

00181
RECEIVED
MAY 29 1996

TESIS

Para obtener el GRADO de DOCTOR en ARQUITECTURA

Título:

"METODO CUANTITATIVO-GRAFICO DE ANALISIS PARA OPTIMIZAR Y ESTANDARIZAR SECCIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE LA ADECUACION GEOMETRICA DEL MATERIAL"

Director de Tesis:

DRA. GEMMA VERDUZCO CHIRINO

Sinodales:

M. EN PDG. Y ARQ. JESUS AGUIRRE CARDENAS

DR. CARLOS CHANFON OLMOS

DR. JUAN GERARDO OLIVA SALINAS

M. EN ARQ. FRANCISCO REYNA GOMEZ

DR. FERNANDO LOPEZ CARMONA

DR. MARIO DE JESUS CARMONA Y PARDO

FALLA DE ORIGEN

M. EN ARQ. **MANUEL HUMBERTO ACEDO ESPINOZA**

EXAMEN DE GRADO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

FACULTAD DE ARQUITECTURA

U N A M

1996

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

INTRODUCCION	1-3
1.0 INTERPRETACION GEOMETRICA DE ANALISIS	4-105
1.1 ANALISIS DE SECCIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN FORMA AISLADA CON TENDENCIA A LA OPTIMIZACION (VIGAS Y COLUMNAS)	
1.2 METODO CUANTITATIVO-GRAFICO PARA ANALISIS ESTATICO	
1.3 METODO CUANTITATIVO-GRAFICO PARA ANALISIS DINAMICO	
1.4 RELACION ENTRE ANALISIS ESTATICO Y ANALISIS DINAMICO	
1.5 GRAFICA GENERAL DE ANALISIS CON TENDENCIA A LA OPTIMIZACION	
1.6 CONCLUSIONES Y RESTRICCIONES	
1.7 EJERCICIOS COMPLEMENTARIOS	
2.0 INTEGRACION DE ASPECTOS LOGICOS DE ANALISIS	106-119
2.1 PROCEDIMIENTO GRAFICO DE CONVERSION DE FORMA DE SECCIONES OPCIONES	
2.2 EJERCICIOS DE APLICACION MEDIANTE ANALISIS COMPARATIVO DE REVISION	

2.3 SENTIDO NORMAL DE OPTIMIZACION DE SECCIONES (CONCLUSION)

3.0 **ANALISIS GENERAL GRAFICO DE SISTEMA ESTRUCTURAL CON TENDENCIA A LA ESTANDARIZACION** 120-136

3.1 OPTIMIZACION Y ESTANDARIZACION DE SECCIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

3.2 ANALISIS DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ EN SECCIONES DE COLUMNAS

3.3 EJERCICIO DE APLICACION, ANALISIS DE UNA PLANTA TIPO Y/O MODULAR CON RELACION DE LADOS 1:1.85, PARA OPTIMIZAR Y ESTANDARIZAR SECCIONES DE COLUMNA DE UN EDIFICIO EN PROYECTO CON ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO

3.3 CONCLUSIONES DE EJERCICIO DE APLICACION

BIBLIOGRAFIA

137-139

INTRODUCCION

El objetivo de este proyecto de investigación es además de hacer más accesible la materia de RESISTENCIA de MATERIALES, establecer un criterio de ANALISIS para OPTIMIZAR y ESTANDARIZAR tanto la relación de los LADOS como la distribución del AREA de una SECCION de cualquier ELEMENTO ESTRUCTURAL, ya sea en forma aislada o en sistema mediante la ADECUACION GEOMETRICA del MATERIAL empleando un METODO CUANTITATIVO-GRAFICO.

Este criterio se basa en dos tipos de ANALISIS, ESTATICO y DINAMICO; el primero contempla solo CARGAS que son posible predecir y se establece como ANALISIS PRIMARIO, o primera fase del ANALISIS GENERAL.

El segundo se establece como complemento del ANALISIS ESTATICO, y éste contempla CARGAS que de alguna forma no son fácil de predecir y el analista se sujeta sólo a normas de seguridad, reglamentos y experiencias.

El esquema general de este METODO abarca FORMAS de SECCION posibles con LIMITACION GEOMETRICA APARENTE y REAL, ANALISIS para obtener la mejor OPCION-FORMA con sus posibilidades y consecuencias, y la OPCION-FORMA definitiva de la SECCION.

Este METODO tiene dos enfoques; como MODELO de OPCIONES es un METODO CUANTITATIVO-GRAFICO de ANALISIS, y como MODELO DIDACTICO es un METODO DIDACTICO, que en el caso de ser empleado por un especialista en RESISTENCIA de MATERIALES, ESTRUCTURAS será sólo como MODELO de OPCIONES, y en el caso de ser empleado por estudiantes será como MODELO DIDACTICO y como MODELO de OPCIONES simultáneamente.

En la aplicación de este METODO la tendencia a la OPTIMIZACION

mediante el proceso de ANALISIS, se basa en el equilibrio entre FLEXION y TORSION, por tanto se considera que las TORSIONES en VIGAS son de origen GRAVITACIONAL, y las TORSIONES en COLUMNAS son de origen ACCIDENTAL.

Este METODO permite también CONVERSIONES entre tipos distintos de ELEMENTOS ESTRUCTURALES, así como CONVERSIONES de FORMAS de SECCIONES.

En cuanto a la tendencia a la ESTANDARIZACION de ELEMENTOS ESTRUCTURALES mediante el proceso de ANALISIS, el objetivo es proponer FORMAS de SECCION sin afectar la FORMA del PROYECTO ARQUITECTONICO.

De acuerdo con lo anterior la OPTIMIZACION de ELEMENTOS ESTRUCTURALES en forma aislada teniendo como referencia un sistema, o conjunto de ELEMENTOS, solo las VIGAS pueden ser analizadas de esta forma estableciendo la relación entre ellas para llegar a la ESTANDARIZACION de las mismas.

La OPTIMIZACION de ELEMENTOS ESTRUCTURALES en sistema, o en conjunto, en este caso está condicionada por la tendencia a la ESTANDARIZACION, y son las COLUMNAS las que quedan comprendidas en este tipo de ANALISIS donde la FORMA de la SECCION de éstas, depende de la FORMA de la PLANTA TIPO del edificio en proyecto, para aprovechar al máximo la RIGIDEZ de las COLUMNAS.

Este METODO OPTIMIZA la relación entre el DISEÑO ARQUITECTONICO y el DISEÑO ESTRUCTURAL, y se obtienen así resultados más confiables en lo que a la ESTABILIDAD de las CONSTRUCCIONES se refiere.

Por lo anterior, dicho METODO intenta enfocar tanto la práctica como la teoría de RESISTENCIA de MATERIALES, aprovechando los niveles de experiencia y compensando errores mediante la ESTADISTICA de la observación para aceptar o rechazar resultados.

También este criterio de ANALISIS permite observar, construir y probar MODELOS TEORICOS, pudiendo existir o no éstos.

En el caso de no existir, o no contar con un MODELO, éste se obtiene previa planeación y diseño de un EXPERIMENTO para ANALISIS DIMENSIONAL, evaluándose después a través de un enfoque general comparándolo con MODELOS ya existentes.

Muy importante es la forma como se intente transmitir el informe sobre el resultado de la aplicación de este METODO, el TITULO, FORMATO, INTRODUCCION, PROCEDIMIENTO, GRAFICAS, ANALISIS, así como sus fundamentos matemáticos.

Este proyecto de investigación por tanto apoya la sugerencia de que independientemente de los objetivos del ANALISIS que se fijen, no deben pasarse por alto los principios básicos de RESISTENCIA de MATERIALES que de hecho son fundamentales y benefician no solo a estudiantes, también a

aquellos que se dediquen posteriormente al ANALISIS ESTRUCTURAL.

Por otra parte se debe tomar en cuenta que por medio de la práctica en el campo de la construcción se tiene la responsabilidad de determinar si lo que se construye mejora o afecta el medio ambiente.

El ANALISIS es posible iniciarlo de dos formas:

1o Revisando una SECCION que se tenga, que puede tener cualquier relación de lados, sea ésta comercial o propuesta.

2o Partiendo del valor del MODULO de SECCION necesario.

En el primer caso se obtiene o se calcula el MODULO de SECCION correspondiente para esa relación de lados, y con referencia a este valor se obtiene la SECCION CUADRADA, que es la que da origen al proceso de ANALISIS.

En el segundo caso simplemente se obtiene la SECCION CUADRADA, que corresponde al MODULO de SECCION, GRAFICA No 1.

1.0 INTERPRETACION GEOMETRICA DE ANALISIS

1.1 ANALISIS DE SECCIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN FORMA AISLADA CON TENDENCIA A LA OPTIMIZACION (VIGAS Y COLUMNAS)

Se propone para el desarrollo de este proyecto de investigación :

La TEORIA de DECISIONES como TECNICA CUANTITATIVA-GRAFICA , que en este caso consiste en un METODO que debe ser preciso para seleccionar la mejor OPCION (FORMA de SECCION) cuando se tiene información confiable y precisa, y cuyo desarrollo permite sistemáticamente el ANALISIS de PROBLEMAS de DECISIONES.

La estructura de ANALISIS consta teórica y prácticamente de cuatro etapas:

1. FORMAS de SECCION posibles con LIMITACION GEOMETRICA APARENTE, en esta etapa se tienen varias FORMAS posibles.
2. FORMA de SECCION posible con LIMITACION GEOMETRICA REAL, en esta etapa se tiene una FORMA posible.
3. ANALISIS para obtener la mejor OPCION-FORMA con sus posibilidades y consecuencias.
4. FORMA definitiva (TOMA DE DECISION).

Para explicar de forma TEORICA-PRACTICA este METODO, se emplea el caso más elemental, SECCIONES CUADRADAS y RECTANGULARES compuestas por un solo MATERIAL (madera); posteriormente se tratan otras FORMAS y con

diferentes MATERIALES.

Para llevar a cabo el ANALISIS en VIGAS es preciso conocer la dirección de la FLEXION RESULTANTE de las CARGAS, o en COLUMNAS si se tiene COMPRESION PURA, o FLEXO-COMPRESION.

Se debe partir de la base que una SECCION CUADRADA es perfectamente útil cuando se tienen MOMENTOS FLEXIONANTES iguales en ambos sentidos, o uno exactamente a cuarenta y cinco grados con relación a los EJES CENTROIDALES.

Esta SECCION CUADRADA se extiende (alarga) en un sentido cuando el MOMENTO FLEXIONANTE es perpendicular a cualquiera de los dos EJES, o se tienen MOMENTOS FLEXIONANTES distintos para cada sentido, extendiéndose la SECCION en el sentido que sea mayor el MOMENTO FLEXIONANTE.

Al igual que se hace en forma tradicional en el dimensionamiento de SECCIONES de VIGAS, pueden ocurrir tres situaciones perfectamente normales y corregibles de acuerdo con los ESFUERZOS MAXIMOS ADMISIBLES longitudinales y cortantes.

1o Que la SECCION se justifique por MOMENTO FLEXIONANTE MAXIMO, pero que sobra AREA como resultado de revisión por CORTANTE MAXIMO.

2o Que la SECCION se justifique por MOMENTO FLEXIONANTE MAXIMO, pero que el AREA sea suficiente como resultado de revisión por CORTANTE MAXIMO.

3o Que la SECCION se justifique por MOMENTO FLEXIONANTE MAXIMO, pero que falte AREA como resultado de revisión por CORTANTE MAXIMO.

En el caso de COLUMNAS sucede lo mismo cuando la CARGA es perpendicular a su longitud aunque lo más común es que trabaje a COMPRESION PURA o FLEXO-COMPRESION por CARGA perpendicular a la SECCION.

Para ANALISIS con tendencia a la OPTIMIZACION de la SECCION de un ELEMENTO ESTRUCTURAL se requiere la siguiente información:

Tipo de ELEMENTO ESTRUCTURAL

MATERIAL

ESFUERZO LONGITUDINAL máximo admisible T

ESFUERZO CORTANTE máximo admisible j

MODULO de ELASTICIDAD a TRACCION o COMPRESION E

MODULO de POISSON M

MODULO de ELASTICIDAD al CORTANTE o de RIGIDEZ G

Así como tipos de CARGAS, condiciones de APOYO, cálculo de CORTANTE máximo, y MOMENTO máximo (empolre o flexionante).

1.2 METODO CUANTITATIVO-GRAFICO PARA ANALISIS ESTATICO

Ambos tipos de ANALISIS se pueden llevar a cabo mediante ENVOLVENTES de SECCION o SECCIONES de FORMA DEFINIDA.

De cualquier forma la ENVOLVENTE de SECCION es siempre una buena referencia y facilita el ANALISIS GRAFICO.

Empleando B para denotar ancho, base o lado menor y H para denotar PERALTE o lado mayor de SECCION.

Las SECCIONES más representativas que conforman dicho ANALISIS y en orden de PERALTE MENOR a MAYOR son:

SECCION CUADRADA

SECCION MEDIA

SECCION OPTIMA

SECCION de PERALTE máximo (S Hmáx) por relación E/G

SECCION de PERALTE máximo (S 1:3) por reglamento de construcciones

Las siguientes expresiones representan a las SECCIONES en el mismo orden como sigue:

SC, SM, SO, S Hmáx, S 1:3.

La SECCION CUADRADA es la que da origen a ambos tipos de ANALISIS, por tanto para ANALISIS ESTATICO se obtiene el valor de su MODULO de SECCION que a su vez es el mismo para todas las demás SECCIONES OPCIONES, por lo que el AREA varía conforme aumenta el PERALTE H y disminuye B.

Por lo anterior es característica de ANALISIS ESTATICO en VIGAS que tanto el MODULO de SECCION como la capacidad de MOMENTO son CONSTANTES en todas las SECCIONES OPCIONES y el AREA es VARIABLE, en COLUMNAS la capacidad de MOMENTO varía por RELACION de ESBELTEZ, mientras que el MODULO de SECCION es CONSTANTE y el AREA es también VARIABLE.

De acuerdo con la disposición de la GRAFICA de ANALISIS se tienen dos RANGOS de OPCIONES:

1o RANGO de OPCIONES en el intervalo entre SC y S Hmáx determinado por la relación E/G.

2o RANGO de OPCIONES en el intervalo entre S Hmáx y S 1:3 determinado por reglamento de construcciones.

1.2.1 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE MADERA

Datos:

$$\nabla = 70 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Esfuerzo longitudinal máximo admisible)}$$

$$j = 7 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Esfuerzo cortante máximo admisible)}$$

$$E = 105000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (MODULO de ELASTICIDAD)}$$

$$M = 0.10 \text{ (MODULO de POISSON)}$$

$$G = E / 2(1+M) = 47727.27 \text{ kg/cm}^2 \text{ (MODULO de RIGIDEZ)}$$

En el caso de SECCIONES de un solo MATERIAL se calcula directamente la relación de los LADOS (H:B), para ANALISIS ESTÁTICO el MODULO de SECCION (S_x) que es CONSTANTE se calcula a partir del MOMENTO MÁXIMO (CONSTANTE en ANALISIS ESTÁTICO) que se obtiene del ANALISIS previo de la VIGA.

$$\text{MOMENTO MÁXIMO FLEXIONANTE (} M_o \text{ máx)} = 515365.146 \text{ kg.cm}$$

$$S_x = M_o \text{ máx} / \nabla = 515365.146 \text{ kg.cm} / 70 \text{ kg/cm}^2 = 7362.3592 \text{ cm}^3$$

Mediante este valor de MODULO de SECCION (S_x) se obtienen las dimensiones de las SECCIONES SC, $S_{H\text{máx}}$ y $S_{1:3}$ de acuerdo con la relación de sus LADOS.

$$SC \quad H = B$$

$$S_x = \text{Momento de Inercia (} I_x \text{)} / \nabla \text{ máx} = B^3 / 6 = 7362.3592 \text{ cm}^3$$

$$\text{Donde } B = 35.35 \text{ cm} \quad \text{Area} = 1250.00 \text{ cm}^2$$

$$S_{H\text{máx}} \quad H = 2.2B = (E/G)B$$

$$S_x = I_x / \nabla \text{ máx} = B \times H^2 / 6 = 7362.3592 \text{ cm}^3$$

$$\text{Donde } B = 20.90 \text{ cm} \quad H = 45.98 \text{ cm} \quad \text{Area} = 960.98 \text{ cm}^2$$

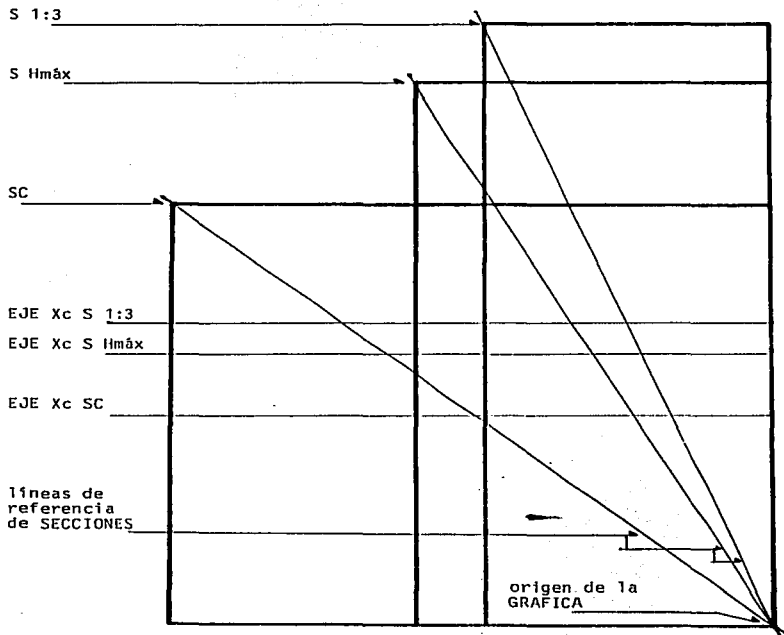
$$S_{1:3} \quad H = 3B$$

$$S_x = I_x / \nabla \text{ máx} = B \times H^2 / 6 = 7362.3592 \text{ cm}^3$$

$$\text{Donde } B = 17.00 \text{ cm} \quad H = 51.00 \text{ cm} \quad \text{Area} = 867.00 \text{ cm}^2$$

Una vez que se han obtenido estos resultados se procede al trazo de la GRAFICA correspondiente, GRAFICA No 1.

1.2.1 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE MADERA
SC, S Hmáx, S 1:3 ANALISIS ESTATICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO



GRAFICA No 1

Mediante fórmulas aplicadas directamente sobre esta GRAFICA se obtiene la relación de los LADOS para SECCION MEDIA (SM) y SECCION OPTIMA (SO), y de esta forma se complementa la GRAFICA de ANALISIS ESTADISTICO con estas dos SECCIONES.

Para lo anterior se unen en la GRAFICA los puntos SC y S Hmáx, y se obtiene la distancia "d" medida directamente, se divide entre dos y se obtiene el punto de referencia que corresponde a la SECCION MEDIA (SM) que referido al origen de la GRAFICA da como resultado la relación de los LADOS de la misma SECCION MEDIA (SM), después con dicha relación entre B y H (para SM) y con el valor del MODULO de SECCION (Sx) para ANALISIS ESTADISTICO se obtienen las dimensiones de dicha SECCION.

$$SM \quad H = 1.227B \text{ (se obtiene en la GRAFICA No 2)}$$

$$Sx \quad = Ix / Ymáx = B \times H^2 / 6 = 7362.3592 \text{ cm}^3$$

$$\text{Donde } B = 30.84 \text{ cm} \quad H = 37.84 \text{ cm} \quad \text{Area} = 1166.98 \text{ cm}^2$$

Paso siguiente con la misma distancia "d" entre SC y S Hmáx, y aplicando la fórmula:

$$(3/16)d$$

Que es la misma que se aplica para demostrar en el diagrama de MOMENTOS de VIGA CONJUGADA con CARGA UNIFORME que en esa misma distancia la FLECHA máxima es CONSTANTE, se obtiene el punto de referencia de la SECCION OPTIMA (SO) que referido también al origen de la GRAFICA da como resultado la relación de los LADOS de dicha SECCION.

Después con dicha relación entre B y H (para SO) y con el valor del MODULO de SECCION (Sx) se obtienen las dimensiones para la misma SECCION (SO).

$$SO \quad H = 1.6785B \text{ (se obtiene en la GRAFICA No 2)}$$

$$Sx \quad = Ix / Ymáx = B \times H^2 / 6 = 7362.3592 \text{ cm}^3$$

$$\text{Donde } B = 25.02 \text{ cm} \quad H = 42.01 \text{ cm} \quad \text{Area} = 1051.09 \text{ cm}^2$$

1.2.1 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE MADERA
 SM, SO ANALISIS ESTATICO
 PROCEDIMIENTO GRAFICO

S 1:3

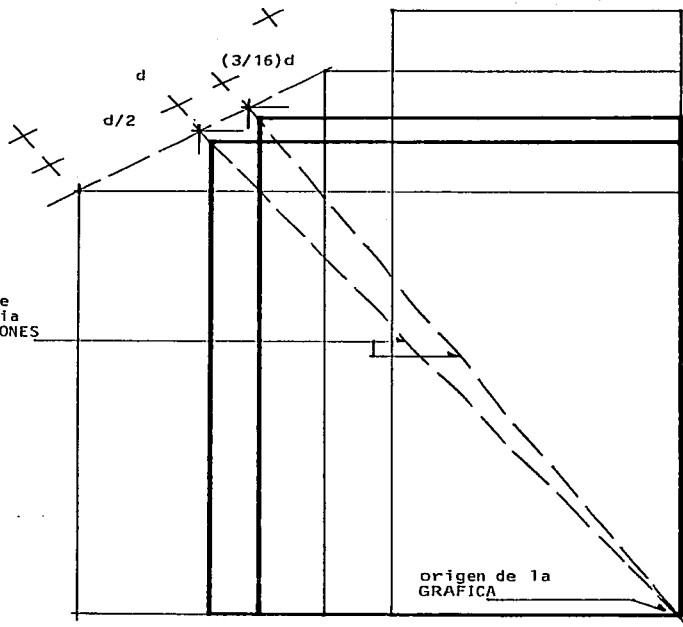
S l_{máx}

SO

SM

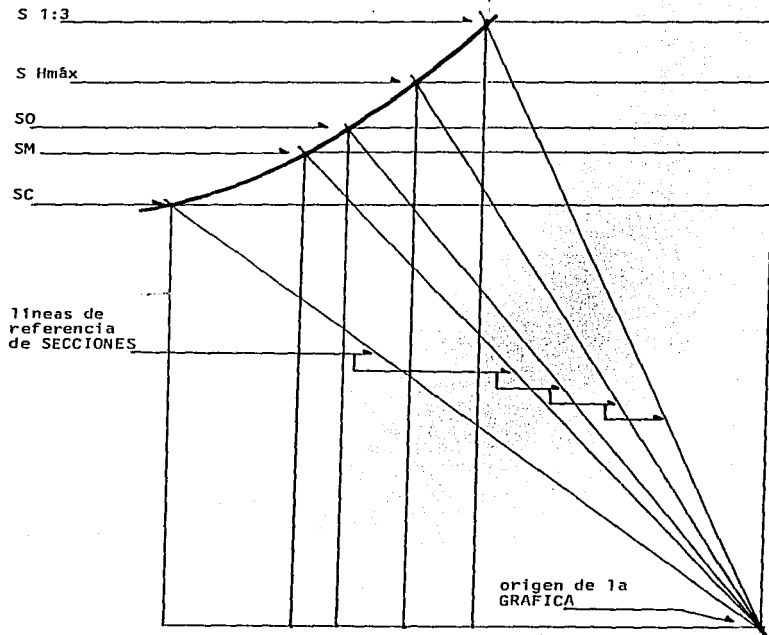
SC

líneas de
 referencia
 de SECCIONES



GRAFICA No 2

1.2.1 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE MADERA
GRAFICA GENERAL ANALISIS ESTATICO



GRAFICA No 3

1.3 METODO CUANTITATIVO-GRAFICO PARA ANALISIS DINAMICO

La SECCION CUADRADA como ya se especifica anteriormente es origen de ambos tipos de ANALISIS, pero en este caso es característica de ANALISIS DINAMICO que el AREA se mantiene CONSTANTE y tanto la capacidad de MOMENTO como el MODULO de SECCION son variables, los cuales aumentan conforme aumenta el PERALTE H y disminuye B.

