx=FR*SPy*(1.-.3*SPy/(Rix*L))
if (Pcrx/SPu>=2.5) then
write (io,*) 'El pandeo de conjunto de un entrepiso'
write (io,*) 'no es crítico en la dirección X'
end if
Pcry=FR*Riy*L/1.2
! Ec. 3.4.18
if (Pcry>SPy/2) Pcry=FR*SPy*(1.-.3*SPy/(Riy*L))
if (Pcry/SPu>=2.5) then
write (io,*) 'El pandeo de conjunto de un entrepiso'
write (io,*) 'no es crítico en la dirección Y'
end if
call tipo(solicitud,seccion,Fy,bf,tf,T,tw,Pu,Py,
* tipo,tipoa,tipo,io)
call KLer(L,rx,movix,Gax,Gbx,ry,moviy,Gay,
* Gby,KLerx,KLery,KLer,io)
if (KLerx>200.) then
write (io,350) KLerx
format ('La relación de esbeltez (KL/r)x de miembros en',/
* 'compresión no debe excederá de 200./,
* 'Relación de esbeltez (KL/r)x':f8.1)
end if
if (KLery>200.) then
write (io,360) KLery
format ('La relación de esbeltez (KL/r)y de miembros en',/
* 'compresión no debe excederá de 200./,
* 'Relación de esbeltez (KL/r)y':f8.1)
end if
Muox=amax1(Mtpsx,Mtpix)
Muoy=amax1(Mtpsy,Mtpiy)
M1x=amin1(Mtlsx+Mtpsx,Mtlix+Mtpix)
M2x=amax1(Mtlsx+Mtpsx,Mtlix+Mtpix)
M1y=amin1(Mtlyy+Mtpsy,Mtliy+Mtpiy)
M2y=amax1(Mtlyy+Mtpsy,Mtliy+Mtpiy)
if (orden='SEGUNDO'.and.KLerx<L/ry) then
PEX=At*9.8696/KLerx**2
else
PEX=At*9.8696/(L/ry)**2
end if
if (orden='SEGUNDO'.and.KLery<L/ry) then
PEY=At*9.8696/KLery**2
else
PEY=At*9.8696/(L/ry)**2
end if
if (curvaturax='SIMPLE') then
Cx=6+.4*M1x/M2x
else if (curvaturax='DOBLE') then
Cx=6-.4*M1x/M2x
else
if (Muox=0) then
X=9.8696*dox*E*Ix/(Muox*L**2)-1.
! Ec. 3.4.3.3
else
Cx=1.-X*Pu/PEX
end if
end if
B1x=Cx/(1.-Pu/(FR*PEX))
3.4.13
if (movix='IMPEDIDO') then
B2x=1./(1.-SPu/(FR*SPEX))
3.4.14
else
B2x=1./(1.-SPu*DOHx*(FR*SHx*L))
3.4.15
end if
if (curvaturay='SIMPLE') then
Cy=6+.4*M1y/M2y
else if (curvaturay='DOBLE') then
Cy=6-.4*M1y/M2y
else
if (Muoy=0) then
X=9.8696*dox*E*Iy/(Muoy*L**2)-1.
! Ec. 3.4.3.3
else
Cy=1.-X*Pu/PEY
end if
end if
B1y=Cy/(1.-Pu/(FR*PEY))
3.4.13
if (moviy='IMPEDIDO') then
B2y=1./(1.-SPu/(FR*SPEY))
3.4.14
else
B2y=1./(1.-SPu*DOHy*(FR*SHy*L))
3.4.15
end if
B1x=amax1(B1x,1.)
R1x=amax1(R1x,1.)

```

```

B2x=amax1(B2x,1.)
B2y=amax1(B2y,1.)
write (io,365) B1x,B1y,B2x,B2y
format ('Factor de amplificación de los momentos B1x':f7.3/,
* 'Factor de amplificación de los momentos B1y':f7.3/,
* 'Factor de amplificación de los momentos B2x':f7.3/,
* 'Factor de amplificación de los momentos B2y':f7.3)
if (io=9) pause [RETURN] para continuar.
Dimensionamiento de columnas que forman parte de
estructuras regulares.
if (estructura='REGULAR') then
Análisis de primer orden.
if (orden='PRIMERO') then
if (movix='IMPEDIDO') then
B2x=0.
Mtlsx=Mtlsx+Mtpsx
Mtlix=Mtlix+Mtpix
end if
if (moviy='IMPEDIDO') then
B2y=0.
Mtlyy=Mtlyy+Mtpsy
Mtliy=Mtliy+Mtpiy
end if
Muosx=Mtlsx+B2x*Mtpsx
! Ec. 3.4.11
Muosy=Mtlyy+B2y*Mtpsy
! Ec. 3.4.11
Muoiix=Mtlix+B2x*Mtpix
! Ec. 3.4.11
Muoiyy=Mtliy+B2y*Mtpiy
! Ec. 3.4.11
Muosxa=B1x*Mtlsx+B2x*Mtpsx
Ec. 3.4.12
Muosya=B1y*Mtlyy+B2y*Mtpsy
Ec. 3.4.12
Muoiixa=B1x*Mtlix+B2x*Mtpix
Ec. 3.4.12
Muoiyya=B1y*Mtliy+B2y*Mtpiy
Ec. 3.4.12
Muoxa=amax1(Muosxa,Muoiixa)
Muoya=amax1(Muosya,Muoiyya)
Análisis cuyo diseño queda regido por cargas verticales únicamente.
else if (orden='VERTICAL') then
B2x=1./(1.-SPu/(FR*SPEX))
! Ec. 3.4.14
B2y=1./(1.-SPu/(FR*SPEY))
! Ec. 3.4.14
B2x=amax1(B2x,1.)
B2y=amax1(B2y,1.)
Muosx=Mtlsx;Muosy=Mtlyy
Muoiix=Mtlix;Muoiyy=Mtliy
Muosxa=B2x*Mtlsx;Muosya=B2y*Mtlyy
Muoiixa=B2x*Mtlix;Muoiyya=B2y*Mtliy
Muoxa=amax1(Muosxa,Muoiixa)
Muoyya=amax1(Muosya,Muoiyya)
Análisis de segundo orden.
else
Muosx=Mtlsx+Mtpsx
! Ec. 3.4.16
Muosy=Mtlyy+Mtpiy
! Ec. 3.4.16
Muoiix=Mtlix+Mtpix
! Ec. 3.4.16
Muoiyy=Mtliy+Mtpiy
! Ec. 3.4.16
Muosxa=B1x*(Mtlsx+Mtpsx)
! Ec. 3.4.17
Muosya=B1y*(Mtlyy+Mtpiy)
! Ec. 3.4.17
Muoiixa=B1x*(Mtlix+Mtpix)
! Ec. 3.4.17
Muoiyya=B1y*(Mtliy+Mtpiy)
! Ec. 3.4.17
Muoxa=amax1(Muosxa,Muoiixa)
Muoyya=amax1(Muosya,Muoiyya)
end if
Sección tipo 1 o 2.
if (tipo=1.or.tipo=2) then
Revisión de las secciones extremas.
Mpcx=1.18*FR*Mpx*(1.-Pu/(FR*Py))
! Ec. 3.4.2
if (Mpcx>FR*Mpx) Mpcx=FR*Mpx
! Ec. 3.4.2
Mpcy=1.67*FR*Mpy*(1.-Pu/(FR*Py))
! Ec. 3.4.3
if (Mpcy>FR*Mpy) Mpcy=FR*Mpy
! Ec. 3.4.3
if (seccion='R') then
Mpcy=1.18*FR*Mpy*(1.-Pu/(FR*Py))
! Ec. 3.4.2
if (Mpcy>FR*Mpy) Mpcy=FR*Mpy
! Ec. 3.4.2
end if
p=Pu/(FR*Py)
if (seccion='I'.and.bf/d>0.5) then
alfa=1.6+p/(2.*log(p))
if (seccion='R') then
alfa=1.7+p/(2.*log(p))
else
alfa=1.

```

```

end if
fc=0
ffsx=(Muosx/Mpcx)**alfa
ffsy=(Muoy/Mpcy)**alfa
ffix=(Muoi/Mpcx)**alfa
ffiy=(Muoi/Mpcy)**alfa
faces=(Muosx/Mpcx)**alfa+(Muoy/Mpcy)**alfa
facei=(Muoi/Mpcx)**alfa+(Muoi/Mpcy)**alfa
! Ec. 3.4.1
3.4.1
Revisión de la columna completa.
Muox=amax1(Muox,Muoi)
call flex(solicitacion,seccion,proceso,elemento.
* curvaturax.M1x,M2x,Muox,Vu.bf.if.T.tw.d.Fy.E.G.L.J.Ca.
!x.Sx.Zx.rx.ly.Sy.Zy.ry.Mm.io)
call compr(solicitacion,seccion,proceso,elemento,At,bf.if.
* T.tw.Fy.E.Pu.L.rx.movix.Gax.Gbx.ry.moviy.Gay.Gby.Rc.io)
Mucx=Mm*(1.-Pu/Rc)
! Ec. 3.4.7
Mucy=FR*Mpy*(1.-Pu/Rc)
! Ec. 3.4.8
if (seccion='T') then
if (bf/d=3) then
beta=4+p*bf/d
else
beta=1.
end if
if (seccion='R') then
Ler=amax1(L/rx,L/ry)
beta=1.3+1000.*p*Ler**2
if (beta<1.4) beta=1.4
else
beta=1.
end if
if (beta=1.) then
fcc=Pu/Rc
ffcx=Muox*Mm
ffcy=Muoya/(FR*Mpy)
facec=Pu/Rc+Muox/Mm+Muoya/(FR*Mpy)
3.4.9
else
fcc=0.
ffcx=(Muox*Mucx)**beta
ffcy=(Muoya*Mucy)**beta
facec=(Muox*Mucx)**beta+(Muoya*Mucy)**beta
! Ec. 3.4.6
end if
Sección tipo 3 o 4.
else
Muox=amax1(Muox,Muoi)
Muoy=amax1(Muoy,Muoi)
call flex(solicitacion,seccion,proceso,elemento.
* curvaturax.M1x,M2x,Muox,Vu.bf.if.T.tw.d.Fy.E.G.L.J.Ca.
!x.Sx.Zx.rx.ly.Sy.Zy.ry.MRx.io)
call flex(solicitacion,seccion,proceso,elemento.
* curvaturay.M1y,M2y,Muoy,Vu.bf.if.T.tw.d.Fy.E.G.L.J.Ca.
!x.Sx.Zx.rx.ly.Sy.Zy.ry.MRy.io)
fcc=Pu/(FR*Py)
ffsx=Muox*MRx
ffsy=Muoy*MRy
ffix=Muoi*MRx
ffiy=Muoi*MRy
faces=Pu/(FR*Py)+Muox*MRx+Muoy*MRy
3.4.5
facei=Pu/(FR*Py)+Muoi*MRx+Muoi*MRy
3.4.5
call compr(solicitacion,seccion,proceso,elemento,At,bf.if.
* T.tw.Fy.E.Pu.L.rx.movix.Gax.Gbx.ry.moviy.Gay.Gby.Rc.io)
fcc=Pu/Rc
ffcx=Muox*MRx
ffcy=Muoya*MRy
facec=Pu/Rc+Muox*MRx+Muoya*MRy
! Ec. 3.4.10
end if
Dimensionamiento de columnas que forman parte de
estructuras irregulares.
Para cualquier orden son correctas las siguientes ecuaciones.
else
Muosx=B1x*(Mtiix+Mtpix)
! Ec. 3.4.21
Muoiix=B1x*(Mtiix+Mtpix)
! Ec. 3.4.21
Muosy=B1y*(Mtiy+Mtpy)
! Ec. 3.4.21
Muoiy=B1y*(Mtiy+Mtpy)
! Ec. 3.4.21
Muosxa=B1x*(Mtiix+Mtpix)
! Ec. 3.4.21
Muoixa=B1x*(Mtiix+Mtpix)
! Ec. 3.4.21
Muosya=B1y*(Mtiy+Mtpy)
! Ec. 3.4.21
Muoiya=B1y*(Mtiy+Mtpy)
! Ec. 3.4.21
Muoxa=amax1(Muosxa,Muoixa)
Muoyax=amax1(Muosya,Muoiya)
if (orden=PRIMERO) then
call compr(solicitacion,seccion,proceso,elemento,At,bf.if.
* T.tw.Fy.E.Pu.L.rx.movix.Gax.Gbx.ry.moviy.Gay.Gby.Rc.io)
else
call compr(solicitacion,seccion,proceso,elemento,AL,bf.if.
* T.tw.Fy.E.Pu.L.rx.movix.Gax.Gbx.ry.moviy.Gay.Gby.Rc.io)

```