También de acuerdo con la disposición de la GRAFICA de ANALISIS se tienen los mismos RANGOS de OPCIONES de ANALISIS ESTATICO.

De hecho ambos procesos de ANALISIS, ESTATICO y DINAMICO se pueden llevar a cabo por separado, pero lo recomendable es representarlos en una misma GRAFICA para facilitar la relación CUANTITATIVA entre ellos.

1.3.1 ANALISIS DINAMICO PARA EL EJERCICIO 1.2.1, VIGA DE MADERA

Mediante el ANALISIS DINAMICO se obtienen las dimensiones para todas las SECCIONES SC, SM, SO, S máx, S 1:3, tomando en cuenta la relación de los LADOS que corresponden a cada una de éstas en ANALISIS ESTATICO, para este dimensionamiento el AREA se mantiene CONSTANTE en ANALISIS DINAMICO, la GRAFICA No 4 se traza una vez que se han obtenido los resultados correspondientes.

$$\text{AREA de SECCION} = 1250.00 \text{ cm}^2$$

$$\text{SC} \quad H = B$$

$$\text{Area} = 1250.00 \text{ cm}^2$$

$$\text{Donde } B = 35.35 \text{ cm}$$

$$S_x = 7362.3592 \text{ cm}^3$$

$$M_o \text{ máx} = 515365.146 \text{ kg.cm}$$

$$\text{SM} \quad H = 1.227B$$

$$\text{Area} = 1250.00 \text{ cm}^2$$

$$\text{Donde } B = 31.91 \text{ cm}$$

$$H = 39.16 \text{ cm}$$

$$S_x = 8158.9535 \text{ cm}^3$$

$$M_o \text{ máx} = 571126.7492 \text{ kg.cm}$$

$$\text{SO} \quad H = 1.6785B$$

$$\text{Area} = 1250.00 \text{ cm}^2$$

$$\text{Donde } B = 27.28 \text{ cm}$$

$$H = 45.80 \text{ cm}$$

$$S_x = 9542.7227 \text{ cm}^3$$

$$M_o \text{ máx} = 667990.5895 \text{ kg.cm}$$

S Hmáx H= 2.2B

Area = 1250.00 cm²

Donde B= 23.83 cm H= 52.44 cm Sx= 10925.0448 cm³

Mo máx = 764753.1381 kg.cm

S 1:3 H= 3B

Area = 1250.00 cm²

Donde B= 20.41 cm H= 61.23 cm Sx= 12757.7318 cm³

Mo máx = 893041.2292 kg.cm

1.3.1 GRAFICA GENERAL ANALISIS DINAMICO
EJERCICIO DE APLICACION 1.2.1
VIGA DE MADERA

S 1:3

S limax

S₀

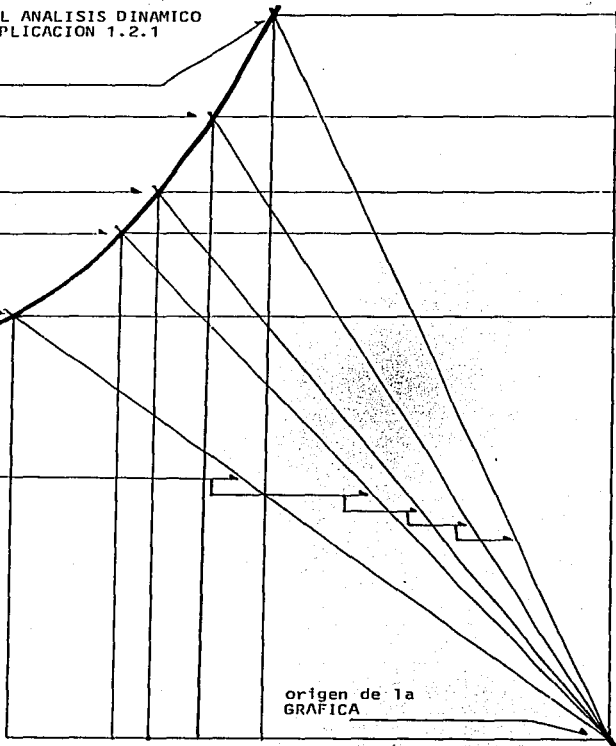
S_M

S_C

líneas de
referencia
de SECCIONES

origen de la
GRAFICA

GRAFICA No 4



1.4 RELACION ENTRE ANALISIS ESTATICO Y ANALISIS DINAMICO

Prácticamente de ésta resulta el MOMENTO MAXIMO que por seguridad es posible aplicar a un ELEMENTO ESTRUCTURAL, y en otros casos resulta la CARGA MAXIMA aplicable.

En el caso de VIGAS o COLUMNAS con CARGA aplicada en forma perpendicular a su LONGITUD debe sobrar AREA o RESISTENCIA por CORTANTE conforme aumenta el PERALTE, porque a medida que éste aumenta también aumentan los ESFUERZOS CORTANTES por TORSION, y en el caso de COLUMNAS con CARGA AXIAL o EXCENTRICA no hay condición con referencia a ésto, ya que no hay ESFUERZOS CORTANTES importantes por CARGA, por tanto debe revisarse sólo por TORSION y RELACION de ESBELTEZ.

En el ANALISIS de SECCIONES de ELEMENTOS ESTRUCTURALES en forma AISLADA, VIGAS y COLUMNAS con CARGA perpendicular a su LONGITUD, y COLUMNAS con CARGA EXCENTRICA, las mejores OPCIONES están comprendidas entre la SECCION MEDIA (SM) y la SECCION OPTIMA (SO) de ANALISIS DINAMICO, ya que en este RANGO los ESFUERZOS CORTANTES por TORSION son MINIMOS.

En el RANGO comprendido entre la SECCION OPTIMA (SO) y la SECCION de PERALTE máximo (S H_{max}) por relación E/G de ANALISIS DINAMICO, en este caso las OPCIONES son todavía ACEPTABLES ya que los ESFUERZOS CORTANTES por TORSION son NORMALES.

En el RANGO comprendido entre la SECCION de PERALTE máximo (S H_{max}) por relación E/G y la SECCION de PERALTE máximo (S 1:3) por reglamento de construcciones, las OPCIONES están sujetas a RESTRICCIONES, ya que los ESFUERZOS CORTANTES por TORSION, son considerados como resultado de TORSION CRITICA, también en ANALISIS DINAMICO.

1.5 GRAFICA GENERAL DE ANALISIS
 CON TENDENCIA A LA OPTIMIZACION
 EJERCICIO DE APLICACION 1.2.1
 VIGA DE MADERA

Rango de Torsión crítica

Rango de Torsión normal

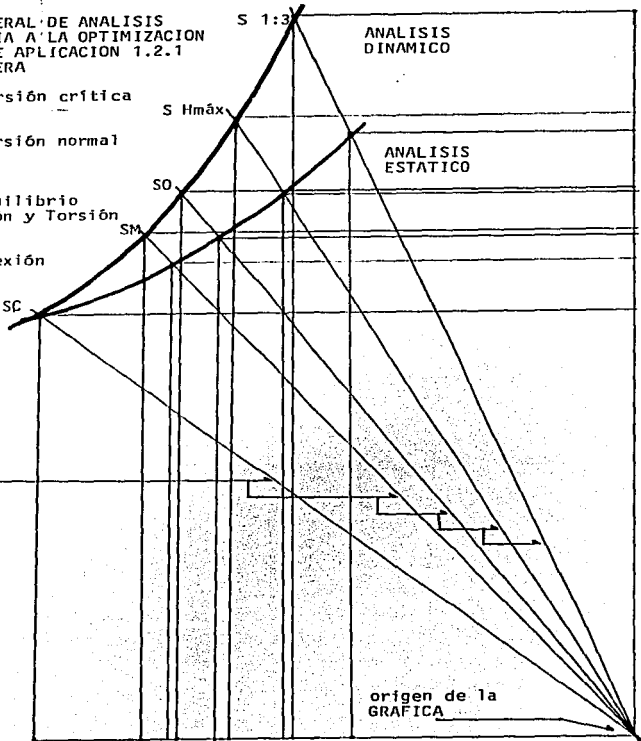
Rango de equilibrio
 entre Flexión y Torsión

Rango de Flexión

líneas de
 referencia
 de SECCIONES

ANALISIS
 DINAMICO

ANALISIS
 ESTATICO



GRAFICA No 5

1.6 CONCLUSIONES Y RESTRICCIONES.

Por lo anteriormente expuesto se concluye en forma concreta lo siguiente:

En ANALISIS ESTADICO, en el proceso de OPTIMIZACION de SECCION el MODULO de SECCION se mantiene CONSTANTE, y el AREA es VARIABLE.

Mediante este ANALISIS se OPTIMIZA prácticamente el AREA de SECCION.

En ANALISIS DINAMICO, en el proceso de OPTIMIZACION de SECCION el AREA se mantiene CONSTANTE, y el MODULO de SECCION es VARIABLE.

Mediante este ANALISIS se OPTIMIZA prácticamente el MODULO de SECCION.

El objetivo de OPTIMIZACION en VIGAS es obtener "EL EQUILIBRIO ENTRE FLEXION Y TORSION".

El objetivo de OPTIMIZACION en COLUMNAS es "MAXIMIZAR LA RESISTENCIA A LA TORSION".

Lo importante de este METODO CUANTITATIVO-GRAFICO es que no se hace necesario proponer la relación de los LADOS de la SECCION, ésta es resultado del ANALISIS.

En la práctica cualquier DECISION se toma en el ANALISIS DINAMICO.

En lo que a restricciones se refiere, la SECCION MEDIA (SM) se considera en el proceso de ANALISIS el EQUILIBRIO entre FLEXION y TORSION por tanto la revisión a CORTANTE por TORSION de las demás SECCIONES (OPCIONES) están en función de ésta, relacionando la capacidad de MOMENTO de TORSION de cada una de éstas con la correspondiente de la SECCION MEDIA (SM), esta revisión es posible en ambos tipos de ANALISIS.

De acuerdo a lo anterior resulta la siguiente propuesta:

En la SECCION OPTIMA (SO) debe sobrar aproximadamente el 5% de AREA o RESISTENCIA por CORTANTE.

En la SECCION de PERALTE MAXIMO (S Hmáx) debe sobrar aproximadamente el 10% de AREA o RESISTENCIA por CORTANTE.

En la SECCION de PERALTE MAXIMO (S 1:3) debe sobrar aproximadamente el 20% de AREA o RESISTENCIA por CORTANTE.

Por lo anterior las SECCIONES (OPCIONES) entre la SECCION CUADRADA (SC) y la SECCION MEDIA (SM) prácticamente están expuestas a FLEXION, las SECCIONES (OPCIONES) entre la SECCION MEDIA (SM) y la SECCION de PERALTE MAXIMO (S 1:3) prácticamente están expuestas a TORSION.

1.7 EJERCICIOS COMPLEMENTARIOS

1.7.1 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE MADERA

FORMULARIO PARA CALCULO DE COLUMNAS DE MADERA

Texto de referencia "RESISTENCIA DE MATERIALES"
Autor Arq. Eugenio Peschard
UNAM

Fórmula LINEA RECTA

$$\sigma = 70 \text{ kg/cm}^2 (1.3 - 0.0087 L/K)$$

Esta fórmula es aplicable para RELACIONES de ESBELTEZ hasta con valor de 70, siempre y cuando el ESFUERZO ADMISIBLE que resulte no sea mayor de 70 (Esfuerzo máximo admisible longitudinal).

Fórmula GORDON-RANKINE

$$\sigma = \frac{70 \text{ kg/cm}^2}{1 + \frac{1}{16200} (L/K)^2}$$

Esta fórmula es aplicable para RELACIONES de ESBELTEZ hasta con valor de 70.

Fórmula EULÉR

$$\sigma = \frac{\pi^2 \times E}{(L/K)^2} \times \frac{1}{n}$$

Esta fórmula es aplicable para RELACIONES de ESBELTEZ hasta con valor de 140.

En este formulario L/K es la expresión general para RELACION de ESBELTEZ.

Datos:

$$\text{Area} = 1250.00 \text{ cm}^2$$

$$L = 400 \text{ cm (LONGITUD)}$$

$$E = 105000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (MODULO de ELASTICIDAD)}$$

$$M = 0.10 \text{ (MODULO de POISSON)}$$

$$G = E / 2(1+M) = 47727.27 \text{ kg/cm}^2 \text{ (MODULO de RIGIDEZ)}$$

$\sigma = 70 \text{ kg/cm}^2$ (Esfuerzo longitudinal máximo admisible)

$j = 7 \text{ kg/cm}^2$ (Esfuerzo cortante máximo admisible)

$E/G = 2.2$

$n = 4$ (COEFICIENTE de SEGURIDAD)

$exc = 20 \text{ cm}$ (EXCENRICIDAD)

En este ejercicio se calcula la capacidad de CARGA AXIAL y EXCENTRICA respecto del EJE "X" y por tanto se emplea la siguiente fórmula:

$$F_{ex} = \frac{\sigma}{\frac{1}{n} - \frac{exc \cdot X}{Sx}}$$

Para complementar el ANALISIS de esta COLUMNA se calculan también MOMENTO de TORSION máximo admisible y ANGULO de TORSION mediante las fórmulas:

Para SECCION CUADRADA

$M_t = 0.208 \times j \times B^3$ (MOMENTO de TORSION)

$\varphi_t = 1.185 \times \frac{M_t \times L}{G \times I_z}$ (ANGULO de TORSION)

Para SECCION RECTANGULAR

$M_t = \frac{B^2}{3+1.8 \times \frac{H}{B}} \times j$ (MOMENTO de TORSION)

$\varphi_t = \frac{40 \cdot I_z}{A^4} \times \frac{M_t \times L}{G}$ (ANGULO de TORSION)

Para el desarrollo del cálculo, esta COLUMNA se considera EMPOTRADA en ambos extremos.

SECCION CUADRADA ANALISIS ESTATICO y ANALISIS DINAMICO

H = B

Area = 1250.00 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 35.35 cm

H = 35.35 cm

Iy = 130129.69 cm⁴ = Ix

Ky = 10.20 cm = Kx

L/2Ky = 19.60 (RELACION de ESBELTEZ)

Sx = 7362.35 cm³ = Sy (constante en ANALISIS ESTATICO)

Iz = 260259.38 cm⁴

Mt = 64317.57 kg.cm (MOMENTO de TORSION)

φt = 0.002298 rad (ANGULO de TORSION)

σ = 68.37 kg/cm² (fórmula GORDON-RANKINE)

Fax = 85462.50 kg (CARGA AXIAL)

Fex = 19442.51 kg (CARGA EXCENTRICA)

Mo = 389572.64 kg.cm (MOMENTO MAXIMO ADMISIBLE)

Referencia GRAFICA No 6

SECCION Hmáx ANALISIS ESTÁTICO

H = 2.2B

Area = 960.98 cm²

B = 20.90 cm

H = 45.98 cm

Iy = 34980.54 cm⁴ (menor)

Ky = 6.03 cm (menor)

L/2Ky = 33.16 (RELACION de ESBELTEZ)

Ix = 169305.84 cm⁴

Sx = 7362.35 cm³ (constante en ANALISIS ESTÁTICO)

Iz = 204286.38 cm⁴

Mt = 36821.62 kg.cm

φt = 0.002957 rad

∇ = 65.55 kg/cm² (fórmula GORDON-RANKINE)

Fax = 62991.10 kg

Fex = 17454.06 kg

Mo = 349011.22 kg.cm

Referencia GRAFICA No 6

SECCION 1:3 ANALISIS ESTATICO

$$H = 3B$$

$$\text{Area} = 867.00 \text{ cm}^2$$

$$B = 17.00 \text{ cm}$$

$$H = 51.00 \text{ cm}$$

$$I_y = 20880.25 \text{ cm}^4 \text{ (menor)}$$

$$K_y = 4.90 \text{ cm (menor)}$$

$$L/2K_y = 40.81 \text{ (RELACION de ESBELTEZ)}$$

$$I_x = 187922.25 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 7362.35 \text{ cm}^3 \text{ (constante en ANALISIS ESTATICO)}$$

$$I_z = 208802.50 \text{ cm}^4$$

$$M_t = 9553.05 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_t = 0.001183 \text{ rad}$$

$$V = 66.14 \text{ kg/cm}^2 \text{ (fórmula LINEA RECTA)}$$

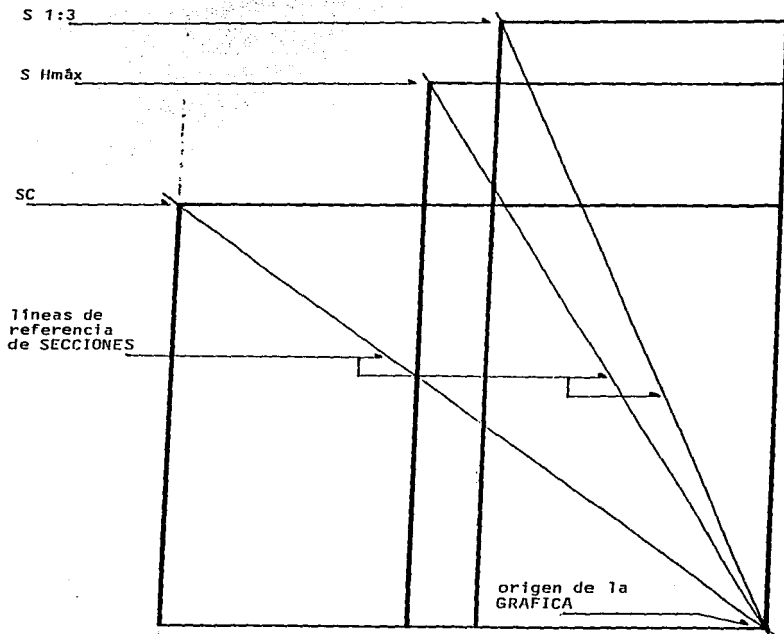
$$F_{ax} = 57349.19 \text{ kg}$$

$$F_{ex} = 17104.19 \text{ kg}$$

$$M_o = 342083.83 \text{ kg.cm}$$

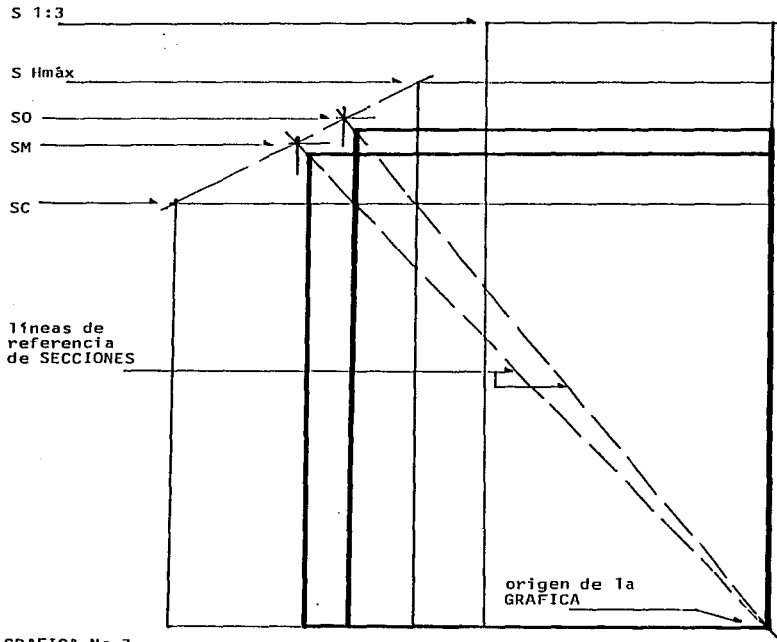
Referencia GRAFICA No 6

1.7.1 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE MADERA
SC, S Hm \bar{a} x, S 1:3 ANALISIS ESTATICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO



GRAFICA No 6

1.7.1 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE MADERA
SM, SO ANALISIS ESTATICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO



GRAFICA No 7

SECCION MEDIA ANALISIS ESTATICO

I = 1.227B
Area = 1166.98 cm²
B = 30.84 cm
H = 37.84 cm
 I_y = 92493.87 cm⁴ (menor)
 K_y = 8.90 cm (menor)
L/2Ky= 22.46 (RELACION de ESBELTEZ)
 I_x = 139247.21 cm⁴
 S_x = 7362.35 cm³ (constante en ANALISIS ESTATICO)
 I_z = 231741.08 cm⁴
Mt = 56397.53 kg.cm
 φt = 0.002362 rad
 ∇ = 67.88 kg/cm² (fórmula GORDON-RANKINE)
F ax = 79221.71 kg
F ex = 18995.73 kg
Mo = 379914.71 kg.cm