```

* Gay.Gby.Rc.io)
end if
Secciones tipo 1 y 2
if (tipo=1.or.tipo=2) then
Revisión de las secciones extremas.
fcc=Pu/(FR*Py)
ffsx=.85*Muosx/(FR*Mpx)
ffsy=.6*Muosy/(FR*Mpy)
ffix=.85*Muoi/(FR*Mpx)
ffiy=.6*Muoi/(FR*Mpy)
faces=Pu/(FR*Py)+.85*Muosx/(FR*Mpx)+
* .6*Muosy/(FR*Mpy)
! Ec. 3.4.4
facei=Pu/(FR*Py)+.85*Muoi/(FR*Mpx)+
* .6*Muoi/(FR*Mpy)
! Ec. 3.4.4
Revisión de la columna completa.
call flex(solicitacion,seccion,proceso,elemento.
* curvaturax.M1x,M2x,Muox,Vu.bf.if.T.tw.d.Fy.E.G.L.J.Ca.
!x.Sx.Zx.rx.ly.Sy.Zy.ry.Mm.io)
call compr(solicitacion,seccion,proceso,elemento,At,bf.if.
* T.tw.Fy.E.Pu.L.rx.movix.Gax.Gbx.ry.moviy.Gay.Gby.Rc.io)
fcc=Pu/Rc
ffcx=Muox/Mm
ffcy=Muoya/(FR*Mpy)
facec=Pu/Rc+Muox/Mm+Muoya/(FR*Mpy)
Ec. 3.4.9
Secciones tipo 3 y 4.
else
Revisión de las secciones extremas.
call flex(solicitacion,seccion,proceso,elemento.
* curvaturax.M1x,M2x,Muox,Vu.bf.if.T.tw.d.Fy.E.G.L.J.Ca.
!x.Sx.Zx.rx.ly.Sy.Zy.ry.MRx.io)
call flex(solicitacion,seccion,proceso,elemento.
* curvaturay.M1y,M2y,Muoy,Vu.bf.if.T.tw.d.Fy.E.G.L.J.Ca.
!x.Sx.Zx.rx.ly.Sy.Zy.ry.MRy.io)
fcc=Pu/(FR*Py)
ffsx=Muosx*MRx
ffsy=Muosy*MRy
ffix=Muoi*MRx
ffiy=Muoi*MRy
faces=Pu/(FR*Py)+Muosx*MRx+Muosy*MRy
Ec. 3.4.5
facei=Pu/(FR*Py)+Muoi*MRx+Muoi*MRy
Ec. 3.4.5
Revisión de la columna completa.
call compr(solicitacion,seccion,proceso,elemento,At,bf.if.
* T.tw.Fy.E.Pu.L.rx.movix.Gax.Gbx.ry.moviy.Gay.Gby.Rc.io)
fcc=Pu/Rc
ffcx=Muox*MRx
ffcy=Muoya*MRy
facec=Pu/Rc+Muox*MRx+Muoya*MRy
! Ec. 3.4.10
end if
end if
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar.
if (faces=1.) then
write (io,400) fc,ffsx,ffsy,faces
format ('Extremo superior:'.
* 'Estado limite de pandeo por flexocompresión:'.
* 'El elemento si resiste la flexocompresión:'.
* 'Factor por compresión:'.f6.3.
* 'Factor por flexión en X:'.f6.3.
* 'Factor por flexión en Y:'.f6.3.
* 'Factor en el extremo superior:'.f6.3.)
else
write (io,410) fc,ffsx,ffsy,faces
format ('Extremo superior:'.
* 'Estado limite de pandeo por flexocompresión:'.
* 'El elemento no resiste la flexocompresión:'.
* 'Factor por compresión:'.f6.3.
* 'Factor por flexión en X:'.f6.3.
* 'Factor por flexión en Y:'.f6.3.
* 'Factor en el extremo superior:'.f6.3.)
end if
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar.
if (facei=1.) then
write (io,420) fc,ffsx,ffsy,facei
format ('Extremo inferior:'.
* 'Estado limite de pandeo por flexocompresión:'.
* 'El elemento si resiste la flexocompresión:'.
* 'Factor por compresión:'.f6.3.
* 'Factor por flexión en X:'.f6.3.
* 'Factor por flexión en Y:'.f6.3.
* 'Factor en el extremo inferior:'.f6.3.)
else
write (io,430) fc,ffsx,ffsy,facei
format ('Extremo inferior:'.
* 'Estado limite de pandeo por flexocompresión:'.
* 'El elemento no resiste la flexocompresión:'.
* 'Factor por compresión:'.f6.3.
* 'Factor por flexión en X:'.f6.3.
* 'Factor por flexión en Y:'.f6.3.
* 'Factor en el extremo inferior:'.f6.3.)
end if
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar.
if (facec=1.) then
write (io,440) fcc,ffcx,ffcy,facec
format ('Columna completa:'.
* 'Estado limite de pandeo por flexocompresión:'.

```

```

* El elemento si resiste la flexocompresión.
* Factor por compresión: f6.3./
* Factor por flexión en X: f6.3./
* Factor por flexión en Y: f6.3./
* Factor de la columna completa: f6.3./
else
write (io,450) fcc,ffcx,ffcy,face
format ('Columna completa: ',f6.3./)
* Estado limite de pandeo por flexocompresión:
* El elemento no resiste la flexocompresión!!!!
* Factor por compresión: f6.3./
* Factor por flexión en X: f6.3./
* Factor por flexión en Y: f6.3./
* Factor de la columna completa: f6.3./
end if
if (io=9) then
call OK(num,io)
if (num=2) goto 327
goto 328
end if
else if (solicitation='FIN') then
goto 90
else
write (6,*) 'El programa no resuelve ese tipo de problema.'
goto 90
end if
goto 25
write (6,*)
write (6,*) 'Fin de la ejecución del programa.'
write (9,*) 'Fin de la ejecución del programa.'
write (9,*) 'Gracias por usar el programa ACERO92.'
close (6)
end
subroutine publi(io)
character *80 publi
format (a80)
open (5,file='Acero cara')
read (5,10) publi
if (publi='FIN') goto 20
write (io,10) publi
goto 30
write (9,*)
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar'
return
end

Subprograma para calcular la resistencia a la compresión.
subroutine compr(solicitation,seccion,proceso,elemento,At,
* bf,lf,t,tw,Fy,E,Pu,L,rx,movix,Gax,Gbx,ry,moviy,Gay,Gby,Rc,io)
character solicitation*15
character elemento*10,seccion*1
character movix*9,moviy*9,proceso*8
real L,n,KLer,KLerc,KLery,KLery,lambda
integer tipop,tipoa,tipo
if (solicitation='FLEXOCOMPRESION') write (io,*) 'Revisión
* de la columna a compresión pura.'
call tipo('COMPRESION',seccion,Fy,bf,lf,t,tw,l,l,
* tipop,tipoa,tipo,io)
call KLer(L,rx,movix,Gax,Gbx,ry,moviy,Gay,
Gby,KLer,KLery,KLery,io)
if (solicitation<>'FLEXOCOMPRESION') then
if (KLer>200.) then
write (io,350) KLerx
format ('La relación de esbeltez (KL/r)x de miembros en',
* 'compresión no debe excederá de 200.').
* Relación de esbeltez (KL/r)x: f6.1)
end if
if (KLery>200.) then
write (io,360) KLery
format ('La relación de esbeltez (KL/r)y de miembros en',
* 'compresión no debe excederá de 200.').
* Relación de esbeltez (KL/r)y: f6.1)
end if
end if
if (tipo=1.or.tipo=2.or.tipo=3) then
if (seccion='T'.or.seccion='R') then
FR=.9
if (proceso='LAMINADO') then
n=1.4
else
n=1.0
end if
lambda=KLer*sqrt(Fy/(3.1416**2*E))
Rc=Fy*At*FR/((1.+lambda**2.*n).15**(2.*n))**(1/n)
! Ec.3.2.1
if (Rc>Fy*At*FR) Rc=Fy*At*FR
! Ec.3.2.1
else
FR=.85
KLerc=6340./sqrt(Fy)
write (io,126) KLerc
format ('Factor de longitud efectiva crítica (KL/r)c: f6.1)
if (KLer>KLerc) then
Rc=20120000./KLer**2*At*FR
! Ec.3.2.2
else
Rc=Fy*At*FR*(1.-KLer**2/(2.*KLerc**2))
! Ec.3.2.3
end if
end if

```