Referencia GRAFICA No 7

SECCION OPTIMA ANALISIS ESTATICO

H = 1.67858

Area = 1051.09 cm²

B = 25.02 cm

H = 42.01 cm

I_y = 54831.90 cm⁴ (menor)

K_y = 7.22 cm (menor)

L/2K_y = 27.69 (RELACION de ESBELTEZ)

I_x = 154583.84 cm⁴

S_x = 7362.35 cm³ (constante en ANALISIS ESTATICO)

I_z = 209415.75 cm⁴

M_t = 45207.89 kg.cm

φ_t = 0.002600 rad

∇ = 66.83 kg/cm² (fórmula GORDON-RANKINE)

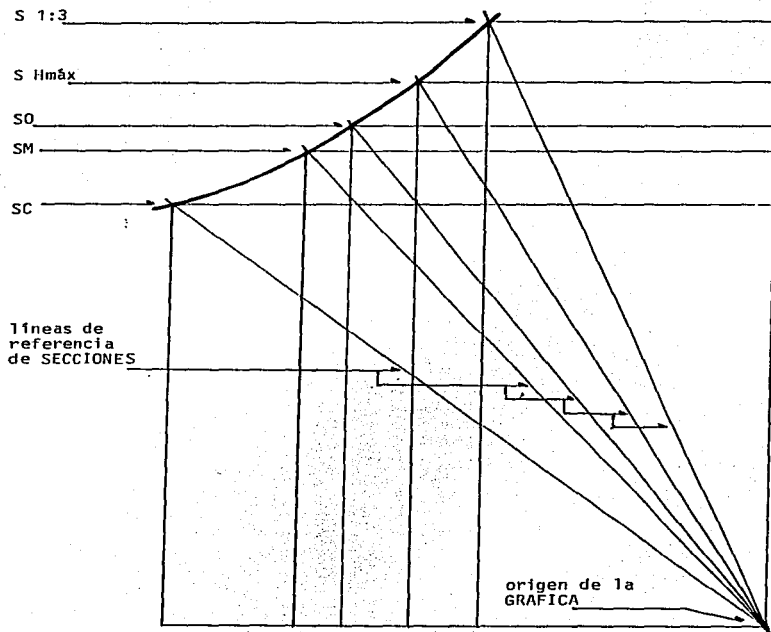
F_{ax} = 70251.34 kg

F_{ex} = 18220.16 kg

M_o = 364403.35 kg.cm

Referencia GRAFICA No 7

1.7.1 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE MADERA
GRAFICA GENERAL ANALISIS ESTATICO



GRAFICA No 8

SECCION MEDIA ANALISIS DINAMICO

H = 1.227B

Area = 1250.00 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 31.91 cm

H = 39.16 cm

Iy = 106033.19 cm⁴ (menor)

Ky = 9.21 cm (menor)

L/2Ky = 21.71 (RELACION de ESBELTEZ)

Ix = 159688.48 cm⁴

Sx = 8158.95 cm³

Iz = 265721.67 cm⁴

Mt = 62488.34 kg.cm

φ t = 0.002322 rad

∇ = 68.02 kg/cm² (Fórmula GORDON-RANKINE)

F ax = 85025.00 kg

F ex = 20920.89 kg

Mo = 418417.92 kg.cm

Referencia GRAFICA No 9

SECCION OPTIMA ANALISIS DINAMICO

H = 1.6785B

Area = 1250.00 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 27.28 cm

H = 45.80 cm

I_y = 77484.94 cm⁴ (menor)

K_y = 7.87 cm (menor)

L/2K_y = 25.40 (RELACION de ESBELTEZ)

I_x = 222348.06 cm⁴

S_x = 9542.72 cm³

I_z = 299833.00 cm⁴

M_t = 58590.82 kg.cm

φ_t = 0.002412 rad

σ = 67.31 kg/cm² (fórmula GORDON-RANKINE)

F_{ax} = 84148.80 kg

F_{ex} = 23243.70 kg

M_o = 464874.08 kg.cm

Referencia GRAFICA No 9

SECCION I máx ANALISIS DINAMICO

$I I = 2.2B$

Area = 1250.00 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 23.83 cm

H = 52.44 cm

I_y = 59136.22 cm⁴ (menor)

K_y = 6.87 cm (menor)

L/2K_y = 29.11 (RELACION de ESBELTEZ)

I_x = 286372.19 cm⁴

S_x = 10921.89 cm³

I_z = 345508.41 cm⁴

M_t = 54597.18 kg.cm

ψ_t = 0.002590 rad

∇ = 66.51 kg/cm² (fórmula GORDON-RANKINE)

F_{ax} = 83149.95 kg

F_{ex} = 25279.36 kg

M_o = 505587.22 kg.cm

Referencia GRAFICA No 9

SECCION 1:3 ANALISIS DINAMICO

H = 3B

Area = 1250.00 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 20.41 cm

H = 61.23 cm

Iy = 43382.24 cm⁴ (menor)

Ky = 5.89 cm (menor)

L/2Ky = 33.95 (RELACION de ESBELTEZ)

Ix = 390440.20 cm⁴

Sx = 12753.23 cm³

Iz = 433822.44 cm⁴

Mt = 49594.93 kg.cm

ϕ t = 0.002954 rad

∇ = 65.34 kg/cm² (fórmula GORDON-RANKINE)

F ax = 81686.16 kg

F ex = 27592.90 kg

Mo = 551858.10 kg.cm

Referencia GRAFICA No 9

1.7.1 GRAFICA GENERAL ANALISIS DINAMICO
EJERCICIO DE APLICACION
COLUMNA DE MADERA

S 1:3

S Hmáx

S0

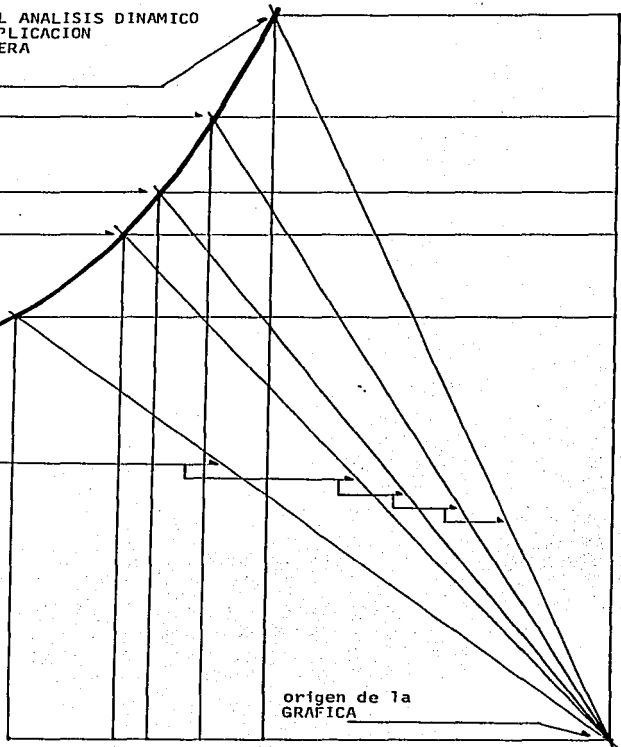
SM

SC

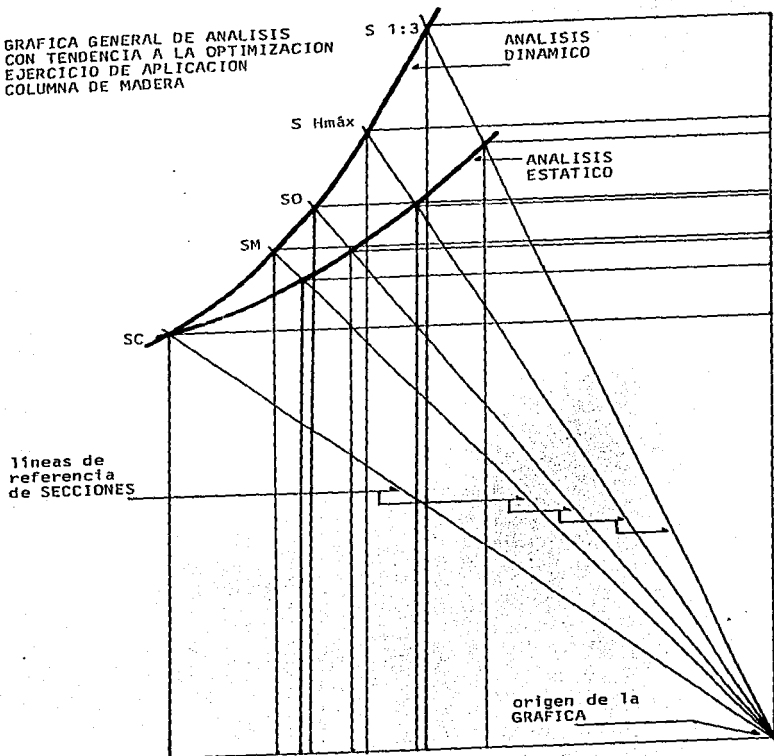
líneas de
referencia
de SECCIONES

origen de la
GRAFICA

GRAFICA No 9



1.7.1 GRAFICA GENERAL DE ANALISIS
CON TENDENCIA A LA OPTIMIZACION
EJERCICIO DE APLICACION
COLUMNA DE MADERA



GRAFICA No 10

1.7.2 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE CONCRETO ARMADO

SIMBOLOGIA CONVENCIONAL

- B = ancho de VIGA
d = PERALTE EFECTIVO
Ac = Area de CONCRETO
As = Area de ACERO
kd = distancia de la fibra neutra a la más alejada, de COMPRESION
jd = brazo del par
fc = fatiga máxima en COMPRESION del CONCRETO, en la fibra extrema
fs = fatiga máxima del ACERO
f'c = fatiga de ruptura del CONCRETO
fy = límite elástico aparente del ACERO
C = COMPRESION Total
T = TRACCION Total
Mrc = MOMENTO RESISTENTE de la SECCION (COMPRESION)
Mrt = MOMENTO RESISTENTE de la SECCION (TRACCION)
n = relación de MODULOS de ELASTICIDAD

FORMULARIO PARA CALCULO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Texto de referencia "ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO"
Arq. Vicente Pérez Alamá

- As = $M_o \text{ máx} / f_s \times j \times d$
kd = (factor k) x d
jd = $d - kd / 3$
fc = $0.45f'c$
C = $0.5 \times f_c \times B \times kd$
T = $As \times f_s$

$$M_{rc} = C \times j d$$

$$M_{rt} = T \times j d$$

EJERCICIO. ANALISIS COMPARATIVO DEL PROBLEMA DE REVISION 3.6 del texto "ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO" que se cita como referencia para formulario.

Datos:

$$\text{Area} = 1250.00 \text{ cm}^2 \text{ (Total)}$$

$$B = 25.00 \text{ cm}$$

$$d = 50.00 \text{ cm}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = 2000 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 11.94 \text{ cm}^2 = 6 \text{ } \phi \text{ } 5/8''$$

$$E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (MODULO de ELASTICIDAD de l ACERO)}$$

$$E_c = 10000 \times \sqrt{f'c} = 144913.76 \text{ kg/cm}^2 \text{ (MODULO de ELASTICIDAD de l CONCRETO)}$$

$$n = 14$$

$$M = 0.12 \text{ (MODULO de POISSON)}$$

$$G_c = E_c / 2(1+M) = \text{MODULO de RIGIDEZ de l CONCRETO}$$

$$E_c/G_c = 2.2$$

$$k = 0.40$$

SECCION CUADRADA ANALISIS ESTATICO y ANALISIS DINAMICO

d = B

Area = 1250.00 cm² (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 35.35 cm

d = 35.35 cm

kd = 14.14 cm

jd = 30.64 cm

C = 23617.86 kg = T (constante en ANALISIS DINAMICO)

Mrc = 723651.21 kg.cm = Mrt (constante en ANALISIS ESTATICO)

Ac = 1238.19 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

As = 11.81 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

SECCION Hmáx ANALISIS ESTATICO

d = 2.2B

Area = 960.98 cm² (Total)

B = 20.90 cm

d = 45.98 cm

kd = 18.39 cm

jd = 39.85 cm

C = 18160.58 kg = T

Mrc = 723651.23 kg.cm = Mrt (constante en ANALISIS ESTATICO)

Ac = 951.91 cm²

As = 9.07 cm²

Referencia GRAFICA No 11 (SECCION CUADRADA Y SECCION Hmáx)

SECCION 1:3 ANALISIS ESTATICO

d = 38

Area = 867.00 cm² (Total)

B = 17.00 cm

d = 51.00 cm

kd = 20.40 cm

jd = 44.20 cm

C = 16386.30 kg = T

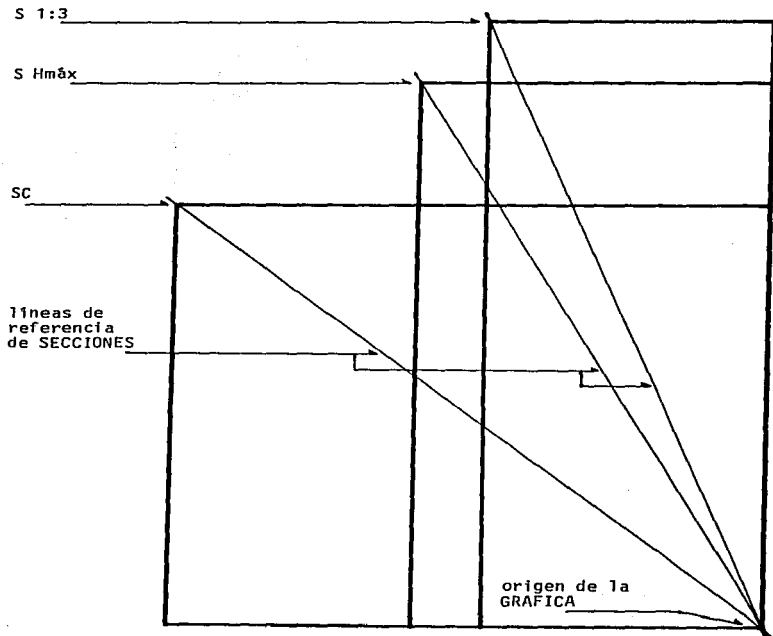
Mrc = 723651.23 kg.cm = Mrt (constante en ANALISIS ESTATICO)

Ac = 858.82 cm²

As = 8.18 cm²

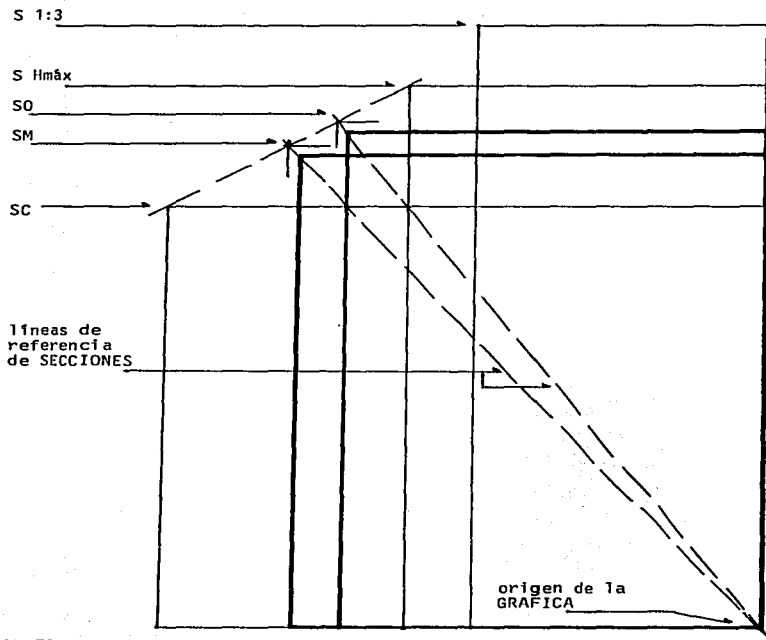
Referencia GRAFICA No 11

1.7.2 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE CONCRETO ARMADO
SC, S Hmáx, S 1:3 ANALISIS ESTADICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO POR ENVOLVENTES



GRAFICA No 11

1.7.2 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE CONCRETO ARMADO
SM, SO ANALISIS ESTATICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO POR ENVOLVENTES



GRAFICA No 12

SECCION MEDIA ANALISIS ESTATICO

$d = 1.227B$

$Area = 1166.98 \text{ cm}^2 \text{ (Total)}$

$B = 30.84 \text{ cm}$

$d = 37.84 \text{ cm}$

$kd = 15.13 \text{ cm}$

$jd = 32.79 \text{ cm}$

$C = 22047.28 \text{ kg} = T$

$Mrc = 723651.23 \text{ kg.cm} = Mrt \text{ (constante en ANALISIS ESTATICO)}$

$Ac = 1155.23 \text{ cm}^2$

$As = 11.03 \text{ cm}^2$

SECCION OPTIMA ANALISIS ESTATICO

$d = 1.6785B$

$Area = 1051.09 \text{ cm}^2 \text{ (Total)}$

$B = 25.02 \text{ cm}$

$d = 42.01 \text{ cm}$

$kd = 16.80 \text{ cm}$

$jd = 36.40 \text{ cm}$

$C = 19860.87 \text{ kg} = T$

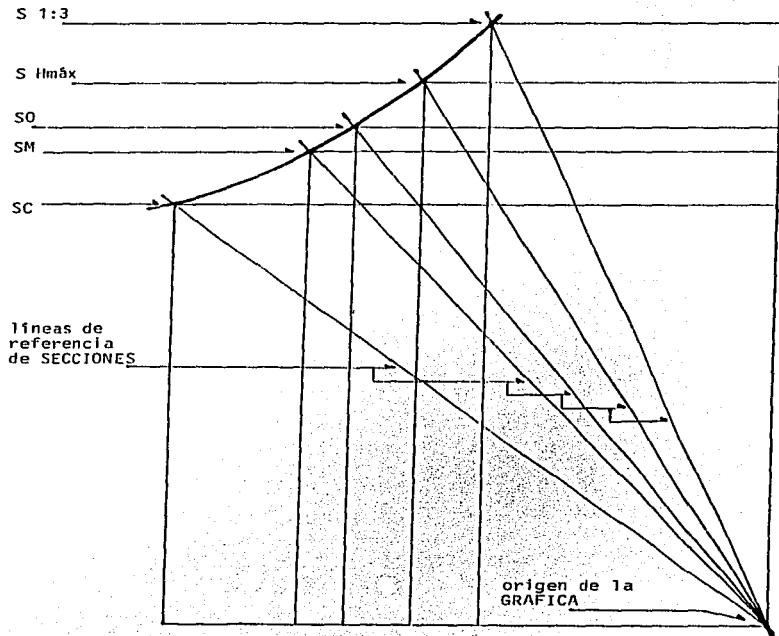
$Mrc = 723651.23 \text{ kg.cm} = Mrt \text{ (constante en ANALISIS ESTATICO)}$

$Ac = 1041.16 \text{ cm}^2$

$As = 9.93 \text{ cm}^2$

Referencia GRAFICA No 12 (SECCION MEDIA y SECCION OPTIMA)

1.7.2 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE CONCRETO ARMADO
GRAFICA GENERAL DE ANALISIS ESTATICO



GRAFICA No 13

SECCION MEDIA ANALISIS DINAMICO

$d = 1.227B$

$Area = 1250.00 \text{ cm}^2$ (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

$B = 31.91 \text{ cm}$

$d = 39.16 \text{ cm}$

$kd = 15.66 \text{ cm}$

$jd = 33.93 \text{ cm}$

$C = 23617.86 \text{ kg} = T$ (constante en ANALISIS DINAMICO)

$Mrc = 801353.98 \text{ kg.cm} = Mrt$

$Ac = 1238.19 \text{ cm}^2$ (constante en ANALISIS DINAMICO)

$As = 11.81 \text{ cm}^2$ (constante en ANALISIS DINAMICO)

SECCION OPTIMA ANALISIS DINAMICO

$d = 1.6785B$

$Area = 1250.00 \text{ cm}^2$ (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

$B = 27.28 \text{ cm}$

$d = 45.80 \text{ cm}$

$kd = 18.32 \text{ cm}$

$jd = 39.69 \text{ cm}$

$C = 23617.86 \text{ kg} = T$ (constante en ANALISIS DINAMICO)

$Mrc = 937392.86 \text{ kg.cm} = Mrt$

$Ac = 1238.19 \text{ cm}^2$ (constante en ANALISIS DINAMICO)

$As = 11.81 \text{ cm}^2$ (constante en ANALISIS DINAMICO)

Referencia GRAFICA No 14 (SECCION MEDIA y SECCION OPTIMA)

SECCION Hmáx ANALISIS DINAMICO

d = 2.2B

Area = 1250.00 cm² (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 23.83 cm

d = 52.44 cm

kd = 20.97 cm

jd = 45.44 cm

C = 23617.86 kg = T (constante en ANALISIS DINAMICO)

Mrc = 1073195.55 kg.cm = Mrt

Ac = 1238.19 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

As = 11.81 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

SECCION 1:3 ANALISIS DINAMICO

d = 3B

Area = 1250.00 cm² (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 20.41 cm

d = 61.23 cm

kd = 24.49 cm

jd = 53.06 cm

C = 23617.86 kg = T (constante en ANALISIS DINAMICO)

Mrc = 1253163.65 kg.cm = Mrt

Ac = 1238.19 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

As = 11.81 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

Referencia GRAFICA No 14 (SECCION Hmáx y SECCION 1:3)

1.7.2 GRAFICA GENERAL DE ANALISIS DINAMICO
EJERCICIO DE APLICACION
VIGA DE CONCRETO ARMADO
POR ENVOLVENTES

S 1:3
S Hmáx

SO

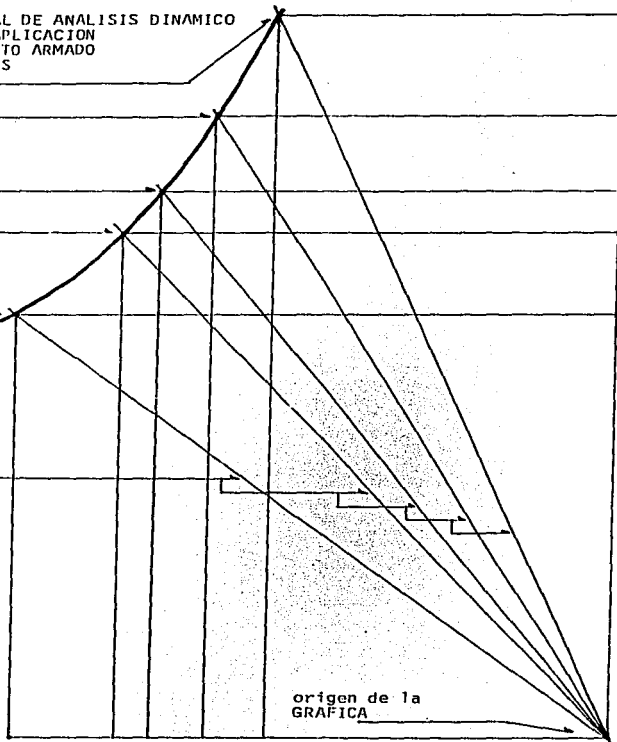
SM

SC

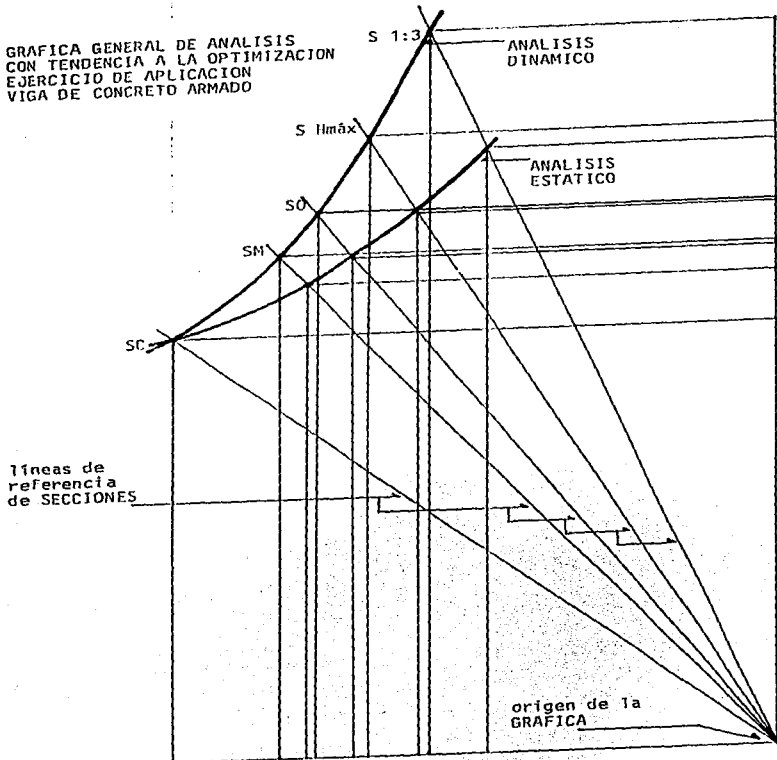
11neas de
referencia
de SECCIONES

origen de la
GRAFICA

GRAFICA No 14



1.7.2 GRAFICA GENERAL DE ANALISIS
CON TENDENCIA A LA OPTIMIZACION
EJERCICIO DE APLICACION
VIGA DE CONCRETO ARMADO



GRAFICA No 15

SECCION d = 2B ANALISIS DINAMICO, EJERCICIO DE REVISION

d = 2B

Area = 1250.00 cm² (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 25.00 cm

d = 50.00 cm

kd = 20.00 cm

jd = 43.33 cm

C = 23750 kg (semejante a constante en ANALISIS DINAMICO)

Mrc = 1029000 kg.cm = Mrt

Ac = 1238.06 cm² (semejante a constante en ANALISIS DINAMICO)

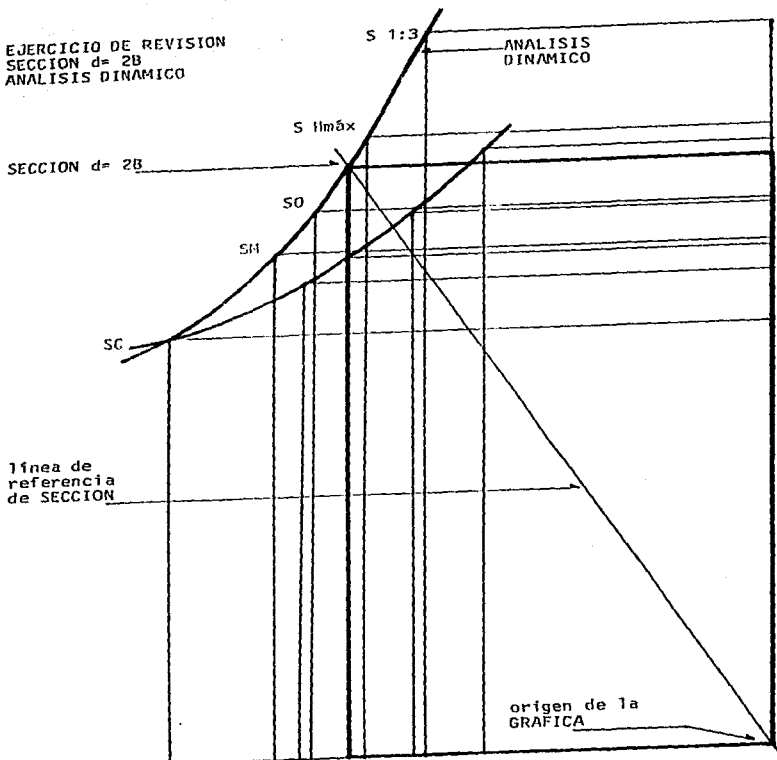
As = 11.94 cm² (semejante a constante en ANALISIS DINAMICO)

T = 23380 kg

Mrt = 1034720.40 kg.cm

Referencia GRAFICA No 16

1.7.2 EJERCICIO DE REVISION
SECCION d= 2B
ANALISIS DINAMICO



GRAFICA No 16

1.7.3 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE CONCRETO ARMADO

FORMULARIO PARA CALCULO DE COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO

Texto de referencia "ESTABILIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES"
Arq. José Creixell M.

$$f_c = 0.225 f'c$$

$$f_s = ((n-1)f_c) + 600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{axc} = (A_c \times f_c) + (A_s \times f_s) = \text{CARGA AXIAL como COLUMNA CORTA}$$

Esta fórmula es aplicable para RELACIONES de ESBELTEZ hasta con valor de 32.

$$F_{axl} = F_{axc} (1.080 - L^2 / 12450 \text{ K}^2) = \text{CARGA AXIAL como COLUMNA LARGA}$$

Esta fórmula es aplicable para RELACIONES de ESBELTEZ con valores de 32 hasta 115.

$$\text{Area} = A_c + (A_s(n-1)) \text{ Total transformada}$$

$$I = I_c + (I_s(n-1)) = \text{MOMENTO de INERCIA Total transformado}$$

$$\nabla = F_{axl} / \text{Area Total transformada} = \text{Esfuerzo Máximo Admisible}$$

En este ejercicio se calcula la capacidad de CARGA AXIAL y EXCENTRICA respecto del EJE "X" y por tanto se emplea la siguiente fórmula:

$$F_{ex} = \frac{\nabla}{\frac{1}{A} - \frac{e_{xc} \cdot X}{S_x}}$$

Datos:

Mismos datos de la VIGA de CONCRETO ARMADO

$$L = 400 \text{ cm (LONGITUD)}$$

$$e_{xc} = 20 \text{ cm (EXCENTRICIDAD)}$$

$$E_c/G_c = 2.2$$

SECCION CUADRADA ANALISIS ESTADICO y ANALISIS DINAMICO

$$d = B$$

$$\text{Area} = 1250.00 \text{ cm}^2 \text{ (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)}$$

$$B = 35.35 \text{ cm}$$

$$d = 35.35 \text{ cm}$$

$$A_c = 1238.64 \text{ cm}^2 \text{ (constante en ANALISIS DINAMICO)}$$

$$A_s = 11.36 \text{ cm}^2 = 4 \text{ } \phi \text{ } 3/4" \text{ (constante en ANALISIS DINAMICO)}$$

$$I_{yc} = 130129.69 \text{ cm}^4 = I_{xc}$$

$$I_{ys} = 46136.06 \text{ cm}^4 \text{ (transformado)} = I_{xs}$$

$$I_y = 176265.76 \text{ cm}^4 \text{ (Total)} = I_x \text{ (Total)}$$

$$S_x = 9972.60 \text{ cm}^3 \text{ (Total)} = S_y \text{ (Total)}$$

$$A_c = 1238.64 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 147.68 \text{ cm}^2 \text{ (transformada)}$$

$$\text{Area} = 1386.32 \text{ cm}^2 \text{ (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)}$$

$$K_y = 11.27 \text{ cm} = K_x$$

$$F_{axc} = 72319.62 \text{ kg} \text{ (constante en ANALISIS DINAMICO)}$$

$$F_{axl} = 70787.75 \text{ kg}$$

$$\nabla = 51.06 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Esfuerzo Máximo Admisible promedio)}$$

$$F_{ex} = 18725.04 \text{ kg}$$

$$M_o = 374500.80 \text{ kg.cm}$$

Referencia GRAFICA No 17

SECCION Hmáx ANALISIS ESTÁTICO

$d = 2.28$

$Area = 960.98 \text{ cm}^2 \text{ (Total)}$

$B = 20.90 \text{ cm}$

$d = 45.98 \text{ cm}$

$Ac = 949.62 \text{ cm}^2$

$As = 11.36 \text{ cm}^2 = 4 \text{ \# } 3/4"$

$Iyc = 34980.54 \text{ cm}^4$

$Iys = 16127.02 \text{ cm}^4 \text{ (transformado)}$

$Iy = 51107.50 \text{ cm}^4 \text{ (Total, menor)}$

$Ixc = 169305.84 \text{ cm}^4$

$Ixs = 77986.91 \text{ cm}^4 \text{ (transformado)}$

$Ix = 247292.75 \text{ cm}^4 \text{ (Total)}$

$Sx = 10761.21 \text{ cm}^3$

$Ac = 949.62 \text{ cm}^2$

$As = 147.68 \text{ cm}^2 \text{ (transformada)}$

$Area = 1097.30 \text{ cm}^2 \text{ (Total)}$

$Ky = 6.82 \text{ cm (menor)}$

$F_{axc} = 58663.42 \text{ kg}$

$F_{axl} = 47169.78 \text{ kg}$

$\sigma = 42.98 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Esfuerzo promedio)}$

$F_{ex} = 15519.63 \text{ kg}$

$M_o = 310392.79 \text{ kg.cm}$

Referencia GRAFICA No 17

SECCION 1:3 ANALISIS ESTADICO

$$d = 3B$$

$$\text{Area} = 867.00 \text{ cm}^2 \text{ (Total)}$$

$$B = 17.00 \text{ cm}$$

$$d = 51.00 \text{ cm}$$

$$A_c = 857.86 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 9.14 \text{ cm}^2 = 4 \text{ } \phi \text{ } 5/8" + 2 \text{ } \phi \text{ } 3/8"$$

$$I_{yc} = 20880.25 \text{ cm}^4$$

$$I_{ys} = 7253.09 \text{ cm}^4 \text{ (transformado)}$$

$$I_y = 28133.34 \text{ cm}^4 \text{ (Total, menor)}$$

$$I_{xc} = 187922.25 \text{ cm}^4$$

$$I_{xs} = 77263.74 \text{ cm}^4 \text{ (transformado)}$$

$$I_x = 265185.99 \text{ cm}^4 \text{ (Total)}$$

$$S_x = 10399.45 \text{ cm}^3$$

$$A_c = 857.86 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 166.14 \text{ cm}^2 \text{ (transformada)}$$

$$\text{Area} = 1024.00 \text{ cm}^2 \text{ (Total)}$$

$$K_y = 5.24 \text{ cm (menor)}$$

$$F_{axc} = 51632.13 \text{ kg}$$

$$F_{axl} = 31610.91 \text{ kg}$$

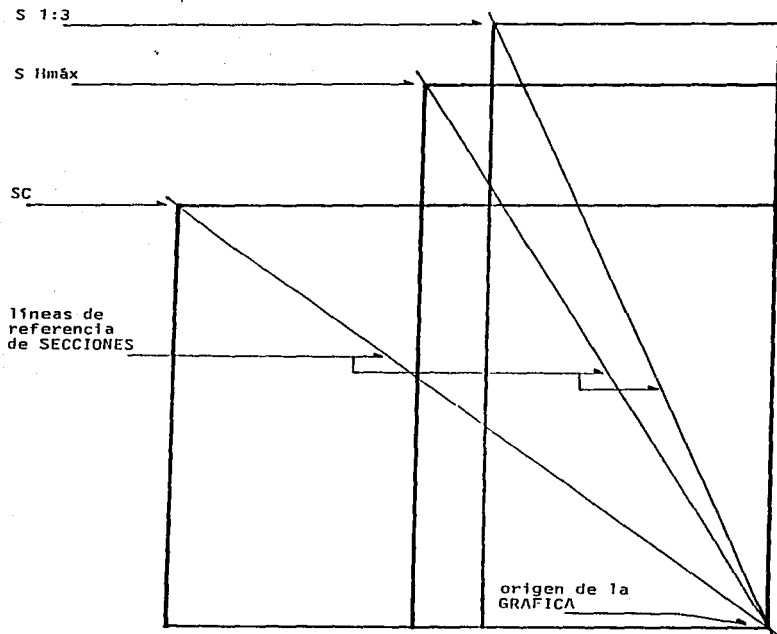
$$f = 30.87 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Esfuerzo promedio)}$$

$$F_{ex} = 10645.78 \text{ kg}$$

$$M_o = 212915.76 \text{ kg.cm}$$

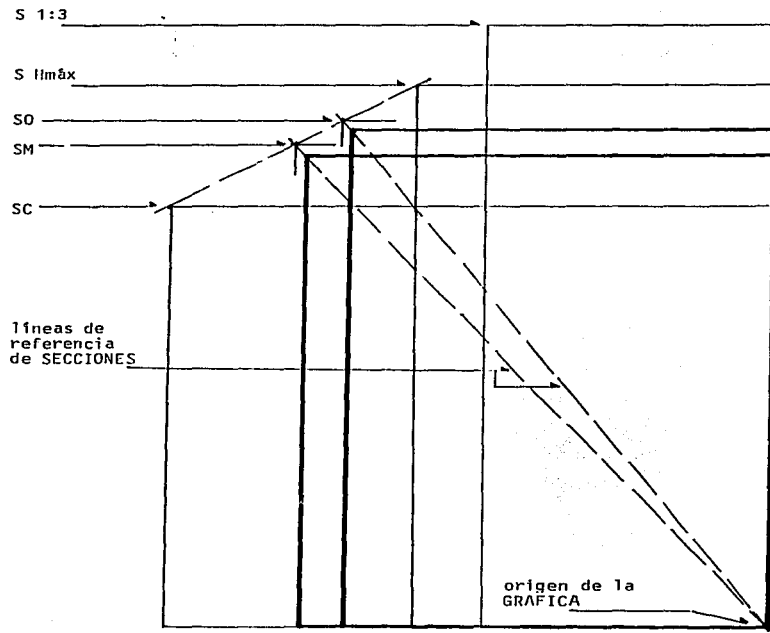
Referencia GRAFICA No 17

1.7.3 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE CONCRETO ARMADO
SC, S Hmáx, S 1:3 ANALISIS ESTADICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO POR ENVOLVENTES



GRAFICA No 17

1.7.3 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE CONCRETO ARMADO
SM, SO ANALISIS ESTATICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO POR ENVOLVENTES



GRAFICA No 18

SECCION MEDIA ANALISIS ESTATICO

$$d = 1.227B$$

$$\text{Area} = 1166.98 \text{ cm}^2 \text{ (Total)}$$

$$B = 30.84 \text{ cm}$$

$$d = 37.84 \text{ cm}$$

$$A_c = 1155.62 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 11.36 \text{ cm}^2 = 4 \text{ } \phi \text{ } 3/4''$$

$$I_{yc} = 92493.87 \text{ cm}^4$$

$$I_{ys} = 35114.81 \text{ cm}^4 \text{ (transformado)}$$

$$I_y = 127608.68 \text{ cm}^4 \text{ (Total, menor)}$$

$$I_{xc} = 139247.21 \text{ cm}^4$$

$$I_{xs} = 52864.47 \text{ cm}^4 \text{ (transformado)}$$

$$I_x = 192111.68 \text{ cm}^4 \text{ (Total)}$$

$$S_x = 10153.89 \text{ cm}^3$$

$$A_c = 1155.62 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 147.68 \text{ cm}^2 \text{ (transformada)}$$

$$\text{Area} = 1314.66 \text{ cm}^2 \text{ (Total)}$$

$$K_y = 9.85 \text{ cm (menor)}$$

$$F_{axc} = 68933.68 \text{ kg}$$

$$F_{axl} = 65317.56 \text{ kg}$$

$$\bar{\sigma} = 49.68 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Esfuerzo promedio)}$$

$$F_{ex} = 18195.52 \text{ kg}$$

$$M_o = 363910.59 \text{ kg.cm}$$

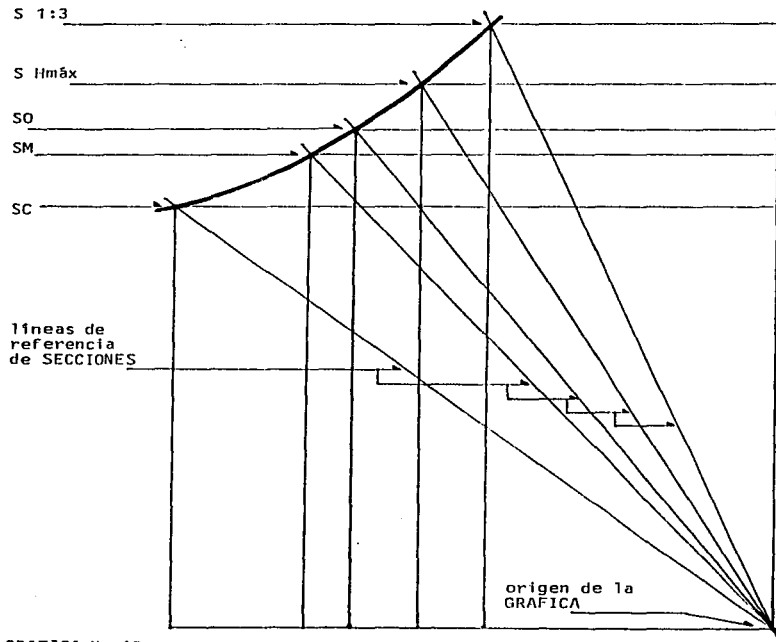
Referencia GRAFICA No 18

SECCION OPTIMA ANALISIS ESTATICO

d = 1.6785B
Area = 1051.09 cm² (Total)
B = 25.02 cm
d = 42.01 cm
Ac = 1051.09 cm²
As = 11.36 cm² = 4 ϕ 3/4"
Iyc = 54831.90 cm⁴
Iys = 23075 cm⁴ (transformado)
Iy = 77906.90 cm⁴ (Total, menor)
Ixc = 154583.84 cm⁴
Ixs = 65126.88 cm⁴ (transformado)
Ix = 219710.72 cm⁴ (Total)
Sx = 10462.41 cm³
Ac = 1051.09 cm²
As = 147.68 cm² (transformada)
Area = 1198.77 cm² (Total)
Ky = 8.06 cm (menor)
F axc = 63457.88 kg
F axl = 55980.97 kg
V = 46.69 kg/cm² (Esfuerzo promedio)
F ex = 17005.36 kg
Mo = 340107.25 kg.cm

Referencia GRAFICA No 18

1.7.3 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE CONCRETO ARMADO
GRAFICA GENERAL DE ANALISIS ESTADICO



GRAFICA No 19

SECCION MEDIA ANALISIS DINAMICO

$d = 1.227B$

$Area = 1250.00 \text{ cm}^2$ (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

$B = 31.91 \text{ cm}$

$d = 39.16 \text{ cm}$

$Ac = 1238.64 \text{ cm}^2$ (constante en ANALISIS DINAMICO)

$As = 11.36 \text{ cm}^2 = 4 \text{ } \phi \text{ } 3/4''$ (constante en ANALISIS DINAMICO)

$I_{yc} = 106033.19 \text{ cm}^4$

$I_{ys} = 37593.71 \text{ cm}^4$ (transformado)

$I_y = 143626.91 \text{ cm}^4$ (Total, menor)

$I_{xc} = 159688.48 \text{ cm}^4$

$I_{xs} = 56617.02 \text{ cm}^4$ (transformado)

$I_x = 216305.51 \text{ cm}^4$ (Total)

$S_x = 11047.26 \text{ cm}^3$

$Ac = 1238.64 \text{ cm}^2$

$As = 147.68 \text{ cm}^2$ (transformada)

$Area = 1386.32 \text{ cm}^2$ (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

$K_y = 10.17 \text{ cm}$ (menor)

$F_{axc} = 72319.62 \text{ kg}$ (constante en ANALISIS DINAMICO)

$F_{ax1} = 69119.22 \text{ kg}$

$\bar{\sigma} = 49.85 \text{ kg/cm}^2$ (Esfuerzo promedio)

$F_{ex} = 19690.03 \text{ kg}$

$M_o = 393800.59 \text{ kg.cm}$

Referencia GRAFICA No 20

SECCION OPTIMA ANALISIS DINAMICO

d = 1.6785B
Area = 1250.00 cm² (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)
B = 27.28 .cm
d = 45.80 cm
Ac = 1238.64 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)
As = 11.36 cm² = 4 ø 3/4" (constante en ANALISIS DINAMICO)
Iyc = 77484.94 cm⁴
Iys = 27475.00 cm⁴ (transformado)
Iy = 104960.75 cm⁴ (Total, menor)
Ixc = 218403.47 cm⁴
Ixs = 77444.86 cm⁴ (transformado)
Ix = 295848.34 cm⁴ (Total)
Sx = 12919.14 cm³
Ac = 1238.64 cm²
As = 147.63 cm² (transformada)
Area = 1386.32 cm² (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)
Ky = 8.70 cm (menor)
F axc= 72319.62' kg (constante en ANALISIS DINAMICO)
F axl= 65826.04 kg
T = 47.48 kg/cm² (Esfuerzo promedio)
F ex = 20921.60 kg
Mo = 418432.13 kg