```

else
Secciones tipo 4.
call valorQ(seccion,elemento,bf,lf,t,tw,Pu,At,Fy,Qs,Qa,Q,io)
FR=.75
KLerc=6340./sqrt(Q*Fy)
write (io,127) KLerc
format ('Factor de longitud efectiva crítica (KL/r)c: f6.1)
if (KLer>KLerc) then
Rc=20120000./KLer**2*At*FR
! Ec.3.2.4
else
Rc=Q*Fy*At*FR*(1.-KLer**2/(2.*KLerc**2))
! Ec.3.2.5
end if
if (seccion='O') then
FR=.70;Q=1.
write (io,*) 'Cuando la sección es "C": Q= 1.0.'
if (bf/lf<914000./Fy) then
RcC=(77300./(bf/lf)+2.*Fy/3.)*At*FR
! Ec.3.2.6
if (KLer>KLerc) then
Rc=20120000./KLer**2*At*FR
! Ec.3.2.4
else
Rc=Q*Fy*At*FR*(1.-KLer**2/(2.*KLerc**2))
! Ec.3.2.5
end if
end if
Rc=amin1(RcC,Rc)
end if
end if
write (io,*) 'Estado limite de pandeo por compresión.'
if (Rc>Pu) then
write (io,130) Rc/1000.
format ('El elemento si resiste la compresión: ',
* 'Resistencia [Rc]: f10.3; E3./')
else
write (io,140) Rc/1000.
format ('El elemento no resiste la compresión!!!!',
* 'Resistencia [Rc]: f10.3; E3./')
end if
return
end

Subprograma para calcular la resistencia a la flexión.
subroutine flex(solicitation,seccion,proceso,elemento,
* curvaturax,M1,M2,Muo,Vu,bf,lf,t,tw,d,Fy,E,G,L,J,Ca,
* lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,MR,io)
character solicitation*15
character elemento*10,seccion*1
character proceso*8
character curvaturax*6
real L,KLer,KLerc,KLery,KLery,Lp
real M1,M2,J,lx,ly,Lr,Mpx,Mpy,Myx,Myy,Muo,MR
real MR1,MR2,MR3,Mu
integer tipop,tipoa,tipo
if (solicitation='FLEXOCOMPRESION') write (io,*) 'Revisión
* de la columna a flexión pura.'
if (curvaturax='SIMPLE') then
C=.60+.40*M1/M2
else if (curvaturax='DOBLE') then
C=.60-.40*M1/M2
else
C=1.
end if
if (seccion='T'.and.proceso='LAMINADO') then
if (seccion='R') then
Nr=(4.*C*Sx*Fy)/(3.*G*J)*sqrt(Ca*ly)
else
Nr=(4.*C*Zx*Fy)/(3.*G*J)*sqrt(Ca*ly)
end if
Xu=3.22*Nr
Lu=4.4429*Xu*sqrt((E*Ca)/(G*J))*sqrt(1.+sqrt(1.+Xu**2))
! Ec. 3.3.13
Lr=4.4429*Nr*sqrt((E*Ca)/(G*J))*sqrt(1.+sqrt(1.+Nr**2))
! Ec. 3.3.14
else if (seccion='T'.and.proceso='SOLDADO') then
Nr=2.4*C*(d/lf)**2*Fy*E
Xu=3.22*Nr
Lu=(6.55*d*ry)/(Xu*lf)*sqrt(1.+sqrt(1.+Xu**2))
! Ec. 3.3.15
Lr=(6.55*d*ry)/(Nr*lf)*sqrt(1.+sqrt(1.+Nr**2))
! Ec. 3.3.16
else if (seccion='R') then
Lu=.91*E*sqrt(ly*J)/(C*Zy*Fy)
! Ec. 3.3.17
Lr=3.22*Lu
! Ec. 3.3.18
if (d<=bf) Lu=100000.
if (ly>lx) Lu=100000.
else if (seccion='O') then
Lu=100000.
else
Lu=0.
Lr=0.
end if
call tipo('FLEXION',seccion,Fy,bf,lf,t,tw,l,l,
* tipop,tipoa,tipo,io)
Mpx=Zx*Fy;Mpy=Zy*Fy;Myx=Sx*Fy;Myy=Sy*Fy;FR=.9
if (seccion='T') then
if (curvaturax='SIMPLE') then

```

```

Lp=(253000.-155000.*(M1/Mpx))*ry/Fy ! Ec. 3.3.2
else
Lp=(253000.+155000.*(M1/Mpx))*ry/Fy ! Ec. 3.3.2
end if
else
if (curvaturax='SIMPLE') then
Lp=(352000.-211000.*(M1/Mpx))*ry/Fy ! Ec. 3.3.3
else
Lp=(352000.+211000.*(M1/Mpx))*ry/Fy ! Ec. 3.3.3
end if
if (211000.*ry/Fy<=Lp) Lp=211000.*ry/Fy ! Ec. 3.3.3
end if
if (L>Lp) tipo=3
write (io,10) Lu,Lp.
* Myx/1.e5,My/1.e5,Mpx/1.e5,Mpy/1.e5
format ('Longitud máxima Lu:'.f8.1, /
* Longitud máxima no contraventada para
* diseño plástico Lp:'.f8.2, /
* Momento elástico X:'.f9.3,'E5', /
* Momento elástico Y:'.f9.3,'E5', /
* Momento plástico X:'.f9.3,'E5', /
* Momento plástico Y:'.f9.3,'E5')
Miembros soportados lateralmente (L<=Lu).
if (L<=Lu) then
write (io,*) 'Miembro soportado lateralmente (L<=Lu).
if (tipo=1.or.tipo=2) then
MR=FR*Mpx
3.3.1
else if (tipo=3) then
MR=FR*Myx
3.3.4
if (seccion='T') then
MR1=MR;MR2=MR
y1=FR*Mpx;y0=FR*Myx
x1=540./sqrt(Fy);x0=830./sqrt(Fy)
if (b/lf<x0) then
MR1=y0+(y1-y0)*(b/lf-x0)/(x1-x0)
if (MR1>FR*Mpx) MR1=FR*Mpx
end if
x1=5000./sqrt(Fy);x0=8000./sqrt(Fy)
if (T/tw<x0.and.l>y1) then
MR2=y0+(y1-y0)*(T/tw-x0)/(x1-x0)
if (MR2>FR*Mpx) MR2=FR*Mpx
end if
MR=amax1(MR1,MR2)
end if
else
Secciones tipo 4.
call valorQ(seccion,elemento,bf,tf,T,tw,l,100.,
* Fy,Qs,Qa,Q,io)
if (elemento='NOATIESADO') then
MR=FR*Qs*Myx
3.3.5
else
MR=FR*Qa*Myx
3.3.6
end if
end if
else
Miembros no soportados lateralmente (L>Lu).
write (io,*) 'Miembro no soportado lateralmente (L>Lu).
if (seccion='R') Ca=0.
write (io,15) Lr
format ('Longitud máxima para Lr:'.f8.1)
Mu=3.1416*sqrt(E*ly*G*J+(3.1416*E*L)**2*ly*Ca);(C*L)
3.3.9
if (tipo=1.or.tipo=2) then
if (L<=Lr.and.Mu>2.*Mpx/3.) then
MR=1.15*FR*Mpx*(1.-.28*Mpx/Mu)
! Ec. 3.3.7
if (MR>FR*Mpx) MR=FR*Mpx
! Ec. 3.3.7
else
MR=FR*Mu
! Ec. 3.3.8
if (MR>FR*Mpx) MR=FR*Mpx
end if
else
if (Mu>2.*Myx/3.) then
MR=1.15*FR*Myx*(1.-.28*Myx/Mu)
! Ec. 3.3.19
if (MR>FR*Myx) MR=FR*Myx
! Ec. 3.3.19
else
MR=FR*Mu
! Ec. 3.3.20
end if
if (tipoc<4.and.tipoa=4) then
Aa=tw*T;Ap=bf*tf
MR1=MR*(1.-.0005*Aa*Ap*
* (d/tw-8000./sqrt(MR/(0.9*Sx))))
! Ec. 4.5.2
MR=amin1(MR,MR1)
end if
end if
end if
if (MR>=Mu0) then
write (io,130) MR,1.e5
format ('Resistencia de diseño en flexión:'.

```