Referencia GRAFICA No 20

SECCION Ilnâx ANALISIS DINAMICO

d = 2.2B

Area = 1250.00 cm² (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 23.83 cm

d = 52.44 cm

Ac = 1238.64 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

As = 11.36 cm² = 4 # 3/4" (constante en ANALISIS DINAMICO)

Iyc = 59136.22 cm⁴

Iys = 20965.71 cm⁴ (transformado)

Iy = 80101.94 cm⁴ (Total, menor)

Ixc = 286372.19 cm⁴

Ixs = 101528.28 cm⁴ (transformado)

Ix = 387900.48 cm⁴ (Total)

Sx = 14794.06 cm³

Ac = 1238.64 cm²

As = 147.68 cm² (transformada)

Area = 1386.32 cm² (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

Ky = 7.60 cm (menor)

F axc = 72319.62 kg (constante en ANALISIS DINAMICO)

F axl = 62019.96 kg

T = 44.73 kg/cm² (Esfuerzo promedio)

F ex = 21578.49 KG

Mo = 431569.86 kg.cm

Referencia GRAFICA No 20

SECCION 1:3 ANALISIS DINAMICO

d = 3B

Area = 1250.00 cm² (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 20.41 cm

d = 61.23 cm

Ac = 1238.64 cm² (constante en ANALISIS DINAMICO)

As = 11.36 cm² = 4 ½ 3/4" (constante en ANALISIS DINAMICO)

Iyc = 43382.24 cm⁴

Iys = 15379.69 cm⁴ (transformado)

Iy = 58761.93 (Total, menor)

Ixc = 390440.20 cm⁴

Ixs = 138417.24 cm⁴

Ix = 528857.45 cm⁴ (Total)

Sx = 17274.45 cm³

Ac = 1238.64 cm²

As = 147.68 cm² (transformada)

Area = 1386.32 cm² (Total, constante en ANALISIS DINAMICO)

Ky = 6.51 cm (menor)

F axc = 72319.62 kg (constante en ANALISIS DINAMICO)

F axl = 56178.44 kg

∇ = 40.52 kg/cm² (Esfuerzo promedio)

F ex = 21565.19 kg

Mo = 431303.87 kg.cm

Referencia GRAFICA No 20

1.7.3 GRAFICO GENERAL DE ANALISIS DINAMICO
EJERCICIO DE APLICACION
COLUMNA DE CONCRETO ARMADO
POR ENVOLVENTES

S 1:3
S $H_{m\acute{a}x}$

S₀

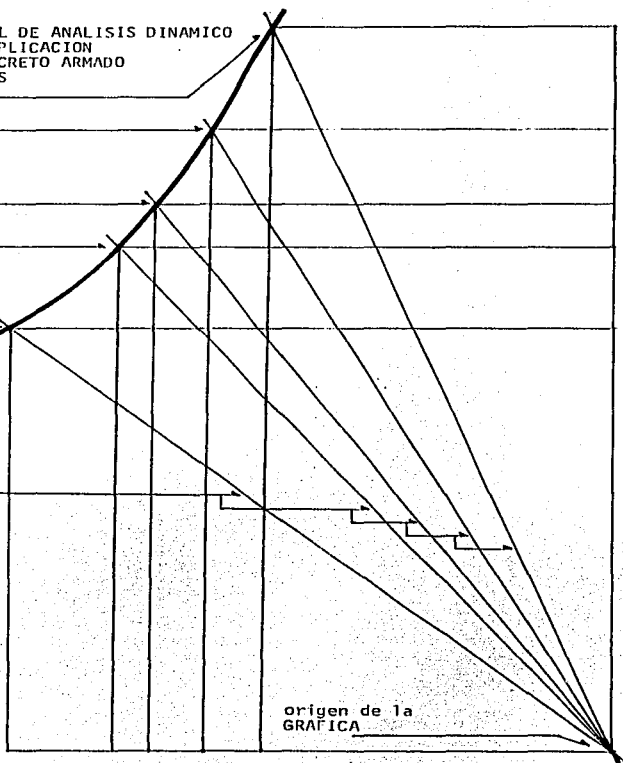
S_M

S_C

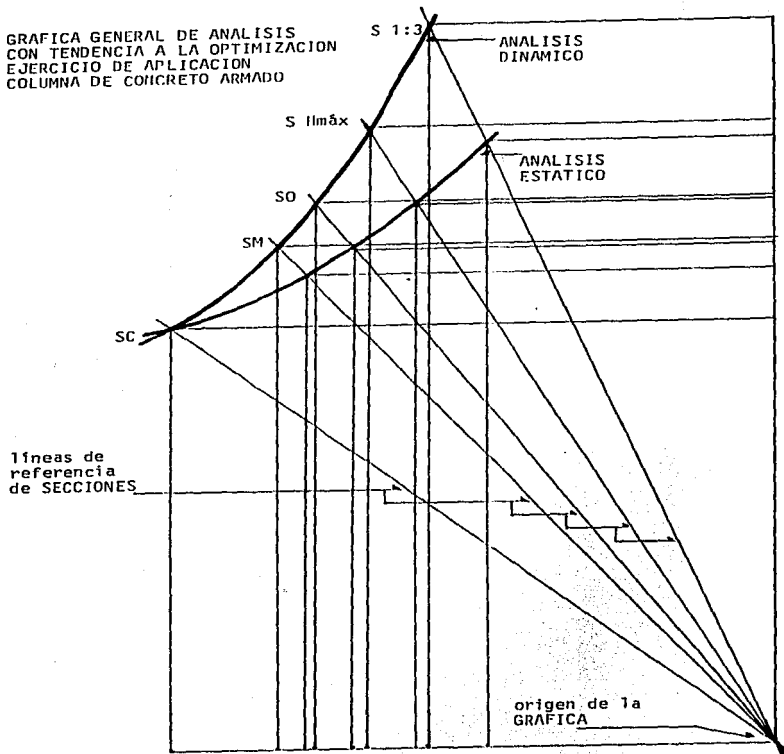
líneas de
referencia
de SECCIONES

origen de la
GRAFICA

GRAFICA No 20

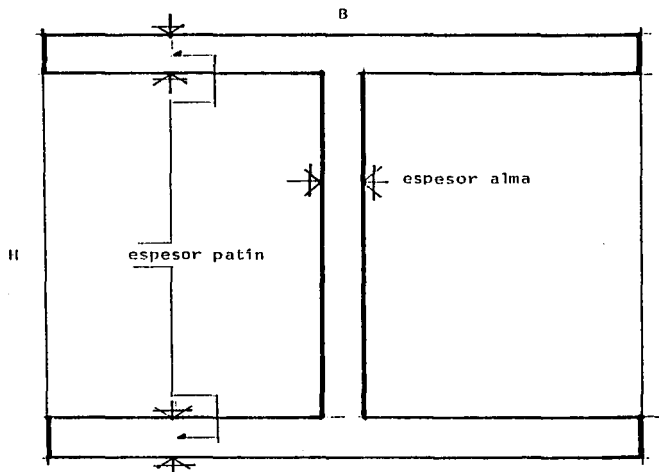


1.7.3 GRAFICA GENERAL DE ANALISIS
CON TENDENCIA A LA OPTIMIZACION
EJERCICIO DE APLICACION
COLUMNA DE CONCRETO ARMADO



GRAFICA No 21

1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE ACERO
SECCION CUADRADA (SC) ORIGEN DEL ANALISIS



GRAFICA No 22

SECCION CUADRADA ANALISIS ESTATICO y ANALISIS DINAMICO

H = B

Area = 33.58 cm² (efectiva, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 11.78 cm

H = 11.78 cm

esp p = 1.10 cm (espesor patín)

esp a = 0.80 cm (espesor alma)

I_x = 800.23 cm⁴

S_x = 135.86 cm³ (constante en ANALISIS ESTATICO)

M₀ = 171886.06 kg.cm (constante en ANALISIS ESTATICO)

Referencia GRAFICAS No 22 y No 23

SECCION Hmáx ANALISIS ESTATICO

H = 2.5B

Area = 24.74 cm² (efectiva)

B = 6.39 cm (se obtiene en la GRAFICA No 23)

H = 15.98 cm

esp p = 1.49 cm (se obtiene en la GRAFICA No 28)

esp a = 0.43 cm

I_x = 1086.06 cm⁴

S_x = 135.86 cm³ (constante en ANALISIS ESTATICO)

M₀ = 171886.06 kg.cm (constante en ANALISIS ESTATICO)

Referencia GRAFICAS No 23 y No 28

SECCION 1:3 ANALISIS ESTATICO

H = 3B

Area = 23.28 cm² (efectiva)

B = 5.66 cm (se obtiene en la GRAFICA No 23)

H = 16.98 cm "

esp p= 1.58 cm (se obtiene en la GRAFICA No 29)

esp a= 0.38 cm "

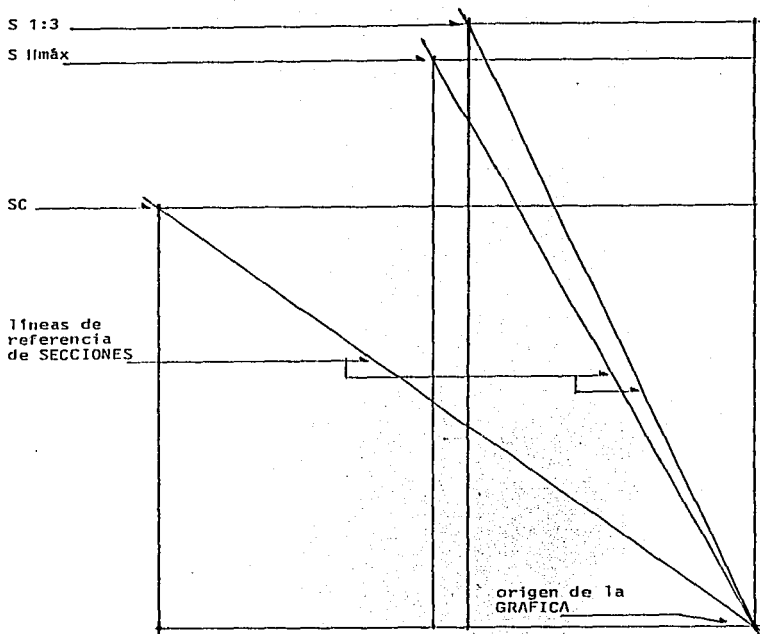
Ix = 1154.07 cm⁴

Sx = 135.86 cm³ (constante en ANALISIS ESTATICO)

Mo = 171886.06 kg.cm (constante en ANALISIS ESTATICO)

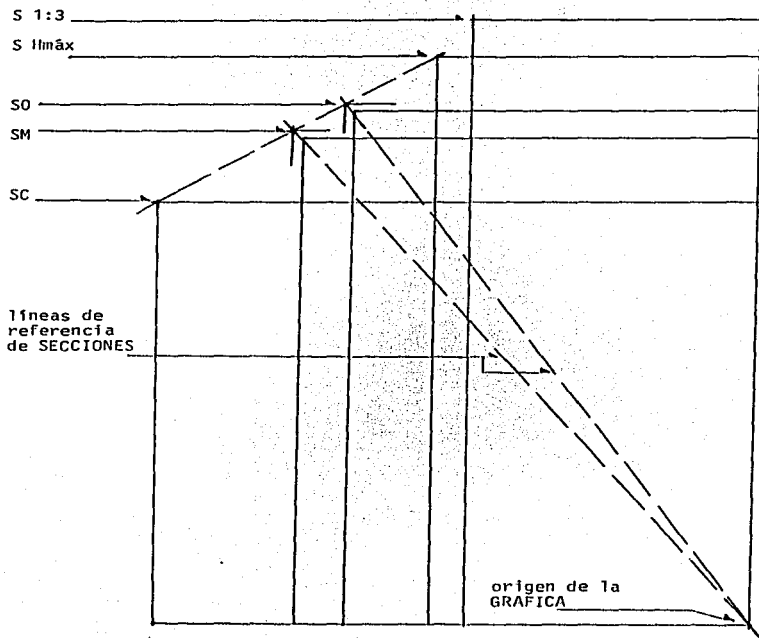
Referencia GRAFICA No 23 y No 29

1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE ACERO
SC, S 1máx, S 1:3 ANALISIS ESTADICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO POR ENVOLVENTES



GRAFICA No 23

1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION. VIGA DE ACERO
SM, SO ANALISIS ESTADICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO POR ENVOLVENTES



GRAFICA No 21

SECCION MEDIA ANALISIS ESTATICO

$H = 1.51B$

Area = 29.26 cm^2 (efectiva)

$B = 8.95 \text{ cm}$ (se obtiene en la GRAFICA No 24)

$H = 13.51 \text{ cm}$ "

esp p = 1.26 cm (se obtiene en la GRAFICA No 26)

esp a = 0.60 cm "

$I_x = 918.02 \text{ cm}^4$

$S_x = 135.86 \text{ cm}^3$ (constante en ANALISIS ESTATICO)

$M_o = 171886.06 \text{ kg.cm}$ (constante en ANALISIS ESTATICO)

Referencia GRAFICAS No 24 y No 26

SECCION OPTIMA ANALISIS ESTATICO

$H = 1.8B$

Area = 27.60 cm^2 (efectiva)

$B = 7.96 \text{ cm}$ (se obtiene en la GRAFICA No 24)

$H = 14.32 \text{ cm}$ "

esp p = 1.33 cm (se obtiene en la GRAFICA No 27)

esp a = 0.54 cm "

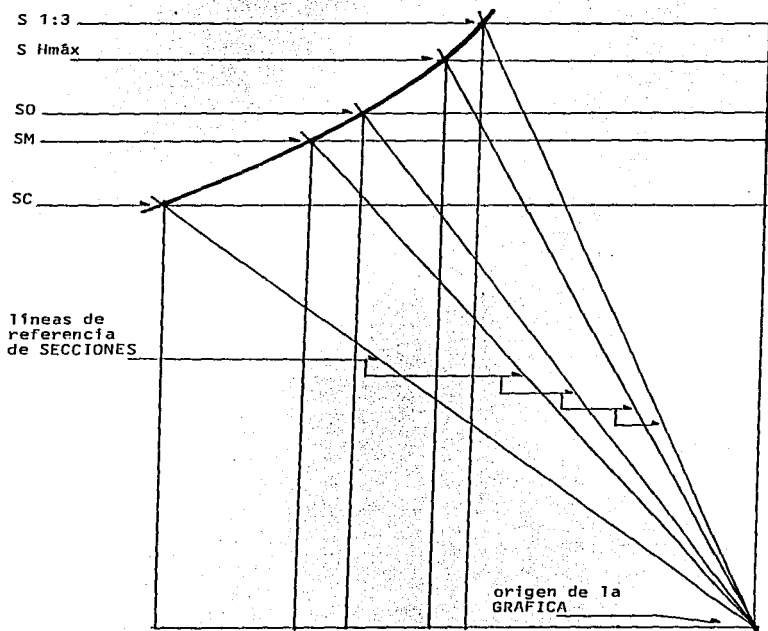
$I_x = 973.38 \text{ cm}^4$

$S_x = 135.86 \text{ cm}^3$ (constante en ANALISIS ESTATICO)

$M_o = 171886.06 \text{ kg.cm}$ (constante en ANALISIS ESTATICO)

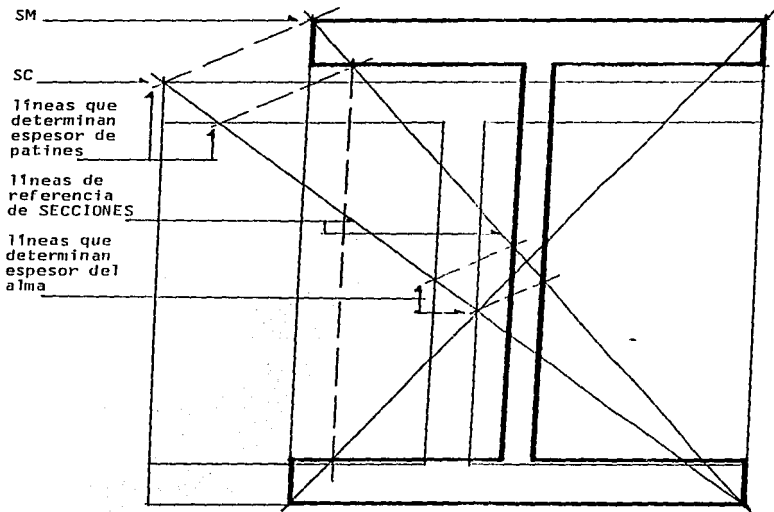
Referencia GRAFICAS No 24 y No 27

1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE ACERO
GRAFICA GENERAL ANALISIS ESTatico



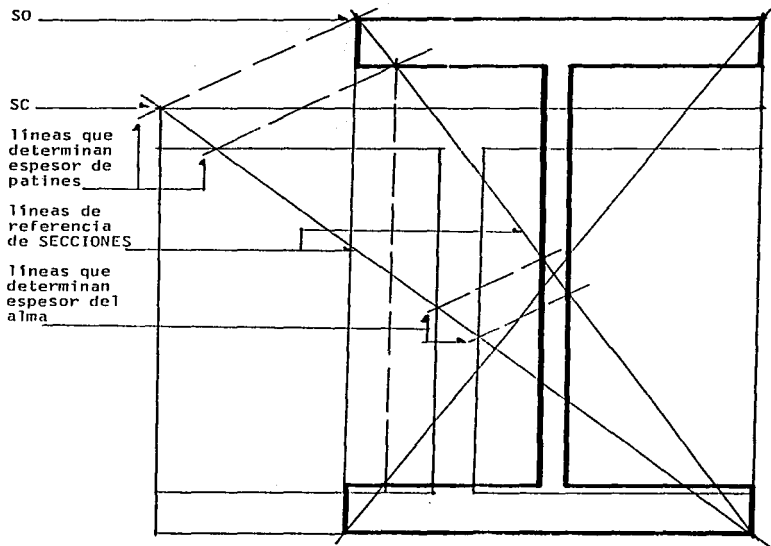
GRAFICA No 25

1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE ACERO
SECCION MEDIA (SM) ANALISIS ESTADICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
SM CON ESPESORES DE PATINES Y DEL ALMA
MEDIANTE SC



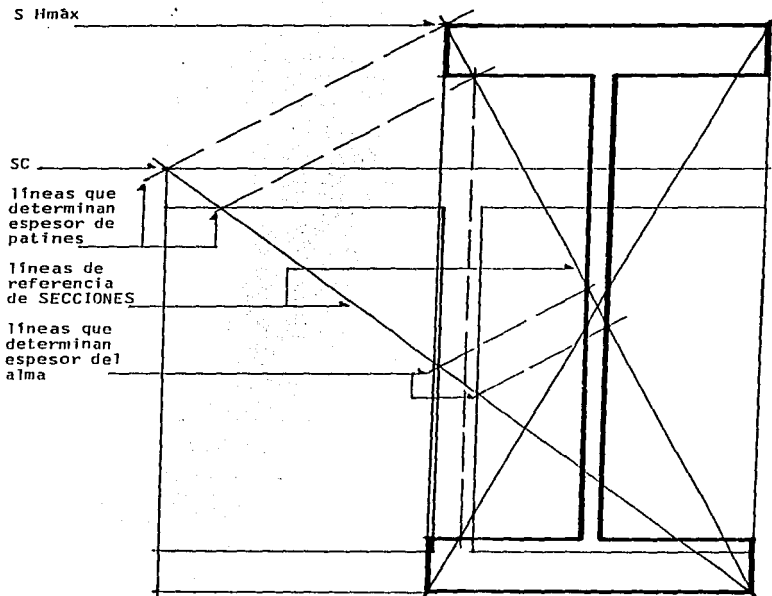
GRAFICA No 26

1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION. VIGA DE ACERO
SECCION OPTIMA (SO) ANALISIS ESTATICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
SO CON ESPESORES DE PATINES Y DEL ALMA
MEDIANTE SC



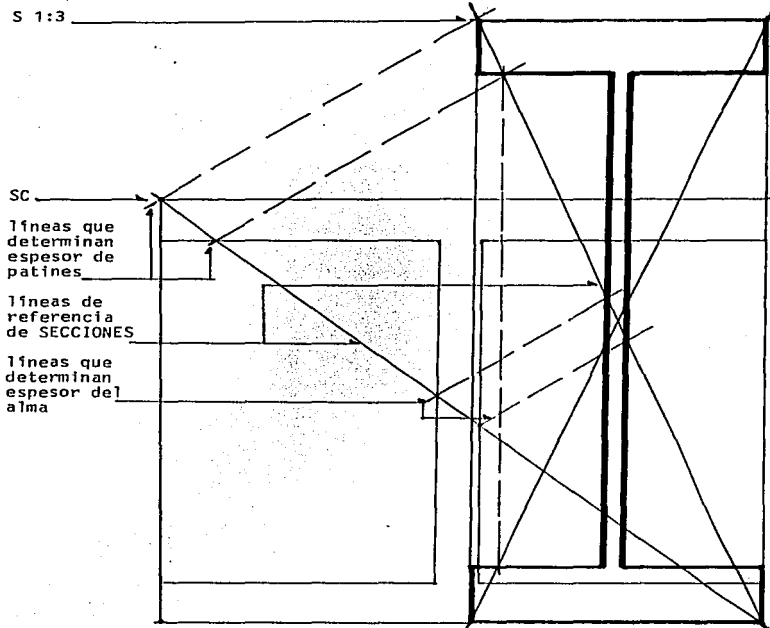
GRAFICA No 27

1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE ACERO
SECCION Hmáx ANALISIS ESTÁTICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
S Hmáx CON ESPESORES DE PATINES Y DEL ALMA
MEDIANTE SC



GRAFICA No 28

1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE ACERO
SECCION 1:3 (S 1:3) ANALISIS ESTATICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
S 1:3 CON ESPESORES DE PATINES Y DEL ALMA
MEDIANTE SC



GRAFICA No 29

SECCION MEDIA ANALISIS DINAMICO

H = 1.51B

Area = 33.58 cm² (efectiva, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 9.58 cm (se obtiene en la GRAFICA No 30)

H = 14.47 cm "

esp p = 1.35 cm (se obtiene en la GRAFICA No 31)

esp a = 0.65 cm "

Ix = 1211.06 cm⁴

Sx = 167.32 cm³

Mo = 211668.14 kg.cm

Referencia GRAFICAS No 30 y No 31

SECCION OPTIMA ANALISIS DINAMICO

H = 1.8B

Area = 33.58 cm² (efectiva, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 8.78 cm (se obtiene en la GRAFICA No 30)

H = 15.80 cm "

esp p = 1.47 cm (se obtiene en la GRAFICA No 32)

esp a = 0.59 cm "

Ix = 2164.42 cm⁴

Sx = 273.89 cm³

Mo = 346482.80 kg.cm

Referencia GRAFICAS No 30 y No 32

SECCION Hmáx ANALISIS DINAMICO

H = 2.5B

Area = 33.58 cm² (efectiva, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 7.45 cm (se obtiene en la GRAFICA No 30)

H = 18.62 cm "

esp p= 1.73 cm (se obtiene en la GRAFICA No 33)

esp a= 0.50 cm "

Ix = 3005.95 cm⁴

Sx = 322.77 cm³

Mo = 408308.00 kg.cm

Referencia GRAFICAS No 30 y No 33

SECCION 1:3 ANALISIS DINAMICO

H = 3B

Area = 33.58 cm² (efectiva, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 6.80 cm (se obtiene en la GRAFICA No 30)

H = 20.40 cm "

esp p= 1.90 cm (se obtiene en la GRAFICA No 34)

esp a= 0.46 cm "

Ix = 3607.32 cm⁴

Sx = 353.59 cm³

Mo = 447302.62 kg.cm

Referencia GRAFICAS No 30 y No 34

1.7.4 GRAFICA GENERAL DE ANALISIS DINAMICO
EJERCICIO DE APLICACION
VIGA DE ACERO
POR ENVOLVENTES

S 1:3
S l_{máx}

SD

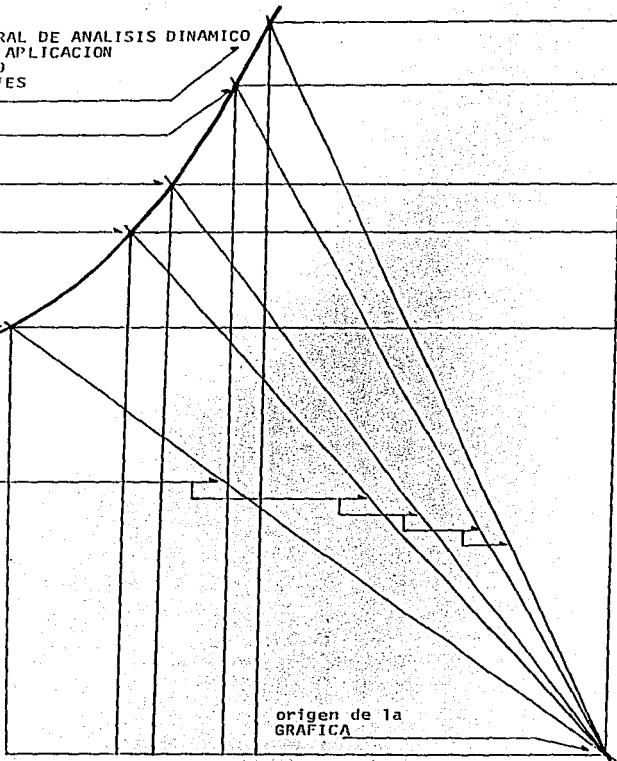
SM

SC

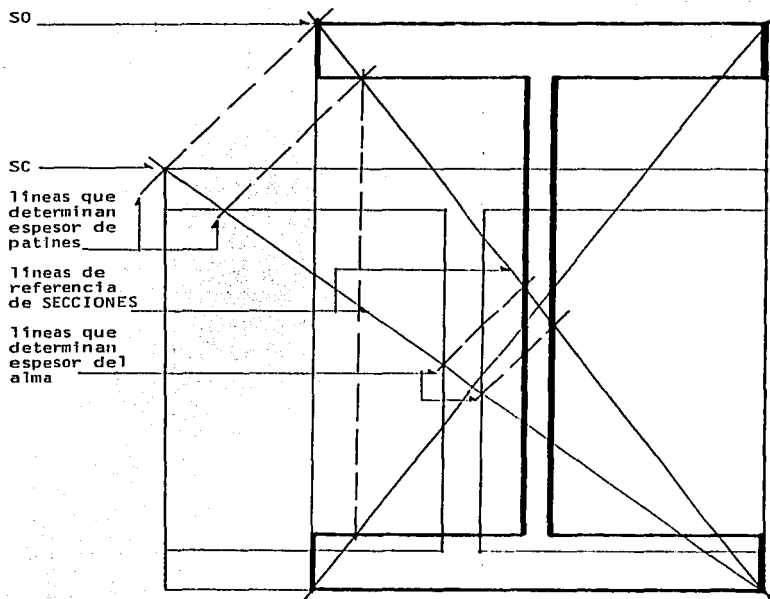
líneas de
referencia
de SECCIONES

origen de la
GRAFICA

GRAFICA No 30

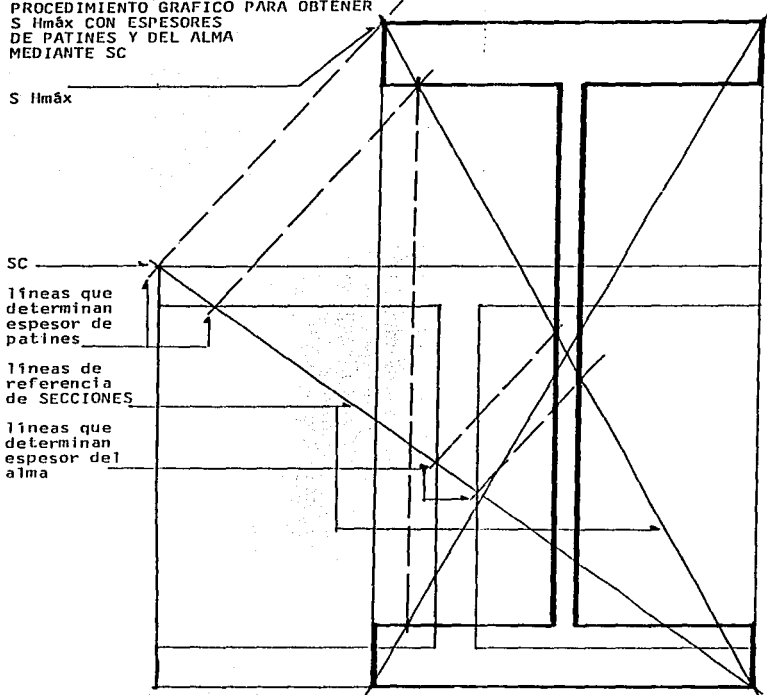


1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION. VIGA DE ACERO
SECCION OPTIMA (SO) ANALISIS DINAMICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
SO CON ESPESORES DE PATINES Y DEL ALMA
MEDIANTE SC



GRAFICA No 32

1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION. VIGA ACERO
SECCION $S_{Hm\acute{a}x}$ (S $Hm\acute{a}x$) ANALISIS DINAMICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
S $Hm\acute{a}x$ CON ESPESORES
DE PATINES Y DEL ALMA
MEDIANTE SC



GRAFICA No 33

1.7.4 EJERCICIO DE APLICACION, VIGA DE ACERO
SECCION 1:3 (S 1:3) ANALISIS DINAMICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
S 1:3 CON ESPESORES
DE PATINES Y DEL ALMA
MEDIANTE SC

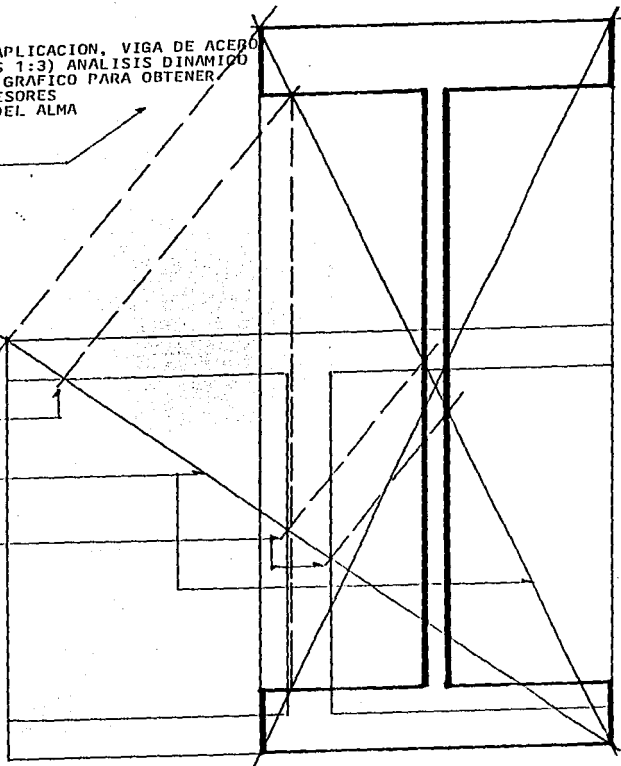
S 1:3

SC

líneas que
determinan
espesor de
patines

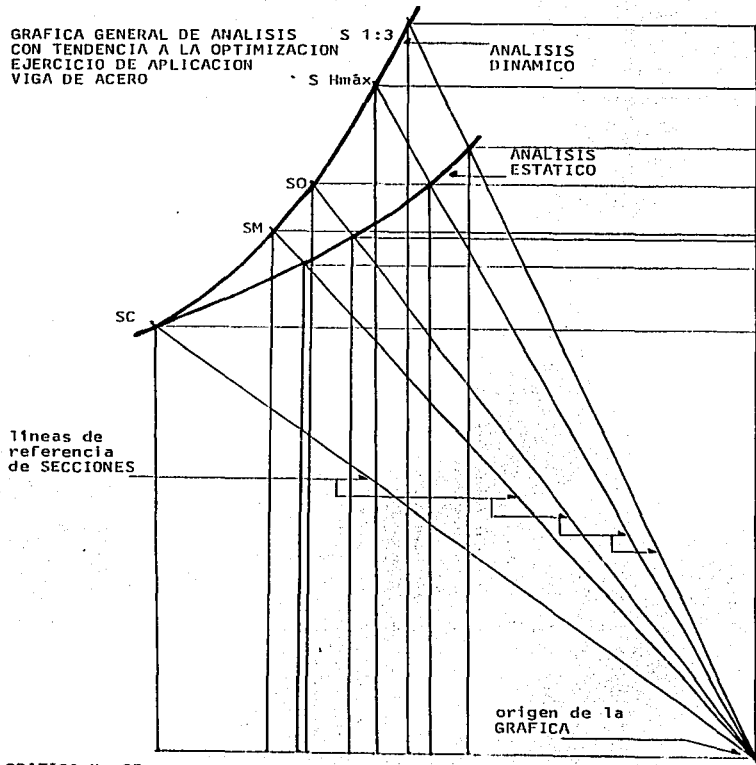
líneas de
referencia
de SECCIONES

líneas que
determinan
espesor del
alma



GRAFICA No 34

1.7.4 GRAFICA GENERAL DE ANALISIS
 CON TENDENCIA A LA OPTIMIZACION
 EJERCICIO DE APLICACION
 VIGA DE ACERO



GRAFICA No 35

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE ACERO

FORMULARIO PARA CALCULO DE COLUMNAS DE ACERO

Texto de referencia "RESISTENCIA DE MATERIALES"
Autor Arq. Eugenio Peschard
UNAM

Fórmula PARABOLICA

$$\sigma = 1195 \text{ kg/cm}^2 - 0.0341 (L/K)^2$$

Esta fórmula es aplicable para RELACIONES de ESBELTEZ hasta con valor de 50.

Fórmula GORDON-RANKINE

$$\sigma = \frac{1265 \text{ kg/cm}^2}{1 + \frac{1}{18000} (L/K)^2}$$

Esta fórmula es aplicable para RELACIONES de ESBELTEZ con valores desde 50 hasta 100.

Fórmula EULÉR

$$\sigma = \frac{\pi^2 \times E}{(L/K)^2} \times \frac{1}{n}$$

Esta fórmula es aplicable para RELACIONES de ESBELTEZ con valores desde 100 hasta 250.

Datos:

$$\text{Area} = 41.14 \text{ cm}^2 \text{ (efectiva)}$$

$$L = 240 \text{ cm (LONGITUD)}$$

$$E = 210000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (MODULO de ELASTICIDAD)}$$

$$M = 0.25 \text{ (MODULO de POISSON)}$$

$$G = E / 2(1+M) = 84000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (MODULO de RIGIDEZ)}$$

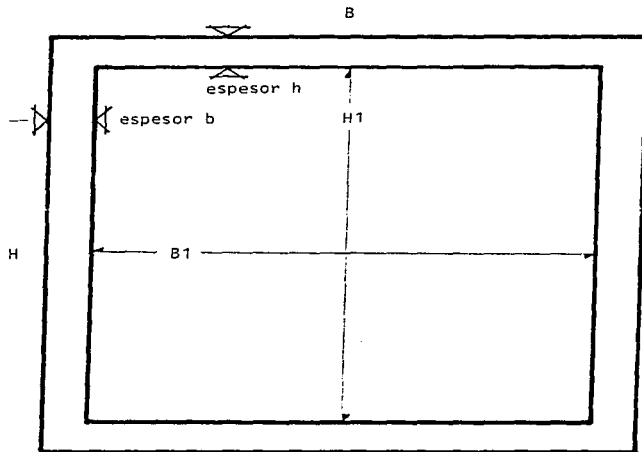
$$E/G = 2.5$$

$$n = 2.5 \text{ (COEFICIENTE de SEGURIDAD)}$$

$$\text{exc} = 20 \text{ cm (EXCENTRICIDAD)}$$

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE ACERO
SECCION CUADRADA (SC) ORIGEN DEL ANALISIS

Para el desarrollo del cálculo, esta COLUMNA se considera EMPOTRADA en ambos extremos.



GRAFICA No 36

SECCION CUADRADA ANALISIS ESTATICO y ANALISIS DINAMICO

$$H = B$$

$$\text{Area} = 41.14 \text{ cm}^2 \text{ (efectiva, constante en ANALISIS DINAMICO)}$$

$$B = 11.78 \text{ cm}$$

$$B1 = 9.88 \text{ cm}$$

$$\text{esp } b = 0.95 \text{ cm}$$

$$H = 11.78 \text{ cm}$$

$$H1 = 9.88 \text{ cm}$$

$$\text{esp } h = 0.95 \text{ cm}$$

$$I_y = 810.68 \text{ cm}^4 = I_x$$

$$K_y = 4.43 \text{ cm} = K_x$$

$$L/2K_y = 27.08 \text{ (RELACION de ESBELTEZ)}$$

$$S_x = 137.63 \text{ cm}^3 = S_y \text{ (constante en ANALISIS ESTATICO)}$$

$$V = 1169.99 \text{ kg/cm}^2 \text{ (fórmula PARABOLICA)}$$

$$F_{ax} = 48133.53 \text{ kg}$$

$$F_{ex} = 6897.82 \text{ kg}$$

$$M_o = 137956.56 \text{ kg.cm}$$

Referencia GRAFICAS No 36 y No 37

SECCION Hmáx ANALISIS ESTATICO

H = 2.5B

Area = 30.30 cm² (efectiva)

B = 6.39 cm (se obtiene en la GRAFICA No 37)

B1 = 5.37 cm (se obtiene en la GRAFICA No 42)

esp b= 0.51 cm "

h = 15.98 cm (se obtiene en la GRAFICA No 37)

H1 = 13.42 cm (se obtiene en la GRAFICA No 42)

esp h= 1.28 cm "

Iy = 176.27 cm⁴ (menor)

Ky = 2.41 cm (menor)

L/2Ky= 49.75 (RELACION de ESBELTEZ)

Ix = 1091.39 cm⁴

Sx = 137.63 cm³ (constante en ANALISIS ESTATICO)

∇ = 1110.58 kg/cm² (fórmula PARABOLICA)

F ax = 33654.70 kg

F ex = 6228.03 kg

Mo = 124560.63 kg.cm

Referencia GRAFICAS No 37 y No 42

SECCION 1:3 ANALISIS ESTATICO

H = 3B

Area = 28.51 cm² (efectiva)

B = 5.66 cm (se obtiene en la GRAFICA No 37)

B1 = 4.76 cm (se obtiene en la GRAFICA No 43)

esp b = 0.45 cm "

H = 17.00 cm (se obtiene en la GRAFICA No 37)

H1 = 14.26 cm (se obtiene en la GRAFICA No 43)

esp h = 1.37 cm "

I_y = 129.67 cm⁴ (menor)

K_y = 2.13 cm (menor)

L/2K_y = 56.26 (RELACION de ESBELTEZ)

I_x = 1169.96 cm⁴

S_x = 137.63 cm³ (constante en ANALISIS ESTATICO)

T = 1075.82 kg/cm² (fórmula GORDON-RANKINE)

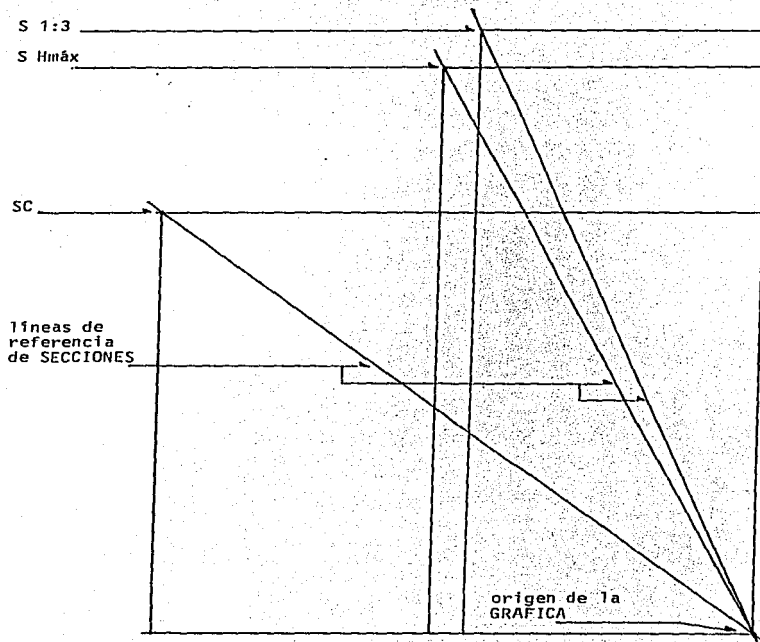
F_{ax} = 30671.82 kg

F_{ex} = 5693.20 kg

M_o = 119264.19 kg.cm

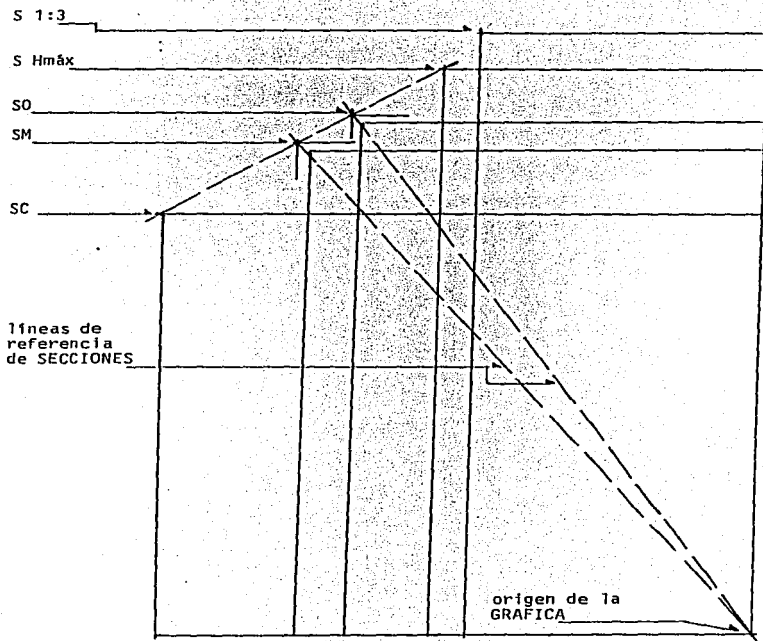
Referencia GRAFICAS No 37 y No 43

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE ACERO
SC, S Hmáx, S 1:3 ANALISIS ESTATICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO POR ENVOLVENTES



GRAFICA No 37

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE ACERO
SM, SO ANALISIS ESTATICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO POR ENVOLVENTES



GRAFICA No 38

SECCION MEDIA ANALISIS ESTATICO

$H = 1.51B$

Area = 35.86 cm^2 (efectiva)

$B = 8.67 \text{ cm}$ (se obtiene en la GRAFICA No 38)

$B1 = 7.50 \text{ cm}$ (se obtiene en la GRAFICA No 40)

esp b = 0.72 cm "

$H1 = 13.51 \text{ cm}$ (se obtiene en la GRAFICA No 38)

$H1 = 11.33 \text{ cm}$ (se obtiene en la GRAFICA No 40)

esp h = 1.08 cm "

$I_y = 398.29 \text{ cm}^4$ (menor)

$K_y = 3.33 \text{ cm}$ (menor)

$L/2Ky = 36.00$ (RELACION de ESBELTEZ)

$I_x = 929.97 \text{ cm}^4$

$S_x = 137.63 \text{ cm}^3$ (constante en ANALISIS ESTATICO)

$\nabla = 1150.78 \text{ kg/cm}^2$ (fórmula PARABOLICA)

$F_{ax} = 41267.32 \text{ kg}$

$F_{ex} = 6647.46 \text{ kg}$

$M_o = 132949.26 \text{ kg.cm}$

Referencia GRAFICAS No 38 y No 40

SECCION OPTIMA ANALISIS ESTATICO

H = 1.88

Area = 33.82 cm² (efectiva)

B = 7.96 cm (se obtiene en la GRAFICA No 38)

B1 = 6.67 cm (se obtiene en la GRAFICA No 41)

esp b = 0.64 cm "

H = 14.32 cm (se obtiene en la GRAFICA No 38)

H1 = 12.01 cm (se obtiene en la GRAFICA No 41)

esp h = 1.15 cm "

Iy = 304.35 cm⁴ (menor)

Ky = 2.99 cm (menor)

L/2Ky = 40.00 (RELACION de ESBELTEZ)

Ix = 986.11 cm⁴

Sx = 137.63 cm³ (constante en ANALISIS ESTATICO)