```

* El elemento sí resiste la flexión:'. /
* Resistencia [MR]:'.f9.3,'E5', /
else
write (io,140) MR,1.e5
format ('Resistencia de diseño en flexión:'. /
* El elemento no resiste la flexión!!!'. /
* Resistencia [MR]:'.f9.3,'E5', /
end if
cte=sqrt(5/Fy)
if (T/tw<=1400.*cte) then
VN=0.66*Fy*T*tw
else if (T/tw>1400.*cte.and.hc/tw<=1600.*cte) then
VN=922.*sqrt(5*Fy)*T*tw/(T/tw)
else if (T/tw>1600.*cte.and.hc/tw<=2000.*cte) then
VN=922.*sqrt(5*Fy)*T*tw/(T/tw)
else
VN=1845000.*5*T*tw/(T*tw)**2
end if
VR=0.90*VN
if (VN>VR) then
write (io,150) VR,1.e3
format ('Resistencia de diseño a fuerza cortante:'. /
* El elemento sí resiste la fuerza cortante:'. /
* Resistencia [VR]:'.f9.3,'E3', /
else
write (io,160) VR,1.e3
format ('Resistencia de diseño a fuerza cortante:'. /
* El elemento no resiste la fuerza cortante!!!'. /
* Resistencia [VR]:'.f9.3,'E3', /
end if
if (solicitacion='FLEXOCOMPRESION') then
if (io=9) pause 'RETURN' para continuar.'
end if
return
end
Subprograma para calcular el valor de KL/r máximo.
subroutine KLER(L,rx,movix,Gax,Gbx,ry,moviy,Gay,
Gby,KLrx,KLry,KLer,io)
character movix*9,moviy*9
real L,Kx,Ky,KLrx,KLry,KLer
if (movix='IMPEDIDO') then
call valK(movix,Gax,Gbx,Kx)
else
call valK(movix,Gax,Gbx,Kx)
end if
if (moviy='IMPEDIDO') then
call valK(moviy,Gay,Gby,Ky)
else
call valK(moviy,Gay,Gby,Ky)
end if
KLrx=Kx*L/ry
KLry=Ky*L/ry
KLer=amax1(KLrx,KLry)
write (io,10) Kx,Ky,KLrx,KLry,KLer
format ('Factor de longitud efectiva en X (Kx):'.f6.1, /
* Factor de longitud efectiva en Y (Ky):'.f6.1, /
* Relación de esbeltez X (KxL/ry):'.f7.2, /
* Relación de esbeltez Y (KyL/ry):'.f7.2, /
* Relación de esbeltez máxima (KxL/ry)max:'.f7.2)
return
end
subroutine valK(movi,Ga,Gb,K)
character movi*9
real K
pi=3.1416
if (Ga<=0.) Ga=001
if (Gb<=0.) Gb=001
if (Ga>100.) Ga=100.
if (Gb>100.) Gb=100.
if (movi='IMPEDIDO') then
cs=1.;ci=.5;K=.75;it=0
else
cs=10.;ci=1.;K=.2;it=0
end if
it=it+1
if (movi='IMPEDIDO') then
c=(Ga*Gb*(pi*K)**2+.4*(Ga+Gb) 2.*(1.-(pi*K)tan(pi/K)))
c=c+2.*tan(pi/K)/(pi/K)-1.
else
c=(Ga*Gb*(pi*K)**2+.36)/(6.*(Ga+Gb)-(pi*K)tan(pi/K))
end if
if (c<=0.) then
cs=K
K=(K+ci)/2.
else
ci=K
K=(K+cs)/2.
end if
if (abs(c)<.001.or.it>100) return
goto 10
end
Valores máximos admisibles de las relaciones ancho/groeso
de la TABLA 2.3.1
subroutine tipo(solicitacion,seccion,Fy,bf,tf,T,tw,Pu,Py,
* tipop,tipoa,tipo,io)
integer tipo,tipoa,tipop
character solicitacion*15,seccion*1
if (seccion='T'.or.seccion='1') then

```

```

rp=bf/(2.*t)
else
rp=bf/tf
end if
ra=T/tw
tipo=1;tipoa=1;tipop=1
if (seccion='A') then
    tipo=3;tipoa=3;tipop=3
    if (rp>640./sqrt(Fy)) tipop=4
    if (ra>640./sqrt(Fy)) tipoa=4
end if
if (solicitud='COMPRESION') then
    Revisión del patin.
    if (seccion='T'.or.seccion='T'.or.seccion='C'.or.
* seccion='R') then
        if (rp>830./sqrt(Fy)) tipop=4
    end if
    Revisión del alma.
    if (seccion='T'.or.seccion='R'.or.seccion='C') then
        if (ra>2100./sqrt(Fy)) tipoa=4
    else if (seccion='C') then
        if (ra>132000./Fy) tipoa=2
        if (ra>184000./Fy) tipoa=3
        if (ra>235000./Fy) tipoa=4
    end if
end if
if (solicitud='FLEXION') then
    Revisión del patin.
    if (seccion='T'.or.seccion='T'.or.
* seccion='C') then
        if (rp>460./sqrt(Fy)) tipop=2
        if (rp>540./sqrt(Fy)) tipop=3
        if (rp>830./sqrt(Fy)) tipop=4
    end if
    if (seccion='R') then
        if (rp>1600./sqrt(Fy)) tipop=3
        if (rp>2100./sqrt(Fy)) tipop=4
    end if
    Revisión del alma.
    if (seccion='T'.or.seccion='R'.or.
* seccion='C') then
        if (ra>3500./sqrt(Fy)) tipoa=2
        if (ra>5300./sqrt(Fy)) tipoa=3
        if (ra>8000./sqrt(Fy)) tipoa=4
    end if
end if
if (seccion='T') then
    tipoa=2
    if (ra>540./sqrt(Fy)) tipoa=3
    if (ra>1100./sqrt(Fy)) tipoa=4
end if
if (solicitud='FLEXOCOMPRESION') then
    r1=1000.;r2=1000.;r3=1000.
    if (Pu/Py>0.28) then
        r1=2100./sqrt(Fy)
    else if (Pu/Py<=0.28.and.Pu/Py>0.15) then
        r2=3339./sqrt(Fy)*(1.-0.371*Pu/Py)
        r3=5228./sqrt(Fy)*(1.-0.598*Pu/Py)
    else
        r2=5300./sqrt(Fy)*(1.-2.7*Pu/Py)
        r3=8000./sqrt(Fy)*(1.-2.7*Pu/Py)
    end if
    if (ra>r1) tipoa=2
    if (ra>r2) tipoa=3
    if (ra>r3) tipoa=4
    if (rp>830./sqrt(Fy)) tipop=4
end if
tipo=amax1(tipop.tipoa)
write (io,10) tipo.tipop.tipo
format ('Clasificación del alma: Tipo:',i2,/.
* 'Clasificación del patin: Tipo:',i2,/.
* 'Clasificación de toda la sección: Tipo:',i2)
if (tipo=1) then
    write (io,*) 'Sección para diseño plástico.'
else if (tipo=2) then
    write (io,*) 'Sección compacta.'
else if (tipo=3) then
    write (io,*) 'Sección no compacta.'
else
    write (io,*) 'Sección esbelta o de pared delgada.'
end if
return
end

Subprograma para calcular el valor de Qs, Qa y Q.

subroutine valorQ(seccion,elemento,bf,tf,T,tw,Pu,At,Fy,
* Qs,Qa,Q,io)
character seccion*1,elemento*10
call valQ(seccion,elemento,bf,tf,Pu,At,Fy,Qs1,bef)
call valQ(seccion,elemento,T,tw,Pu,At,Fy,Qs2,bew)
Qs=amin1(Qs1,Qs2)
if (elemento=' ATIESADO') then
    if (seccion='R') then
        Aef=At-2.*(bf-bef)*tf+(T-bew)*tw
    elseif (seccion='L'.or.seccion='T') then
        Aef=At-(bf-bef)*tf+(T-bew)*tw
    elseif (seccion='I'.or.seccion='C') then
        Aef=At-2.*(bf-bef)*tf+(T-bew)*tw
    else

```

```

Aef=At-(bf-bef)*tf
end if
Qa=Aef/At
else
    Qa=1.
end if
Q=Qs*Qa
write (io,10) Qs,Qa,Q
format ('Factor de reducción Qs:',f6.3,/.
* 'Coeficiente del área efectiva Qa:',f6.3,/.
* 'Factor de pandeo local Q:',f6.3)
return
end
subroutine valQ(seccion,elemento,b,L,Pu,At,Fy,Qs,bc)
character seccion*1,elemento*10
Qs=1.
if (elemento='NOATIESADO') then
    if (seccion='A') then
        if (640./sqrt(Fy)<b/t.and.b/t<1300./sqrt(Fy)) then
            Qs=1.340-.00053*b/t*sqrt(Fy)
        else if (b/t>=1300./sqrt(Fy)) then
            Qs=1090000./Fy*(b/t)**2)
        ! Ec. 2.3.1
        ! Ec. 2.3.2
    end if
    else
        if (830./sqrt(Fy)<b/t.and.b/t<1470./sqrt(Fy)) then
            Qs=1.415-.00052*b/t*sqrt(Fy)
        else if (b/t>=1470./sqrt(Fy)) then
            Qs=1400000./Fy*(b/t)**2)
        ! Ec. 2.3.3
        ! Ec. 2.3.4
    end if
    end if
else
    if (Pu=0.) then
        f=At*Fy
    else
        f=Pu*At
    end if
    if (seccion='R') then
        be=2730.*t/sqrt(f)*abs((1.-540./(b*t*sqrt(f)))) ! Ec. 2.3.5
        if (be>b) be=b
        ! Ec. 2.3.5
    else
        be=2730.*t/sqrt(f)*abs((1.-480./(b*t*sqrt(f)))) ! Ec. 2.3.6
        if (be>b) be=b
        ! Ec. 2.3.6
    end if
end if
end if
return
end
subroutine Tyf
integer seconds,hor,min,seg,mm,dd,yy
call time(seconds)
call date(mm,dd,yy)
hor=seconds/3600
min=(seconds-3600*hor)/60
seg=seconds-3600*hor-60*min
write(6,*)
write (6,100) hor,min,seg,dd,mm,yy
format ('Hora: ',i2,2(' ',i2), 'Fecha: ',i2,2(' ',i2))
write(6,*)
return
end
Subprograma para decidir archivo de datos o propiedades
geométricas.
subroutine selec(num,seccion,iden,io,
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
io=9
if (iden=0) then
    write (9,*) '1] Usar las características
* geométricas del archivo de datos.'
    write (9,*) '2] Obtener las características geométricas
* de la base de datos.'
    write (9,*) '3] Terminar la ejecución del programa.'
    read (9,*) num
    if (num=2) then
        call geo(seccion,
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
    end if
    if (num=3) then
        close (6)
        stop
    end if
    else
        num=2
        call geo(seccion,
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
    end if
    if (num=2.and.iden=1) then
        write (6,*) 'Las características geométricas del
* siguiente diseño'
        write (6,*) 'se modificaron por las secciones
* que a continuación se muestran:'
    end if
    iden=1
    return
end
Subprograma para determinar si se continua.

```

```

subroutine OK(num,io)
write (9,*) [1] Continuar con el siguiente diseño'
write (9,*) [2] Cambiar las características geométricas.'
write (9,*) [3] Terminar la ejecución del programa.'
read (9,*) num
if (num=1) then
io=6
elseif (num=2) then
io=9
else
write (9,*) [1] Seguro que se quiere terminar
* el programa.'
write (9,*) [2] Regresar al programa.'
read (9,*) num
if (num=2) goto 10
write (9,*) 'Gracias por usar el programa ACERO92.'
close (6)
stop
end if
return
end
Subprograma para calcular las características geométricas
de las secciones del manual IMCA.
subroutine geo(seccion,
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,Iy,Sy,Zy,ry,J,Ca)
dimension dd(250,5)
real lx,ly,J
integer status,cof,ren
character sec:*2,dummy*80,seccion*1
parameter (cof=-1)
io=4
status=0
write (9,*) 'Seleccione una opción:'
write (9,*)
write (9,*) 'Angulo de lados iguales [LI]'
write (9,*) 'Angulo de lados desiguales [LD]'
write (9,*) 'Perfil C estándar [CE]'
write (9,*) 'Perfil I estándar [IE]'
write (9,*) 'Perfil IR estándar [IR]'
write (9,*) 'Perfil TR rectangular [TR]'
write (9,*) 'Perfil IS soldado [IS]'
write (9,*) 'Redondo sólido liso [OS]'
write (9,*) 'Tubo circular [OC]'
write (9,*) 'Tubo cuadrado o rectangular [OR]'
write (9,*) 'Perfil C formado en frío [CF]'
write (9,*)
write (9,*) '?Sección?'
read (9,*) sec
IF (sec='LI'.or.sec='li') then
sec='LI':seccion='L'
goto 20
elseif (sec='LD'.or.sec='ld') then
sec='LD':seccion='L'
goto 20
elseif (sec='CE'.or.sec='ce') then
sec='CE':seccion='C'
goto 20
elseif (sec='IE'.or.sec='ie') then
sec='IE':seccion='I'
goto 20
elseif (sec='IR'.or.sec='ir') then
sec='IR':seccion='I'
goto 20
elseif (sec='TR'.or.sec='tr') then
sec='TR':seccion='T'
goto 20
elseif (sec='IS'.or.sec='is') then
sec='IS':seccion='I'
goto 20
elseif (sec='OS'.or.sec='os') then
sec='OS':seccion='O'
goto 20
elseif (sec='OC'.or.sec='oc') then
sec='OC':seccion='O'
goto 20
elseif (sec='OR'.or.sec='or') then
sec='OR':seccion='O'
goto 20
elseif (sec='CF'.or.sec='cf') then
sec='CF':seccion='C'
goto 20
end if
write (9,*)
write (9,*) '!!!No existe ese tipo de perfil!!!'
write (9,*)
GOTO 10
open (io,file=sec)
read (io,*) dummy
read (io,*) dummy
k=1
WHILE (status<>eof)
IF (sec='LI') THEN
read (io,*,iostat=status) b,t
dd(k,1)=b;dd(k,2)=t
ELSEIF (sec='LD') THEN
read (io,*,iostat=status) b1,b2,t
dd(k,1)=b1;dd(k,2)=b2;dd(k,3)=t
ELSEIF (sec='CE') THEN
read (io,*,iostat=status) d,peso,tw,bf,tf
dd(k,1)=d;dd(k,2)=peso;dd(k,3)=tw;dd(k,4)=bf;dd(k,5)=tf

```

```

ELSEIF (sec='IE') THEN
read (io,*,iostat=status) d,peso,tw,bf,tf
dd(k,1)=d;dd(k,2)=peso;dd(k,3)=tw;dd(k,4)=bf;dd(k,5)=tf
ELSEIF (sec='TR') THEN
read (io,*,iostat=status) d,peso,tw,bf,tf
dd(k,1)=d;dd(k,2)=peso;dd(k,3)=tw;dd(k,4)=bf;dd(k,5)=tf
ELSEIF (sec='IR') THEN
read (io,*,iostat=status) d,peso,tw,bf,tf
dd(k,1)=d;dd(k,2)=peso;dd(k,3)=tw;dd(k,4)=bf;dd(k,5)=tf
ELSEIF (sec='OS') THEN
read (io,*,iostat=status) d
dd(k,1)=d
ELSEIF (sec='OC') THEN
read (io,*,iostat=status) d,t
dd(k,1)=d;dd(k,2)=t
ELSEIF (sec='CF') THEN
read (io,*,iostat=status) d,cal,t,b,a
dd(k,1)=d;dd(k,2)=cal;dd(k,3)=t;dd(k,4)=b;dd(k,5)=a
ELSEIF (sec='IS') THEN
read (io,*,iostat=status) bf,tf,h,tw
dd(k,1)=bf;dd(k,2)=tf;dd(k,3)=h;dd(k,4)=tw
ELSE
read (io,*,iostat=status) b1,b2,t
dd(k,1)=b1;dd(k,2)=b2;dd(k,3)=t
END IF
IF (dd(k,1)<=0) THEN
k=k+1
END IF
repeat
k=k-1
CLOSE (io)
ren=0;num=0
do (i=1,k)
ren=ren+1
IF (sec='LI') THEN
write (9,40) i,int(dd(i,1)),int(dd(i,2))
format ('I,i3,' ',i3,' x ',i2)
ELSEIF (sec='LD') THEN
write (9,50) i,int(dd(i,1)),int(dd(i,2)),int(dd(i,3))
format ('I,i3,' ',i3,' x ',i3,' x ',i2)
ELSEIF (sec='CE') THEN
write (9,60) i,int(dd(i,1)),dd(i,2)
format ('I,i3,' ',i3,' x ',f5.2)
ELSEIF (sec='IE') THEN
write (9,70) i,int(dd(i,1)),dd(i,2)
format ('I,i3,' ',i3,' x ',f7.2)
ELSEIF (sec='IR') THEN
write (9,70) i,int(dd(i,1)),dd(i,2)
ELSEIF (sec='TR') THEN
write (9,70) i,int(dd(i,1)),dd(i,2)
ELSEIF (sec='OS') THEN
write (9,80) i,dd(i,1)
format ('I,i3,' ',f5.1)
ELSEIF (sec='OC') THEN
write (9,90) i,int(dd(i,1)),dd(i,2)
format ('I,i4,' ',i3,' x ',f5.2)
ELSEIF (sec='CF') THEN
write (9,100) i,int(dd(i,1)),dd(i,2)
format ('I,i3,' ',i3,' x ',f6.2)
ELSEIF (sec='IS') THEN
write (9,110) i,int(dd(i,1)),int(dd(i,2)),
* int(dd(i,3)),int(dd(i,4))
format ('I,i3,' ',i3,' x ',i2,' x ',i4,' x ',i2)
ELSE
write (9,120) i,int(dd(i,1)),int(dd(i,2)),dd(i,3)
format ('I,i3,' ',i3,' x ',i3,' x ',f4.1)
END IF
IF (ren=19.OR.i=k) THEN
IF (i<k) write (9,*) 'Continua...'
write (9,*)
write (9,*) 'Seleccione una opción:'
write (9,*) '[1...n] Clave de la designación de la sección.'
write (9,*) '[0 ó (RETURN)] Mostrar más designaciones.'
write (9,*) '[ -1] Mostrar el menú de secciones.'
write (9,*) '[ -2] Calcular con esta sección.'
read (9,*) num
IF (num>k) goto 30
IF (num=-1) goto 10
IF (num=-2) return
ren=0
END IF
IF (num>0) THEN
IF (sec='LI') THEN
write (9,240) sec,num,int(dd(num,1)),int(dd(num,2))
write (6,240) sec,num,int(dd(num,1)),int(dd(num,2))
format ('Sección: ',a2,' [i3,' ',i3,' x ',i2)
b=dd(num,1)/10.;t=dd(num,2)/10.
call LI(b,t)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,Iy,Sy,Zy,ry,J,Ca)
ELSEIF (sec='LD') THEN
write (9,250) sec,num,int(dd(num,1)),int(dd(num,2)),
* int(dd(num,3))
write (6,250) sec,num,int(dd(num,1)),int(dd(num,2)),
* int(dd(num,3))
format ('Sección: ',a2,' [i3,' ',i3,' x ',i3,' x ',i2)
b1=dd(num,1)/10.;b2=dd(num,2)/10.;t=dd(num,3)/10.
call LD(b1,b2,t)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,Iy,Sy,Zy,ry,J,Ca)
ELSEIF (sec='CE') THEN
write (9,260) sec,num,int(dd(num,1)),dd(num,2)

```

```

write (6.260) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
format ('Sección: 'a2.' [i3.] 'i3.' x' f5.2)
d=dd(num.1)/10.;peso=dd(num.2);tw=dd(num.3)
bf=dd(num.4);tf=dd(num.5)
call CE(d,tw,bf,tf)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
ELSEIF (sec=1E) THEN
write (9.270) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
write (6.270) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
format ('Sección: 'a2.' [i3.] 'i3.' x' f6.2)
d=dd(num.1)/10.;peso=dd(num.2);tw=dd(num.3)
bf=dd(num.4);tf=dd(num.5)
call IE(d,tw,bf,tf,sec)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
ELSEIF (sec=1R) THEN
write (9.270) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
write (6.270) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
d=dd(num.1)/10.;peso=dd(num.2);tw=dd(num.3)
bf=dd(num.4);tf=dd(num.5)
call IE(d,tw,bf,tf,sec)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
ELSEIF (sec=TR) THEN
write (9.270) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
write (6.270) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
d=dd(num.1)/10.;peso=dd(num.2);tw=dd(num.3)
bf=dd(num.4);tf=dd(num.5)
call TR(d,tw,bf,tf)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
ELSEIF (sec=OS) THEN
write (9.280) sec.num.dd(num.1)
write (6.280) sec.num.dd(num.1)
format ('Sección: 'a2.' [i3.] 'f5.1)
d=dd(num.1)/10.
call OS(d)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
ELSEIF (sec=OC) THEN
write (9.290) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
write (6.290) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
format ('Sección: 'a2.' [i4.] 'i3.' x' f5.2)
d=dd(num.1)/10.;t=dd(num.2)/10.
call OC(d,t)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
ELSEIF (sec=CF) THEN
write (9.300) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
write (6.300) sec.num.int(dd(num.1)),dd(num.2)
format ('Sección: 'a2.' [i3.] 'i3.' x' f6.2)
d=dd(num.1)/10.;ca1=dd(num.2);t=dd(num.3)
b=dd(num.4);a=dd(num.5)
call CF(d,t,b,a)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
ELSEIF (sec=1S) THEN
write (9.310) sec.num.int(dd(num.1)),int(dd(num.2)),
int(dd(num.3)),int(dd(num.4))
write (6.310) sec.num.int(dd(num.1)),int(dd(num.2)),
int(dd(num.3)),int(dd(num.4))
format ('Sección: 'a2.' [i3.] 'i3.' x' i2.' x'
i4.' x' i2)
bf=dd(num.1)/10.;tf=dd(num.2)/10.;h=dd(num.3)/10.
tw=dd(num.4)/10.
d=h+2.*tf
call IE(d,tw,bf,tf,sec)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
ELSE
write (9.320) sec.num.int(dd(num.1)),
int(dd(num.2)),dd(num.3)
write (6.320) sec.num.int(dd(num.1)),
int(dd(num.2)),dd(num.3)
format ('Sección: 'a2.' [i3.] 'i3.' x' i3.' x' f4.1)
b1=dd(num.1)/10.;b2=dd(num.2)/10.;t=dd(num.3)/10.
call OR(b1,b2,t)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
END IF
write (9.*) ' d tw bf
tf T At'
write (9.130) d,tw,bf,tf,TT,At
format (6(f11.2))
write (9.*) ' lx Sx Zx rx'
write (9.140) lx,Sx,Zx,rx
format (4(f11.2))
write (9.*) ' ly Sy Zy ry'
write (9.140) ly,Sy,Zy,ry
write (9.*) ' J Ca'
write (9.150) J,Ca
format (2(f22.2))
write (9.*)
write (9.*) 'Seleccione una opción:'
write (9.*) '1) Mostrar el menú de secciones'
write (9.*) '2) Mostrar más designaciones.'
write (9.*) '3) Calcular con esta sección.'
read (9.*) num
IF (num=1) then
CLOSE (io)
goto 10
elseif (num=2) then
goto 30
else
CLOSE (io)
return
end if
ENDIF

```