V = 1140.44 kg/cm² (fórmula PARABOLICA)

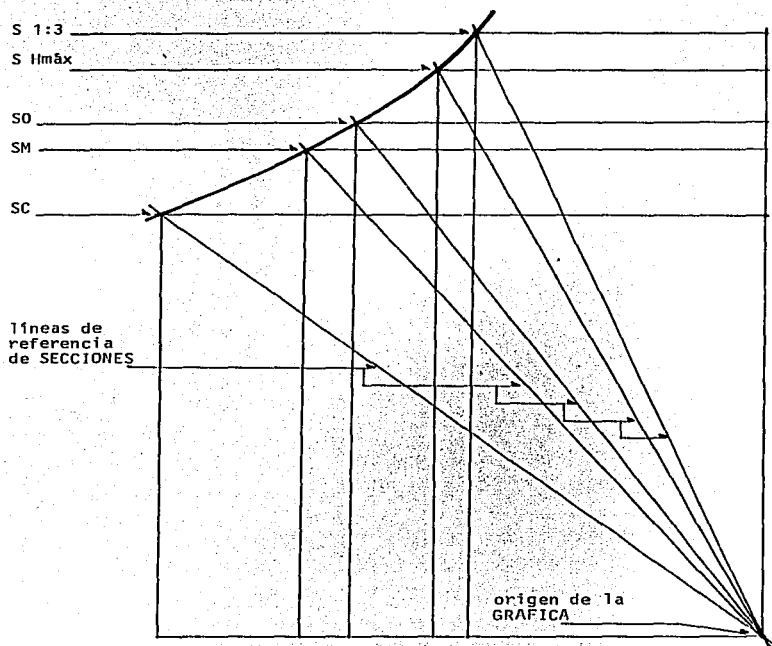
F ax = 38569.68 kg

F ex = 6521.70 kg

Mo = 130434.15 kg.cm

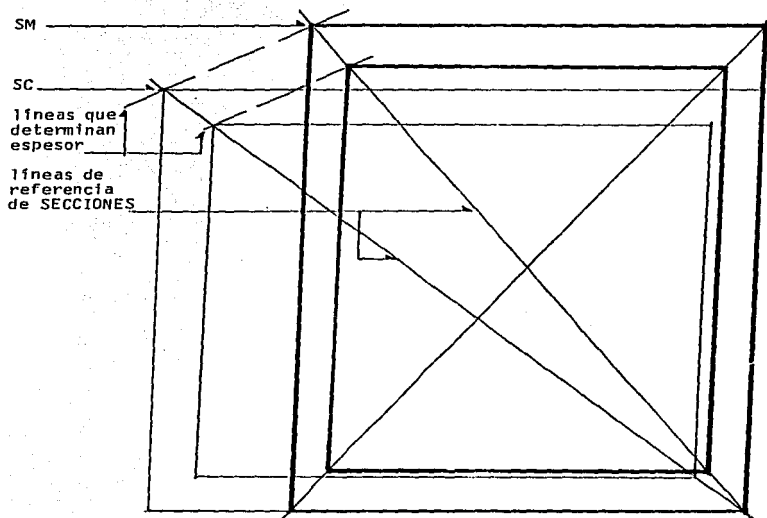
Referencia GRAFICAS No 38 y No 41

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION. COLUMNA DE ACERO
GRAFICA GENERAL ANALISIS ESTATICO



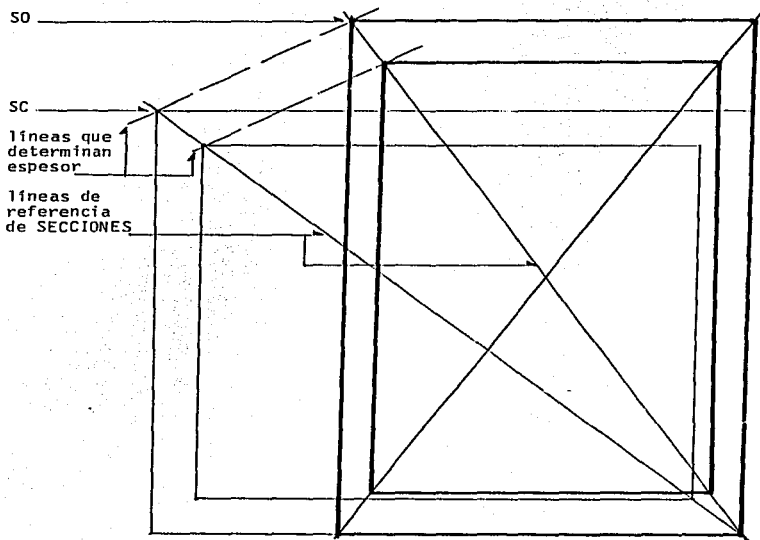
GRAFICA No 39

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION. COLUMNA DE ACERO
SECCION MEDIA (SM) ANALISIS ESTADICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
SM CON ESPESOR DEFINIDO MEDIANTE SC



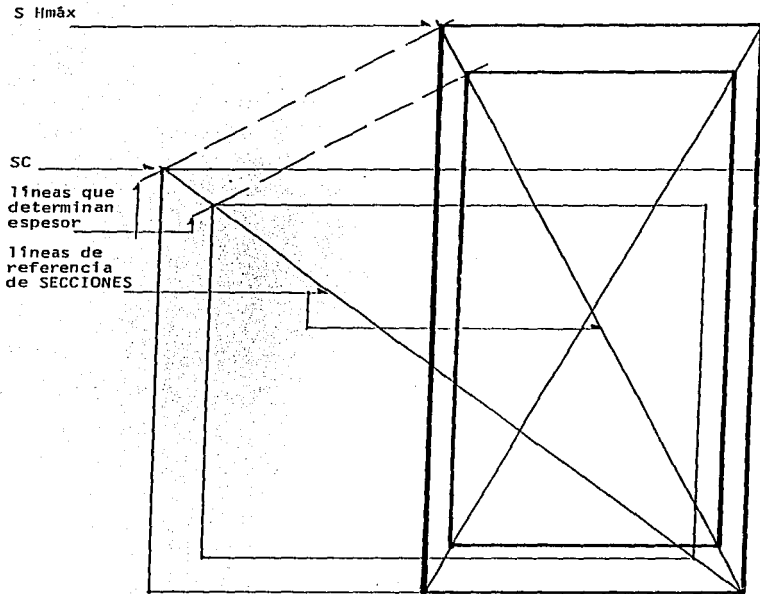
GRAFICA No 40

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION. COLUMNA DE ACERO
SECCION OPTIMA (SO) ANALISIS ESTADICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
SO CON ESPESOR DEFINIDO MEDIANTE SC



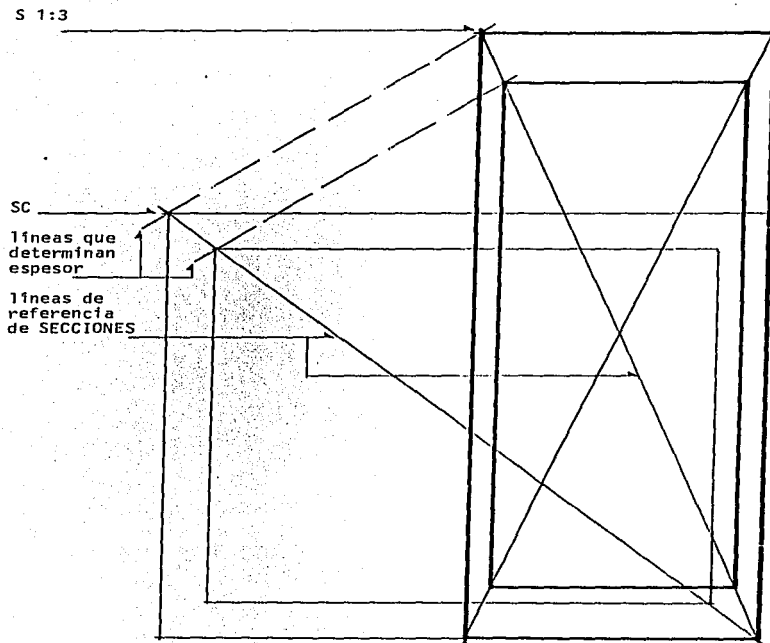
GRAFICA No 41

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION. COLUMNA DE ACERO
SECCION $S_{Hm\acute{a}x}$ ($S_{Hm\acute{a}x}$) ANALISIS ESTADICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
 $S_{Hm\acute{a}x}$ CON ESPESOR DEFINIDO MEDIANTE SC



GRAFICA No 42

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE ACERO
SECCION 1:3 (S 1:3) ANALISIS ESTATICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
S 1:3 CON ESPESOR DEFINIDO MEDIANTE SC



GRAFICA No 43

SECCION MEDIA ANALISIS DINAMICO

H = 1.51B

Area = 41.14 cm² (efectiva, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 9.58 cm (se obtiene en la GRAFICA No 44)

B1 = 8.04 cm (se obtiene en la GRAFICA No 45)

esp b = 0.77 cm

H = 14.47 cm (se obtiene en la GRAFICA No 44)

H1 = 12.14 cm (se obtiene en la GRAFICA No 45)

esp h = 1.16 cm

Iy = 536.82 cm⁴ (menor)

Ky = 3.61 cm (menor)

L/2Ky = 33.21 (RELACION de ESBELTEZ)

Ix = 1224.03 cm⁴

Sx = 169.11 cm³

T = 1157.36 kg/cm² (fórmula PARABOLICA)

F ax = 47614.14 kg

F ex = 8121.47 kg

Mo = 162429.43 kg.cm

Referencia GRAFICAS No 44 y No 45

SECCION OPTIMA ANALISIS DINAMICO

H = 1.8B

Area = 41.14 cm² (efectiva, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 8.78 cm (se obtiene en la GRAFICA No 44)

B1 = 7.36 cm (se obtiene en la GRAFICA No 46)

esp b = 0.70 cm

H = 15.80 cm (se obtiene en la GRAFICA No 44)

H1 = 13.25 cm (se obtiene en la GRAFICA No 46)

esp h = 1.27 cm

Iy = 450.30 cm⁴ (menor)

Ky = 3.30 cm (menor)

L/2Ky = 36.36 (RELACION de ESBELTEZ)

Ix = 1459.09 cm⁴

Sx = 184.64 cm³

V = 1150.14 kg/cm² (fórmula PARABOLICA)

F ax = 47316.80 kg

F ex = 8673.28 kg

Mo = 173465.78 kg.cm

Referencia GRAFICAS No 44 y No 46

SECCION Hmáx ANALISIS DINAMICO

H = 2.5B

Area = 41.14 cm² (efectiva, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 7.45 cm (se obtiene en la GRAFICA No 44)

B1 = 6.25 cm (se obtiene en la GRAFICA No 47)

esp b= 0.60 cm

H = 18.62 cm (se obtiene en la GRAFICA No 44)

H1 = 15.62 cm (se obtiene en la GRAFICA No 47)

esp h= 1.50 cm

Iy = 323.92 cm⁴ (menor)

Ky = 2.80 cm (menor)

L/2Ky= 42.85 (RELACION de ESBELTEZ)

Ix = 2024.55 cm⁴

Sx = 217.39 cm³

T = 1132.63 kg/cm² (fórmula PARABOLICA)

F ax = 46596.66 kg

F ex = 9378.37 kg

Mo = 194767.50 kg.cm

Referencia GRAFICAS No 44 y No 47

SECCION 1:3 ANALISIS DINAMICO

H = 38.

Area = 41.14 cm² (efectiva, constante en ANALISIS DINAMICO)

B = 6.80 cm (se obtiene en la GRAFICA No 44)

B1 = 5.70 cm (se obtiene en la GRAFICA No 48)

esp b = 0.54 cm

H = 20.41 cm (se obtiene en la GRAFICA No 44)

H1 = 17.11 cm (se obtiene en la GRAFICA No 48)

esp h = 1.64 cm

Iy = 270.14 cm⁴ (menor)

Ky = 2.56 cm (menor)

L/2Ky = 46.87 (RELACION de ESBELTEZ)

Ix = 2433.82 cm⁴

Sx = 238.49 cm³

∇ = 1120.07 kg/cm² (fórmula PARABOLICA)

F ax = 46079.81 kg

F ex = 10355.72 kg

Mo = 207114.55 kg.cm

Referencia GRAFICAS No 44 y No 48

1.7.5 GRAFICA GENERAL DE ANALISIS DINAMICO
EJERCICIO DE APLICACION
COLUMNA DE ACERO
POR ENVOLVENTES

S 1:3
S Hm_{\max}

S0

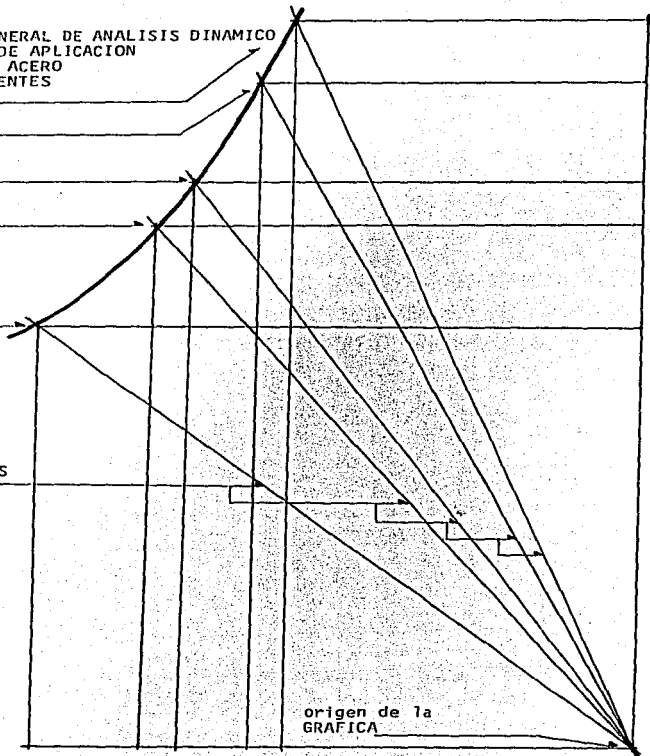
SM

SC

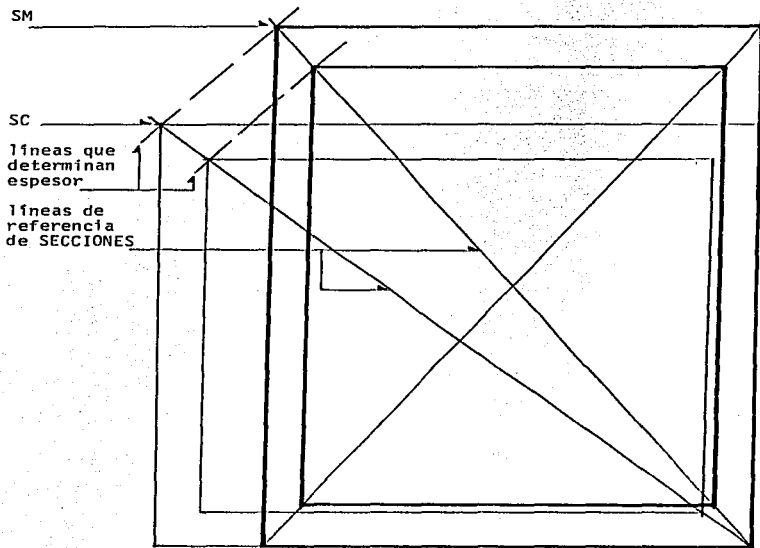
líneas de
referencia
de SECCIONES

origen de la
GRAFICA

GRAFICA No 44

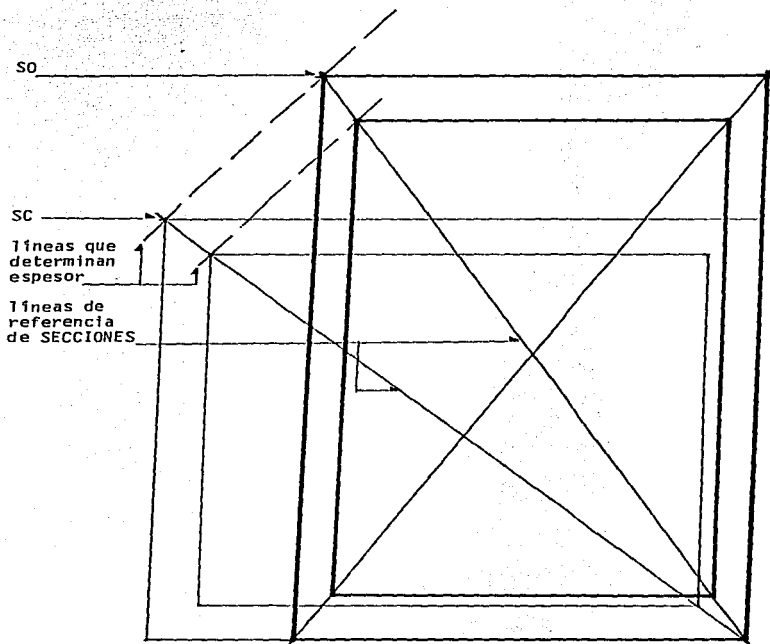


1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE ACERO
SECCION MEDIA (SM) ANALISIS DINAMICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
SM CON ESPESOR DEFINIDO MEDIANTE SC



GRAFICA No 45

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE ACERO
SECCION OPTIMA (SO) ANALISIS DINAMICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
SO CON ESPESOR DEFINIDO MEDIANTE SC



GRAFICA No 46

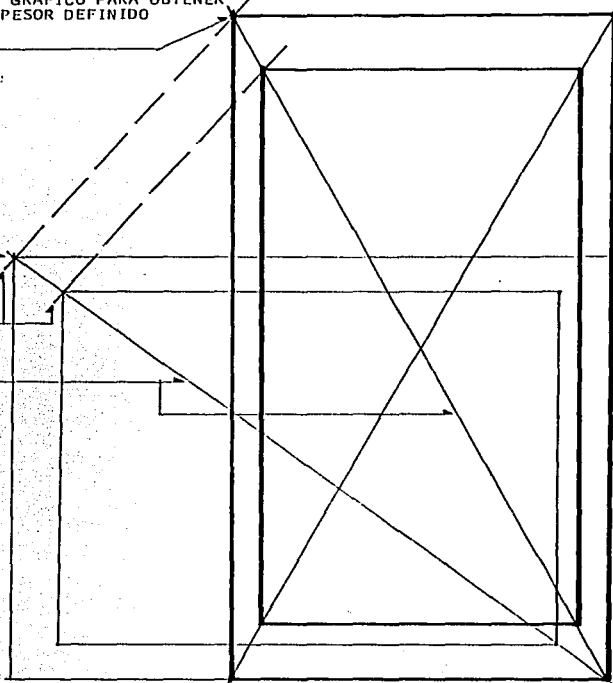
1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION, COLUMNA DE ACERO
SECCION $H_{m\acute{a}x}$ ($S_{H_{m\acute{a}x}}$) ANALISIS DINAMICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO PARA OBTENER
 $S_{H_{m\acute{a}x}}$ CON ESPESOR DEFINIDO
MEDIANTE SC

$S_{H_{m\acute{a}x}}$

SC

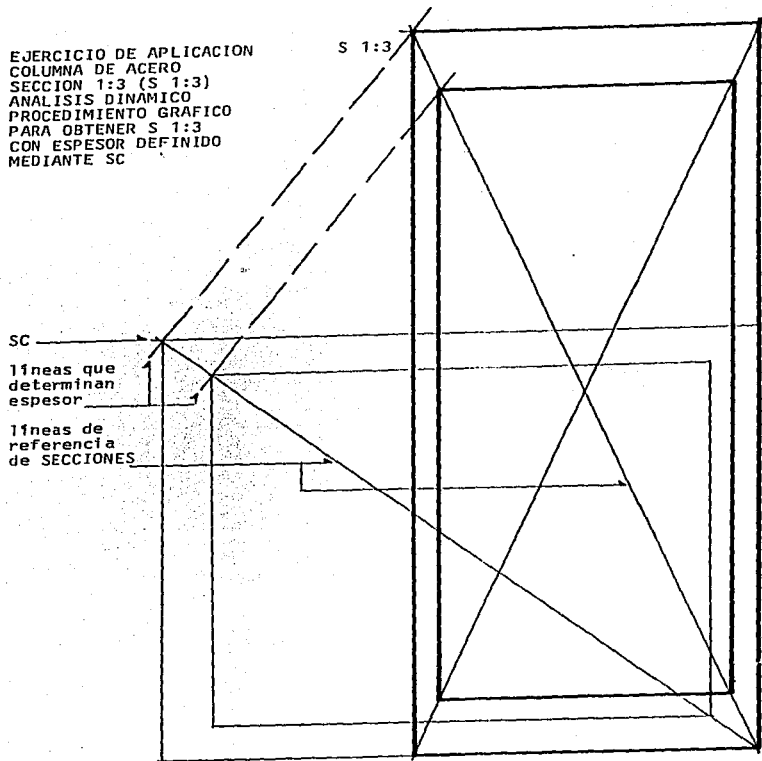
líneas que
determinan
espesor

líneas de
referencia
de SECCIONES



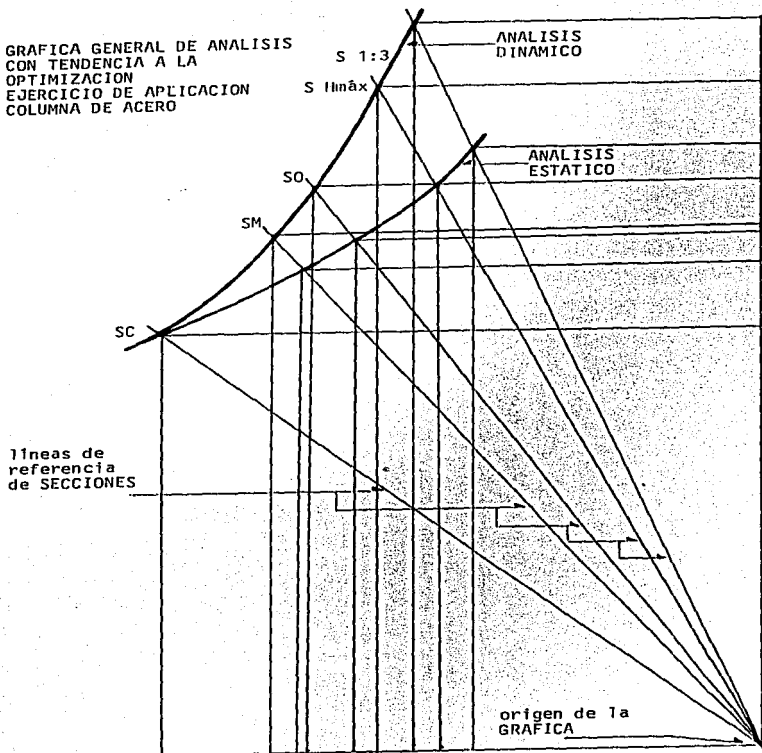
GRAFICA No 47

1.7.5 EJERCICIO DE APLICACION
COLUMNA DE ACERO
SECCION 1:3 (S 1:3)
ANALISIS DINAMICO
PROCEDIMIENTO GRAFICO
PARA OBTENER S 1:3
CON ESPESOR DEFINIDO
MEDIANTE SC



GRAFICA No 48

1.7.5 GRAFICA GENERAL DE ANALISIS
 CON TENDENCIA A LA
 OPTIMIZACION
 EJERCICIO DE APLICACION
 COLUMNA DE ACERO



GRAFICA No 49

2.0 INTEGRACION DE ASPECTOS LOGICOS DE ANALISIS

2.1 PROCEDIMIENTO GRAFICO DE CONVERSION DE FORMA DE SECCIONES OPCIONES

Este se aplica a SECCIONES mediante ANALISIS COMPARATIVO, y es posible también emplearlo como PROCEDIMIENTO GRAFICO de CORRECCION.