```

repeat
goto 30
end
Subprograma para las Secciones LI
subroutine LI(b,t)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
real lx,ly,J
write (9.*) 'Angulos de lados iguales (LI),'
b1=b-t
a1=t*b;a2=b1*t;At=a1+a2
g1x=t/2.;g1y=b/2.;g2x=b1/2.+t;g2y=t/2.
x=(a1*g1x+a2*g2x)/At
y=x
lx=b*t**3/12.+a1*(x-g1x)**2+t*b1**3/12.+a2*(x-g2x)**2
Sx=lx/(b-x)
a1=t*(b-y);a2=t*y;a3=b1*t
Zx=a1*(b-y)/2.+a2*y/2.+a3*(y-t/2.)
rx=sqrt(lx/At)
lx=lx/1.021;Sx=Sx/1.022;At=At/1.023
ly=lx;Sy=Sx;Zy=Zx;ry=rx
Ca=ly*b**2/4./1.021
J=(b**3+b1*t**3)/3./1.021
d=b;tw=t;bf=b;tf=t;TT=b-t
RETURN
end
Subprograma para las Secciones LD
subroutine LD(b1,b2,t)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
real lx,ly,J
write (9.*) 'Angulos de lados desiguales (LD),'
b3=b2-t
a1=t*b1;a2=b3*t;At=a1+a2
g1x=t/2.;g1y=b1/2.;g2x=b3/2.+t;g2y=t/2.
x=(a1*g1x+a2*g2x)/At
y=(a1*g1y+a2*g2y)/At
lx=t*b1**3/12.+a1*(y-g1y)**2+b3*t**3/12.+a2*(y-g2y)**2
ly=b1*t**3/12.+a1*(x-g1x)**2+t*b3**3/12.+a2*(x-g2x)**2
Sx=lx/(b1-y)
Sy=ly/(b2-x)
a1=t*(b1-y);a2=t*y;a3=b3*t
Zx=a1*(b1-y)/2.+a2*y/2.+a3*(y-t/2.)
Zy=a1*(x-t/2.)/2.+a2*(x-t/2.)+a3*(g2x-x)
rx=sqrt(lx/At)
ry=sqrt(ly/At)
Ca=ly*b3**2/4.
J=(b1*t**3+b3*t**3)/3.
At=At/1.012
lx=lx*1.006;Sx=Sx*1.008;Zx=Zx*1.008;rx=rx*996
ly=ly*1.022;Sy=Sy*1.019;Zy=Zy*1.019;ry=ry*1.007
Ca=Ca*1.022
J=J*1.022
TT=b1-t
d=b1;tw=t;bf=b2;tf=t;TT=b1-t
RETURN
end
Subprograma para las Secciones CE
subroutine CE(d,tw,bf,tf)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
real lx,ly,J
write (9.*) 'Perfil C estándar (CE),'
a1=tw*(d-2.*tf);a2=2.*b*tf;At=a1+a2
g1x=tw/2.;g2x=bf/2.
x=(a1*g1x+a2*g2x)/At
y=d-2.
lx=tw*(d-2.*b)*tf**3/12.+2.*b*tf**3/12.+
2.*b*tf*(d-tf)**2
ly=(d-2.*b)*tw**3/12+(d-2.*b)*tw*(x-g1x)**2+2.*
((t*b**3/12.+t*b*bf*(x-g2x)**2)
Sx=lx/(d-2.)
Sy=ly/(bf-x)
a1=tw*(d-2.*b);a2=2.*tf*(bf-x);a3=tf*x
Zx=2.*(b*tf*(d-tf)/2.+tw*(d-2.*tf)**2/8.)
Zy=a1*(x-tw/2.)+a2*(bf-x)+a3*x/2.
rx=sqrt(lx/At)
ry=sqrt(ly/At)
Ca=ly*(d-tf)**2/4.
J=(d*tw**3+2.*b*tf**3)/3.
At=At/1.004
lx=lx*1.788;Sx=Sx*1.786;Zx=Zx*1.786;rx=rx*883
ly=ly*1.124;Sy=Sy*1.178;Zy=Zy*1.178;ry=ry*1.03
J=J*908
Ca=Ca*1.251
TT=(d-2.*tf)/1.138
RETURN
end
Subprograma para las Secciones IE, IR e IS
subroutine IE(d,tw,bf,tf,sec)
* d,tw,bf,tf,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
real lx,ly,J
character sec*2
IF (sec=1E) THEN
write (9.*) 'Perfil I estándar.'
ELSEIF (sec=1R) THEN
write (9.*) 'Perfil I rectangular.'
ELSE
write (9.*) 'Perfil I soldado.'
END IF
a1=tw*(d-2.*tf);a2=b*tf;At=a1+2.*a2
lx=tw*(d-2.*tf)**3/12.+2.*b*tf*(t**3/12.+
2.*a2*(d-tf).)**2

```

```

ly=2.*t*(b**3/12.+(d-2.*t)*tw**3/12.
Sx=lx/(d/2.)
Sy=ly/(b/2.)
Zx=a1*(d-2.*t)/4.+a2*(d-t)
Zy=(d-2.*t)*w**2/4.+t*(b**2/2.
rx=sqrt(lx/At)
ry=sqrt(ly/At)
J=((d-2.*t)*w**3+2.*b*(t**3))/3.
Ca=ly*(d-t)**2/4.
IF (sec=1E) THEN
At=A/1.986
Ix=lx/1.995;Sx=Sx/1.992;Zx=Zx/1.987;rx=rx/1.006
ly=ly/1.217;Sy=Sy/1.22;Zy=Zy/1.118;ry=ry/1.128
J=J/1.759
Ca=Ca/1.346
TT=(d-2.*t)/1.112
ELSEIF (sec=1R) THEN
Ix=lx/1.94;Sx=Sx/1.962;Zx=Zx/1.958;rx=rx/1.981
ly=ly/1.998;Sy=Sy/1.996;Zy=Zy/1.996;ry=ry/1.016
At=A/1.979
J=J/1.936
Ca=Ca/1.953
TT=(d-2.*t)/1.112
ELSE
Ix=lx/1.;Sx=Sx/1.;Zx=Zx/1.;rx=rx/1.
ly=ly/1.;Sy=Sy/1.;Zy=Zy/1.;ry=ry/1.
At=A/1.
J=J/1.
Ca=Ca/1.
TT=(d-2.*t)/1.
ENDIF
RETURN
end
Subprograma para las Secciones TR
subroutine TR(d,tw,bf,t)
* d,tw,bf,t,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
real lx,ly,J
write (9,*) 'Perfil T rectangular (TR):'
a1=bf*t/a2=tw*(d-t);At=a1+a2
gly=d-t/2.;g2y=(d-t)/2.
y=(tw*(d-t)**2/2.+bf*(t**2)-(d-t)/2.))/At
lx=bf*t**3/12.+bf*(t**2)*(y-gly)**2+tw*(d-t)**3/12.+tw*(d-t)*(y-g2y)**2
ly=(d-t)*w**3/12.+t*(b**3/12.
Sx=lx/y
Sy=ly/(b/2.)
a1=bf*t/a2=tw*(d-t-y);a3=tw*y
Zx=a1*(d-t/2.-y)+a2*(d-t-y)/2.+a3*y/2.
Zy=a1*b/4.+(a2+a3)*w/4.
rx=sqrt(lx/At)
ry=sqrt(ly/At)
J=((d-t)*w**3+bf*(t**3))/3.
Ca=ly*(d-t)**2/4.
At=A/1.998
Ix=lx/1.052;Sx=Sx/1.037;Zx=Zx/1.048;rx=rx/1.034
ly=ly/1.008;Sy=Sy/1.011;Zy=Zy/1.005;ry=ry/1.014
J=J/1.728
Ca=Ca/291.35
TT=(d-t)/1.
RETURN
end
Subprograma para las Secciones OS
subroutine OS(d)
* d,tw,bf,t,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
real lx,ly,J
write (9,*) 'Redondo sólido liso (OS):'
At=3.1416*d**2/4.
Ix=3.1416*(d/2.)**4/4.;Sx=lx/(d/2.);Zx=4.*(d/2.)**3/3.
ly=lx;Sy=Sx;Zy=Zx
rx=sqrt(lx/At)
ry=sqrt(ly/At)
J=.0982*d**4
Ca=ly*d**2/4.
At=A/1.
Ix=lx/1.;Sx=Sx/1.;Zx=Zx/1.;rx=rx/1.
ly=ly/1.;Sy=Sy/1.;Zy=Zy/1.;ry=ry/1.
J=J/1.
Ca=Ca/1.
TT=d
tw=d;bf=d;tf=d;TT=d
RETURN
end
Subprograma para las Secciones OC
subroutine OC(d,t)
* d,tw,bf,t,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
real lx,ly,J
write (9,*) 'Tubo circular (OC):'
At=3.1416*((d/2.)**2.-(d/2.-t)**2)
Ix=3.1416*((d/2.)**4.-(d/2.-t)**4)/4.;Sx=lx/(d/2.)
Zx=4.*(d/2.)**3.-(d/2.-t)**3)/3.
ly=lx;Sy=Sx;Zy=Zx
rx=sqrt(lx/At)
ry=sqrt(ly/At)
J=.0982*((d)**4.-(d-2.*t)**4)
Ca=ly*d**2/4.
At=A/1.997
Ix=lx/1.992;Sx=Sx/1.994;Zx=Zx/1.994;rx=rx/1.003
ly=ly/1.992;Sy=Sy/1.994;Zy=Zy/1.994;ry=ry/1.003
J=J/1.
Ca=Ca/1.

```

```

tw=t;bf=d;tf=d;TT=d
RETURN
end
Subprograma para las Secciones CF
subroutine CF(d,t,b,a)
* d,tw,bf,t,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
real lx,ly,J,kk
write (9,*) 'Perfil C formado en frio (CF):'
At=(d+2.*(b+a))
d1=d;b1=b
d=d1-2.*t;b=b-2.*t
kk=2.*(a-t/2.)/d
Ix=(d**3/12.+(kk**3-3.*kk**2+3.*kk+1.)*(b*d**2/2.
Sx=(d**2/6.+(kk**3-3.*kk**2+3.*kk+1.))*b*d
Zx=Sx
rx=sqrt(lx/At)
d=b1-2.*t;b=d1-2.*t
kk=2.*a/b
ly=(d**2/3.+(kk*b**2.+(kk+1.))*2*b*d/3.+
* d**2/3.)/(b*(kk+1.)*2.d)
Sy=(d*(kk*b**2.+(kk+1.))*2*b*d/3.+d**2/3.)/(b+d)
Zy=Sy
ry=sqrt(ly/At)
d=d1;b=b1
J=((d-2.*t)*t**3+2.*b*(t**3))/3.
Ca=ly*(d-t)**2/4.
At=A/1.039
Ix=lx/1.984;Sx=Sx/1.006;Zx=Zx/1.006;rx=rx/1.974
ly=ly/1.788;Sy=Sy/1.83;Zy=Zy/1.83;ry=ry/1.869
J=J/1.
Ca=Ca/1.
tw=t;bf=b1;tf=t;TT=(d-2.*t)/1.
RETURN
end
Subprograma para las Secciones OR
subroutine OR(b1,b2,t)
* d,tw,bf,t,TT,At,lx,Sx,Zx,rx,ly,Sy,Zy,ry,J,Ca)
real lx,ly,J,kk
write (9,*) 'Tubo rectangular (OR):'
h=b1;b=b2;d=h
b1=b-2.*t;h=h-2.*t
At=b*h-b1*h1
Ix=(b**3/3.-b1**3/3.-b1*h1**3)/12.
Sx=lx/(h/2.)
Zx=Sx
rx=sqrt(lx/At)
ly=(h*b**3.-h1*b1**3)/12.
Sy=ly/(b/2.)
Zy=Sy
ry=sqrt(ly/At)
Ca=ly*(h-t)**2/4.
J=2.*t*h**2*b**2/(h+b)
At=A/1.033
Ix=lx/1.065;Sx=Sx/1.067;Zx=Zx/1.067;rx=rx/1.018
ly=ly/1.048;Sy=Sy/1.045;Zy=Zy/1.045;ry=ry/1.009
Ca=Ca/1.
J=J/1.
tw=t;bf=b2;tf=t;TT=(d-2.*t)/1.;TT=h-2.*t
RETURN
end
subroutine fperm(rierr,icard,ival,aval,dval)
write (9,*)
write (9,*)
write (9,*) 'Hay un dato que produce una división entre'
write (9,*) 'cero o una multiplicación más grande que'
write (9,*) 'la capacidad de la máquina.'
write (9,*) 'Revise nuevamente el archivo de datos'
write (9,*) 'y asegure que no hay un valor igual o menor'
write (9,*) 'que cero o un exponente demasiado grande.'
write (9,*)
pause 'RETURN' para continuar.'
write (9,*)
write (9,*)
write (9,*) 'Gracias por usar el programa ACERO92.'
close (6)
stop
end

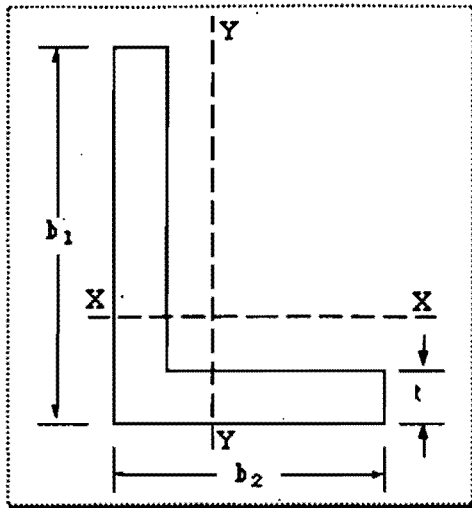
```

Programa para diseñar elementos de acero
 cumpliendo con las Normas del RCDF.

(C) COPYRIGHT 10 de mayo de 1992 V2.0

Por Ing. Juan Aldasoro Robles
 ALL RIGHTS RESERVED

SECCION L



$$b_3 = b_2 - t$$

$$A_1 = t b_1 \quad A_2 = t b_3 \quad A_t = A_1 + A_2$$

$$G_{1x} = \frac{t}{2}$$

$$G_{1y} = \frac{b_1}{2}$$

$$G_{2x} = \frac{b_3}{2} + t$$

$$G_{2y} = \frac{t}{2}$$

$$X = \frac{A_1 G_{1x} + A_2 G_{2x}}{A_t}$$

$$Y = \frac{A_1 G_{1y} + A_2 G_{2y}}{A_t}$$

$$I_x = \frac{t b_1^3}{12} + A_1 (Y - G_{1y})^2 + \frac{b_3 t^3}{12} + A_2 (Y - G_{2y})^2 \quad S_x = \frac{I_x}{b_1 - Y}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}}$$

$$I_y = \frac{b_1 t^3}{12} + A_1 (X - G_{1x})^2 + \frac{t b_3^3}{12} + A_2 (X - G_{2x})^2 \quad S_y = \frac{I_y}{b_2 - X}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}}$$

$$A_1 = t (b_1 - Y) \quad A_4 = t Y \quad A_5 = t b_3$$

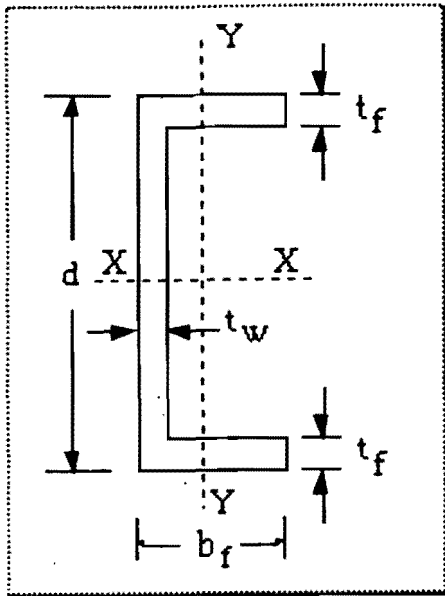
$$Z_x = A_3 \frac{(b_1 - Y)}{2} + \frac{A_4 Y}{2} + A_5 \left(Y - \frac{t}{2} \right)$$

$$Z_y = A_3 \left(X - \frac{t}{2} \right) + A_4 \left(X - \frac{t}{2} \right) + A_5 \left(Y - \frac{t}{2} \right) + A_5 (G_{2x} - X)$$

$$J = \frac{(b_1 + b_3) t^3}{3}$$

$$C_a = \frac{I_y (b_1 - t)}{4}$$

SECCION CANAL



$$A_1 = t_w (d - 2t_f)$$

$$A_2 = 2b_f t_f$$

$$A_T = A_1 + A_2$$

$$G_{1X} = \frac{t_w}{2}$$

$$G_{2X} = \frac{b_f}{2}$$

$$X = \frac{A_1 G_{1X} + A_2 G_{2X}}{A_T}$$

$$Y = \frac{d}{2}$$

$$I_x = \frac{t_w (d - 2b_f)^3}{12} + \frac{2b_f t_f^3}{12} + 2b_f t_f \left[\frac{(d - t_f)}{2} \right]^2 \quad S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{d}{2}\right)} \quad r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}}$$

$$I_y = \frac{(d - 2b_f) t_w^3}{12} + t_w (d - 2b_f) (X - G_{1X})^2 + 2 \left[\frac{t_f b_f^3}{12} + t_f b_f (X - G_{2X})^2 \right]$$

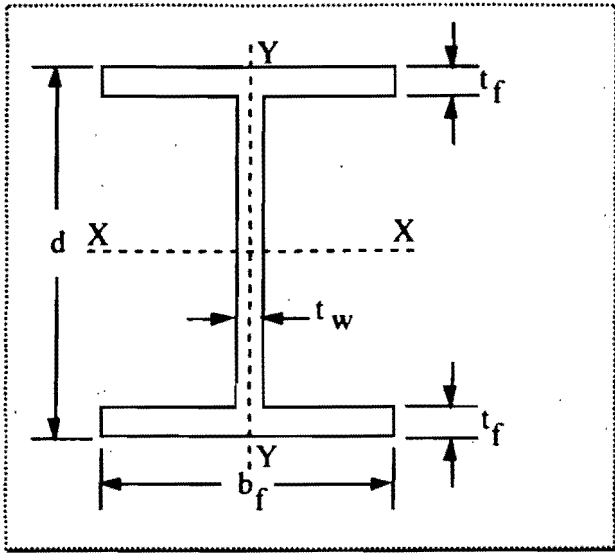
$$S_y = \frac{I_y}{b_f - X} \quad r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}}$$

$$Z_x = 2 \left[\frac{b_f t_f (d - t_f)}{2} + \frac{t_w (d - 2t_f)^2}{8} \right]$$

$$Z_y = A_1 \left(X - \frac{t_w}{2} \right) + A_2 \left(\frac{b_f - X}{2} \right) + A_3 \left(\frac{X}{2} \right)$$

$$C_a = \frac{I_y (d - t_f)^2}{4}$$

$$J = \frac{\left[(d - 2t_f) t_w^3 + 2b_f t_f^3 \right]}{3}$$

SECCION I

$$A_1 = t_w (d - 2t_f)$$

$$A_2 = b_f t_f$$

$$A_T = A_1 + 2A_2$$

$$I_x = \frac{t_w (d - 2t_f)^3}{12} + \frac{2b_f t_f^3}{12} + 2A_2 \left[\frac{(d - t_f)}{2} \right]^2$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{b_f}{2} \right)}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_1}}$$

$$I_y = \frac{2t_f b_f^3}{12} + \frac{(d - 2t_f) t_w^3}{12}$$

$$S_y = \frac{I_y}{\left(\frac{t_f}{2} \right)}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_1}}$$

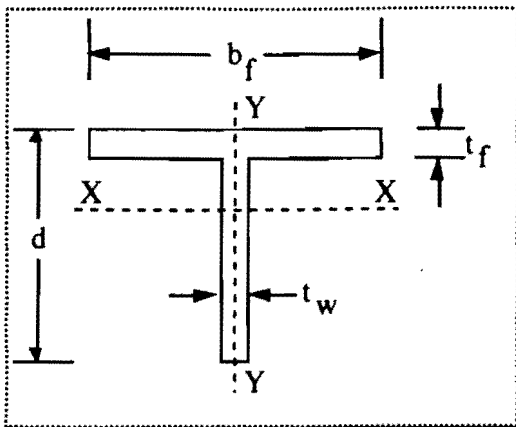
$$Z_x = A_1 \left(\frac{d - 2t_f}{4} \right) + A_2 (d - t_f) + A_3 \left(\frac{Y}{2} \right)$$

$$Z_y = \frac{(d - 2t_f) t_w^2}{4} + \frac{t_f b_f^2}{2}$$

$$J = \frac{\left[(d - 2t_f) t_w^3 + 2b_f t_f^3 \right]}{3}$$

$$C_a = \frac{I_y (d - t_f)^2}{4}$$

SECCION T



$$A_1 = b_f t_f$$

$$A_2 = t_w (d - t_f)$$

$$A_T = A_1 + A_2$$

$$G_{1y} = d - \frac{t_f}{2}$$

$$G_{2y} = \frac{(d - t_f)}{2}$$

$$Y = \frac{\frac{t_w (d - t_f)^2}{2} + b_f t_f \left(d - \frac{t_f}{2} \right)}{b_f t_f + (d - t_f) t_w}$$

$$I_x = \frac{b_f t_f^3}{12} + b_f t_f \left(Y - G_{1y} \right)^2 + \frac{2 b_f t_f^3}{12} + \frac{t_w (d - t_f)^3}{12} + t_w (d - t_f) \left(Y - G_{2y} \right)^2$$

$$S_x = \frac{I_x}{Y} \quad r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_T}}$$

$$I_y = \frac{(d - t_f) t_w^3}{12} + \frac{t_f b_f^3}{12} \quad S_y = \frac{I_y}{\left(\frac{b_f}{2} \right)} \quad r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_T}}$$

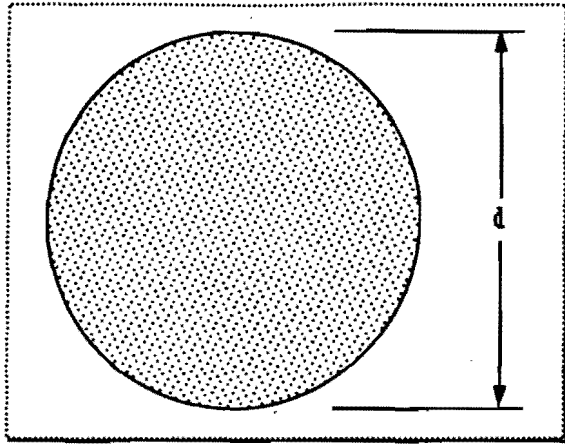
$$A_1 = b_f t_f \quad A_2 = t_w (d - t_f - Y) \quad A_3 = t_w Y$$

$$Z_x = A_1 \left(d - \frac{t_f}{2} - Y \right) + A_2 \left(\frac{d - t_f - Y}{2} \right) + A_3 \left(\frac{Y}{2} \right) \quad Z_x = A_1 \left(\frac{b_f}{4} \right) + (A_1 + A_2) \left(\frac{t_w}{4} \right)$$

$$J = \frac{\left[(d - t_f) t_w^3 + b_f t_f^3 \right]}{3}$$

$$C_a = \frac{I_y \left(d - \frac{t_f}{2} \right)^2}{4}$$

SECCION CIRCULAR



$$A_t = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$I = \frac{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^4}{4}$$

$$S = \frac{I}{\left(\frac{d}{2}\right)}$$

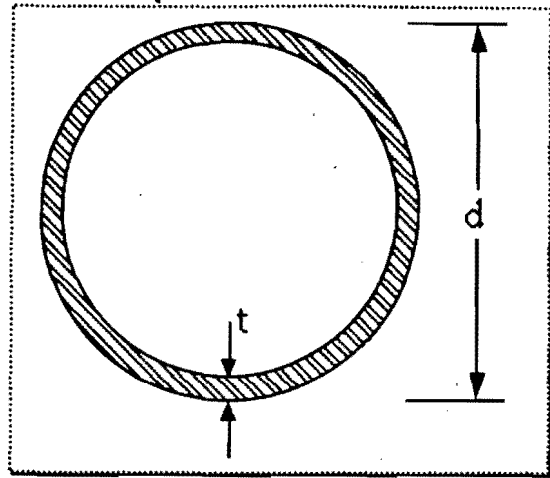
$$Z = \frac{4}{3} \left(\frac{d}{2}\right)^3$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_t}}$$

$$J = 0.0982 d^4$$

$$C_a = \frac{I d^2}{4}$$

SECCION TUBULAR



$$A_t = \pi \left[\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2} - t\right)^2 \right]$$

$$I = 4\pi \left[\left(\frac{d}{2}\right)^4 - \left(\frac{d}{2} - t\right)^4 \right]$$

$$S = \frac{I}{\frac{d}{2}}$$

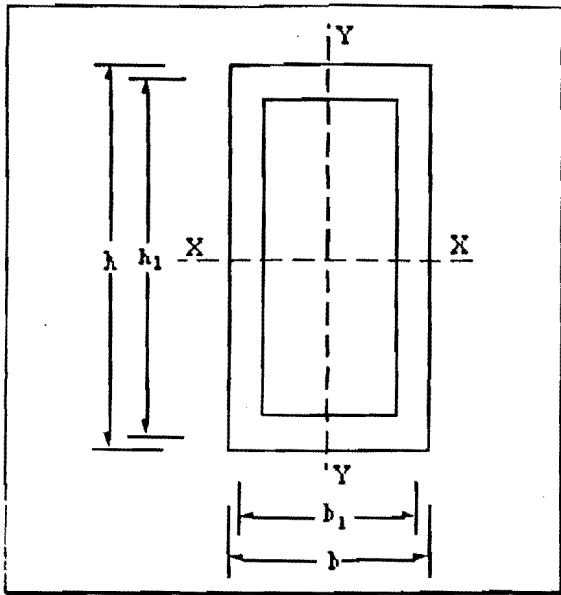
$$Z = \frac{4}{3} \left[\left(\frac{d}{2}\right)^4 - \left(\frac{d}{2} - t\right)^4 \right]$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_t}}$$

$$J = 0.0982 \left[d^4 - (d - 2t)^4 \right]$$

$$C_a = \frac{I d^2}{4}$$

SECCION RECTANGULAR



$$b_1 = b - 2t \quad h_1 = h - 2t$$

$$A_1 = bh \quad A_2 = b_1 h_1 \quad A_t = A_1 - A_2$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} + \frac{b_1 h_1^3}{12} \quad S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{h}{2}\right)}$$

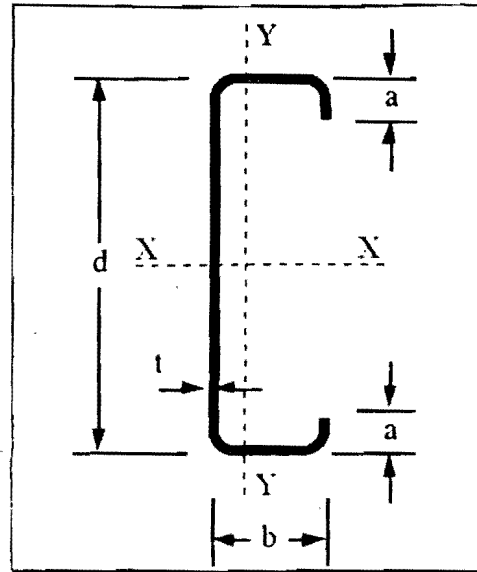
$$I_y = \frac{hb^3}{12} + \frac{h_1 b_1^3}{12} \quad S_y = \frac{I_y}{\left(\frac{b}{2}\right)}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}} \quad r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}}$$

$$Z_x = \frac{1}{4}(bh^2 - b_1 h_1^2) \quad Z_y = \frac{1}{4}(hb^2 - h_1 b_1^2)$$

$$J = \frac{2th^2b^2}{h+b} \quad C_a = \frac{I_y(h-t)^2}{4}$$

SECCION CANAL



$$A_t = t[d + 2(b + a)]$$

$$d_1 = d \quad b_1 = b \quad d = d_1 - 2t \quad b = b_1 - 2t$$

$$k = \frac{2\left(a - \frac{t}{2}\right)}{d}$$

$$I_x = \frac{td^3}{12} \left(k^3 - 3k^2 + 3k + 1\right) + \frac{tb d^2}{2}$$

$$S_x = \frac{td^2}{6} \left(k^3 - 3k^2 + 3k + 1\right) + tbd$$

$$d = b_1 - 2t \quad b = d_1 - 2t \quad k = \frac{2a}{b}$$

$$I_y = \frac{td^2 \left[kb^2 + (k+1)^2 \frac{bd}{3} + \frac{d^2}{3} \right]}{b(k+1) + 2d}$$

$$S_y = \frac{td \left[kb^2 + (k+1)^2 \frac{bd}{3} + \frac{d^2}{3} \right]}{(b+d)}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}} \quad r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}}$$

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. REGLAMENTO del Departamento del Distrito Federal: *Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas*, 3 de diciembre de 1987.

2. AISC: *Manual of Steel Construction, LOAD & RESISTENCE FACTOR DESIGN*, 1986.

3. DE BUEN López de Heredia, Oscar: *Estructuras de Acero, Comportamiento y diseño*, Editorial Limusa, México, D.F. 1982.

4. BOWLES, Joseph E.: *Diseño de Acero Estructural*, Editorial Limusa, México, D.F. 1991.

5. BRESLER, Boris, T. Y. LIN y John B. SCALZI: *Diseño de Estructuras de Acero*, Editorial Limusa, México, D.F. 1983.

6. JOHNSTON, Bruce G., F. J. LIN y T. V. GALAMBOS: *Diseño Básico de Estructuras de Acero*, Editorial Prentice Hall, México, D.F. 1988.