Aunque este tipo de ANALISIS es aplicable a SECCIONES de VIGAS, su importancia radica en aplicarlo principalmente a SECCIONES de COLUMNAS, ya que de esta forma una vez determinada la RIGIDEZ o AREAS necesarias de SECCIONES de COLUMNAS es posible llevar a cabo CONVERSIONES de FORMA de las mismas SECCIONES sin afectar el DISEÑO ESTRUCTURAL.

Por lo anterior se tiene que el SENTIDO NORMAL de OPTIMIZACION en el caso de VIGAS es que la SECCION tienda a ser rectangular, y en el caso de COLUMNAS dicho SENTIDO de OPTIMIZACION depende de si éstas son AISLADAS o forman parte de un SISTEMA ESTRUCTURAL, este aspecto sobre ANALISIS y DEFINICION de FORMA de SECCION se trata en la tercera parte de este proyecto de investigación.

Este PROCEDIMIENTO GRAFICO de CONVERSION puede darse con dos objetivos:

- 1o CONVERSION de FORMA manteniendo el MODULO de SECCION.
- 2o CONVERSION de FORMA manteniendo el AREA.

También en el primer caso en la CONVERSION GRAFICA sucede que si aumenta el PERALTE (o se alarga en un sentido la SECCION), disminuye el AREA y viceversa.

En el segundo caso en la CONVERSION GRAFICA sucede que si aumenta el PERALTE (o se alarga en un sentido la SECCION), aumenta también el MODULO de SECCION o viceversa.

En el caso de CONVERSION de FORMA en el que se mantiene el MODULO de SECCION, este procedimiento es aplicable únicamente entre SECCIONES OPCIONES de ANALISIS DINAMICO, teniendo como referencia las mismas en ANALISIS ESTATICO.

Y en el caso de CONVERSION de FORMA en el que se mantiene el AREA, este procedimiento es aplicable únicamente entre SECCIONES OPCIONES de ANALISIS ESTATICO, teniendo como referencia las mismas en ANALISIS DINAMICO.

Cabe aclarar que en este procedimiento de CONVERSION de FORMA en ambos casos, intervienen la FORMA de la SECCION que se CONVIERTE y la que se tiene como referencia para la CONVERSION.

Para explicar este procedimiento de CONVERSION de FORMA se emplean para ANALISIS COMPARATIVO como ejercicios de aplicación los siguientes:

1.7.2 VIGA DE CONCRETO ARMADO

1.7.5 COLUMNA DE ACERO

Ambos empleados para ANALISIS en la primera parte de este proyecto de investigación.

2.2 EJERCICIOS DE APLICACION MEDIANTE ANALISIS COMPARATIVO DE REVISION

2.2.1 ANALISIS COMPARATIVO, EJERCICIO 1.7.2 VIGA DE CONCRETO ARMADO

SECCION d= 2B ANALISIS DINAMICO, CONVERSION A SECCION OPTIMA (SO)
ANALISIS DINAMICO.

PROCEDIMIENTO TEORICO

Objetivo:

Mantener la capacidad de MOMENTO y el valor del MODULO de SECCION, aunque no se hace necesario el cálculo de éste último, es posible comprobarlo por ENVOLVENTES.

Secuencia de ANALISIS GRAFICO de CONVERSION:

1o Para iniciar este PROCEDIMIENTO GRAFICO de CONVERSION es necesario el trazo de la GRAFICA GENERAL de ANALISIS.

2o En ésta definir perfectamente la SECCION d= 2B, tanto en ANALISIS ESTATICO como en ANALISIS DINAMICO.

3o Definir también la SECCION OPTIMA (SO) en ANALISIS ESTATICO.

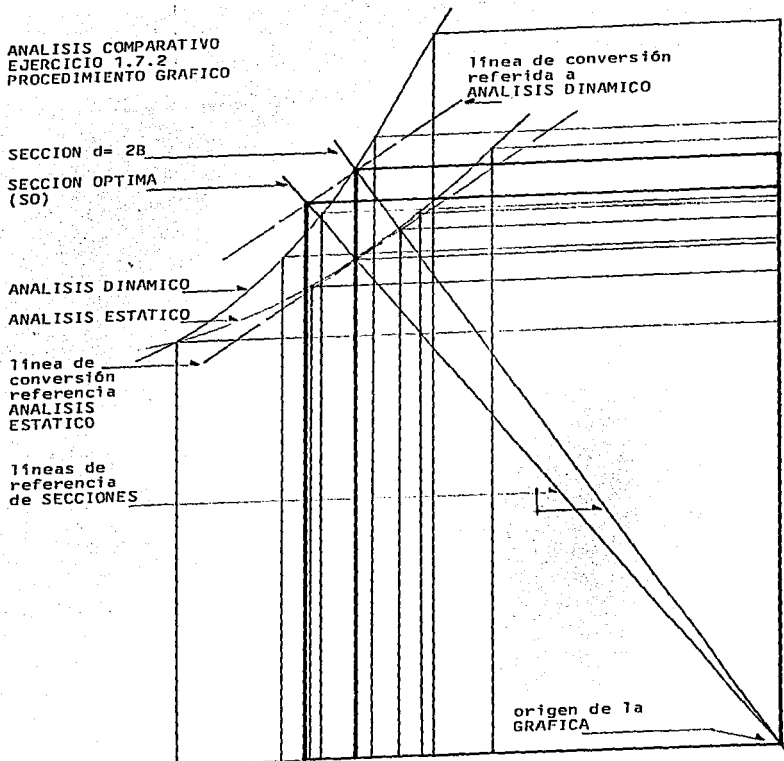
4o Trazar la línea de CONVERSION tangente a la SECCION d= 2B y a la SECCION OPTIMA (SO), referencia ANALISIS ESTATICO.

5o Trasladar la línea de CONVERSION paralela a sí misma, hasta que ésta sea tangente a la SECCION d= 2B en ANALISIS DINAMICO.

6o Con el punto que resulta de la intersección de esta línea de CONVERSION con la línea de referencia de la SECCION OPTIMA (SO), se traza la SECCION OPTIMA (SO) que resulta de esta CONVERSION.

Referencia GRAFICA No 50

2.2.1 ANALISIS COMPARATIVO
EJERCICIO 1.7.2
PROCEDIMIENTO GRAFICO



GRAFICA No 50

2.2.1 ANALISIS COMPARATIVO, EJERCICIO 1.7.2 VIGA DE CONCRETO ARMADO

SECCION d= 2B ANALISIS DINAMICO, CONVERSION A SECCION OPTIMA (SO)
ANALISIS DINAMICO.

Area = 1324.72 cm² (Total)

B = 28.09 cm (se obtiene en la GRAFICA)

d = 47.16 cm

kd = 18.86 cm

jd = 40.87 cm

C = semejante a 25089.63 kg = T

Mrc = semejante a 1029000 kg.cm

Ac = 1312.21 cm²

As = 12.51 cm²

Mrt = Mrc

Como resultado de esta CONVERSION se tiene que:

Disminuye el PERALTE de la SECCION y aumenta el AREA de la misma,
obviamente tanto del CONCRETO como del ACERO.

2.2.2 ANALISIS COMPARATIVO, EJERCICIO 1.7.5 COLUMNA DE ACERO

SECCION OPTIMA (SO) ANALISIS DINAMICO, CONVERSION A SECCION CUADRADA (SC).

PROCEDIMIENTO TEORICO

Objetivo:

Mantener el valor del MODULO de SECCION.

Secuencia de ANALISIS GRAFICO de CONVERSION:

1o Para iniciar este PROCEDIMIENTO GRAFICO de CONVERSION es necesario y suficiente definir perfectamente la SECCION OPTIMA (SO) en ANALISIS DINAMICO, la ENVOLVENTE de ésta en ANALISIS ESTATICO y la SECCION CUADRADA (SC) origen de este ANALISIS.

2o Trazar la línea de CONVERSION tangente a la ENVOLVENTE de la SECCION OPTIMA (SO) y a la SECCION CUADRADA (SC), referencia ANALISIS ESTATICO.

3o Trasladar la línea de CONVERSION paralela a sí misma hasta que ésta sea tangente a la ENVOLVENTE del hueco de la SECCION OPTIMA (SO) en ANALISIS DINAMICO.

4o Trasladar la línea de CONVERSION paralela a sí misma hasta que ésta sea tangente a la ENVOLVENTE de la SECCION OPTIMA (SO) en ANALISIS DINAMICO.

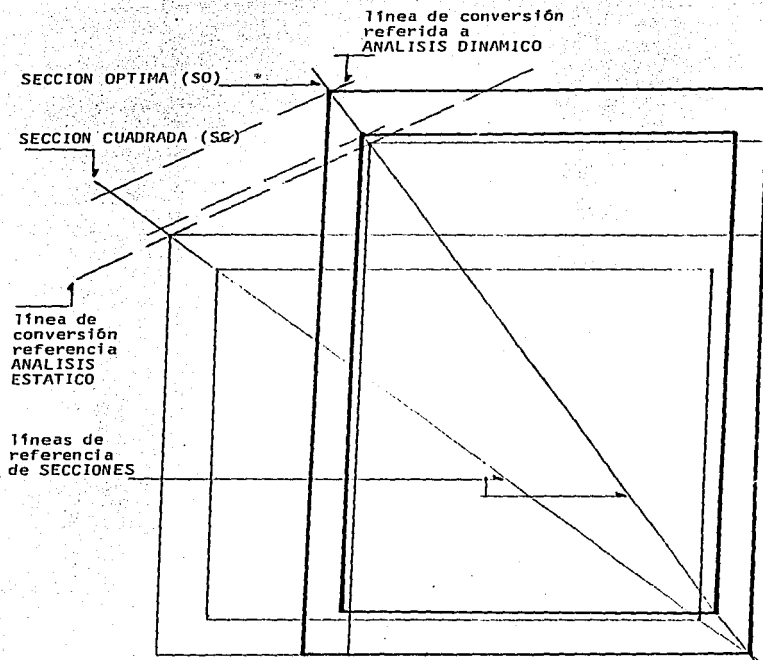
Referencia GRAFICA No 51

5o Con los puntos que resultan de las intersecciones de esta línea de CONVERSION con la línea de referencia de la SECCION CUADRADA (SC), se trazan tanto la ENVOLVENTE de esta SECCION CUADRADA (SC) como la ENVOLVENTE del hueco de ésta misma.

De esta forma se obtiene dicha SECCION CUADRADA (SC) con su espesor perfectamente determinado.

Referencia GRAFICA No 52

2.2.2 ANALISIS COMPARATIVO
EJERCICIO 1.7.5
PROCEDIMIENTO GRAFICO



GRAFICA No 51

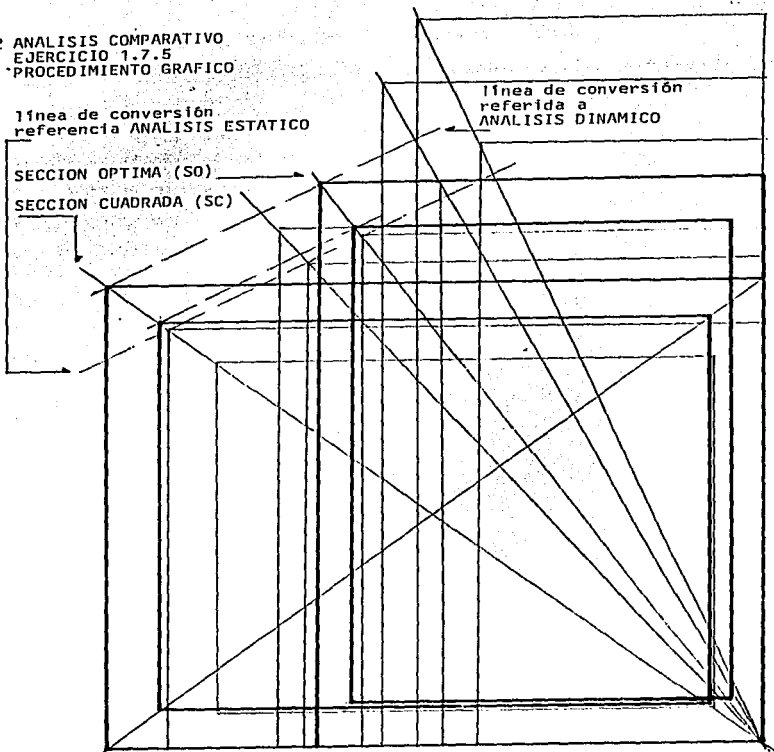
2.2.2 ANALISIS COMPARATIVO
EJERCICIO 1.7.5
PROCEDIMIENTO GRAFICO

línea de conversión
referencia ANALISIS ESTÁTICO

línea de conversión
referida a
ANALISIS DINAMICO

SECCION OPTIMA (SO)

SECCION CUADRADA (SC)



GRAFICA No 52

2.2.2 ANALISIS COMPARATIVO, EJERCICIO 1.7.5 COLUMNA DE ACERO

SECCION OPTIMA (SO) ANALISIS DINAMICO, CONVERSION A SECCION CUADRADA (SC).

$$H = B$$

$$\text{Area} = 49.27 \text{ cm}^2 \text{ (efectiva)}$$

$$B = 12.99 \text{ cm} \text{ (se obtiene en la GRAFICA)}$$

$$B1 = 10.93 \text{ cm} \quad "$$

$$\text{esp } b = 1.03 \text{ cm} \quad "$$

$$I_y = 1199.23 \text{ cm}^4 = I_x$$

$$K_y = 4.93 \text{ cm} = K_x$$

$$L/2K_y = 24.32 \text{ (RELACION de ESBELTEZ)}$$

$$S_x = 184.64 \text{ cm}^3 = S_y$$

$$T = 1174.82 \text{ kg/cm}^2 \text{ (fórmula PARABOLICA)}$$

$$F_{ax} = 57889.67 \text{ kg}$$

$$F_{ex} = 9134.82 \text{ kg}$$

$$M_o = 182696.54 \text{ kg.cm}$$

Como resultado de esta CONVERSION se tiene que:

Disminuye el PERALTE de la SECCION y aumenta el AREA de la misma.

También aumenta el ESFUERZO, la CARGA AXIAL, la CARGA EXCENTRICA y el MOMENTO ADMISIBLES.

2.2.3 ANALISIS COMPARATIVO, EJERCICIO 1.7.5 COLUMNA DE ACERO

SECCION OPTIMA (SO) ANALISIS ESTATICO, CONVERSION A SECCION CUADRADA (SC).

PROCEDIMIENTO TEORICO

Objetivo:

Mantener el AREA de la SECCION.

Secuencia de ANALISIS GRAFICO de CONVERSION:

1o Para iniciar este PROCEDIMIENTO GRAFICO de CONVERSION es necesario y suficiente definir perfectamente la SECCION OPTIMA (SO) en ANALISIS ESTATICO, la ENVOLVENTE de ésta en ANALISIS DINAMICO y la SECCION CUADRADA (SC) origen de este ANALISIS.

2o Trazar la línea de CONVERSION tangente a la ENVOLVENTE de la SECCION OPTIMA (SO) y a la SECCION CUADRADA (SC), referencia ANALISIS DINAMICO.

3o Trasladar la línea de CONVERSION paralela a sí misma hasta que ésta se tangente a la ENVOLVENTE del hueco de la SECCION OPTIMA (SO) en ANALISIS ESTATICO.

4o Trasladar la línea de CONVERSION paralela a sí misma hasta que ésta sea tangente a la ENVOLVENTE de la SECCION OPTIMA (SO) en ANALISIS ESTATICO.

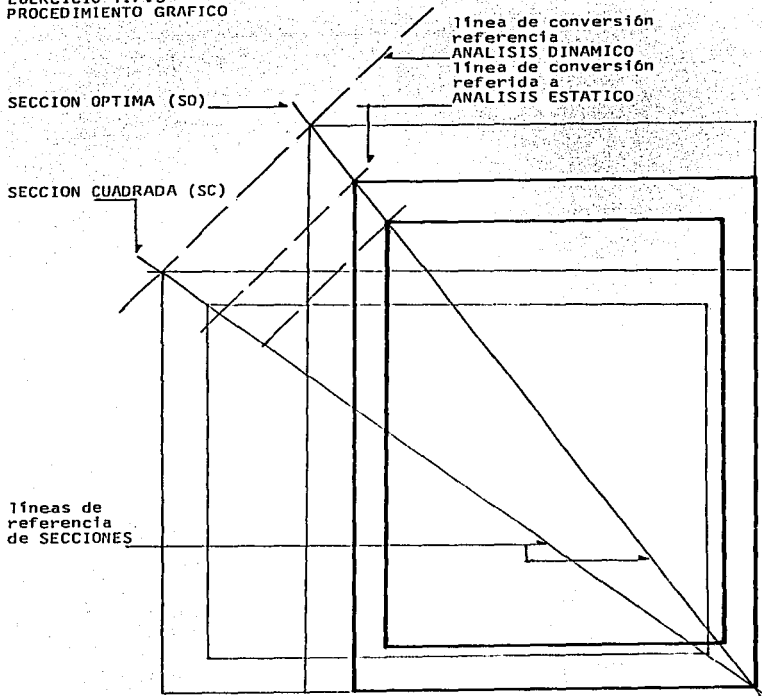
Referencia GRAFICA No 53

5o Con los puntos que resultan de las intersecciones de esta línea de CONVERSION con la línea de referencia de la SECCION CUADRADA (SC), se trazan tanto la ENVOLVENTE de esta SECCION CUADRADA (SC) como la ENVOLVENTE del hueco de ésta misma.

De esta forma se obtiene dicha SECCION CUADRADA (SC) con su espesor perfectamente determinado.

Referencia GRAFICA No 54

2.2.3 ANALISIS COMPARATIVO
EJERCICIO 1.7.5
PROCEDIMIENTO GRAFICO



GRAFICA No 53

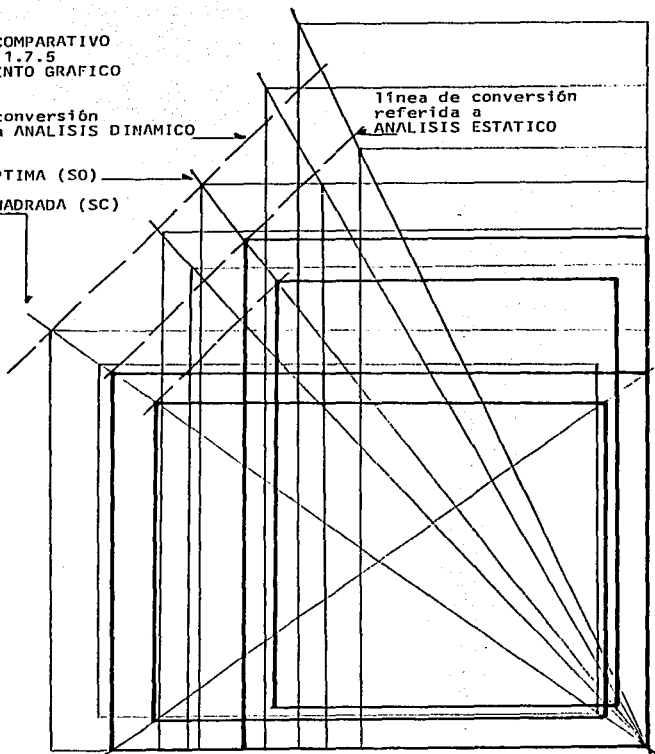
2.2.3 ANALISIS COMPARATIVO
EJERCICIO 1.7.5
PROCEDIMIENTO GRAFICO

línea de conversión
referencia ANALISIS DINAMICO

línea de conversión
referida a
ANALISIS ESTATICO

SECCION OPTIMA (SO)

SECCION CUADRADA (SC)



GRAFICA No 54

2.2.3 ANALISIS COMPARATIVO, EJERCICIO 1.7.5 COLUMNA DE ACERO

SECCION OPTIMA (SO) ANALISIS ESTATICO, CONVERSION A SECCION CUADRADA (SC).

$$H = B$$

$$\text{Area} = 33.82 \text{ cm}^2 \text{ (efectiva)}$$

$$B = 10.60 \text{ cm (se obtiene en la GRAFICA)}$$

$$B1 = 8.86 \text{ cm} \quad "$$

$$\text{esp } b = 0.87 \text{ cm} \quad "$$

$$I_y = 538.54 \text{ cm}^4 = I_x$$

$$K_y = 3.99 \text{ cm} = K_x$$

$$L/2K_y = 30.07 \text{ (RELACION de ESBELTEZ)}$$

$$S_x = 101.61 \text{ cm}^3 = S_y$$

$$T = 1164.16 \text{ kg/cm}^2 \text{ (fórmula PARABOLICA)}$$

$$F_{ax} = 39372.11 \text{ kg}$$

$$F_{ex} = 5142.41 \text{ kg}$$

$$M_o = 102848.23 \text{ kg.cm}$$

Como resultado de esta CONVERSION se tiene que:

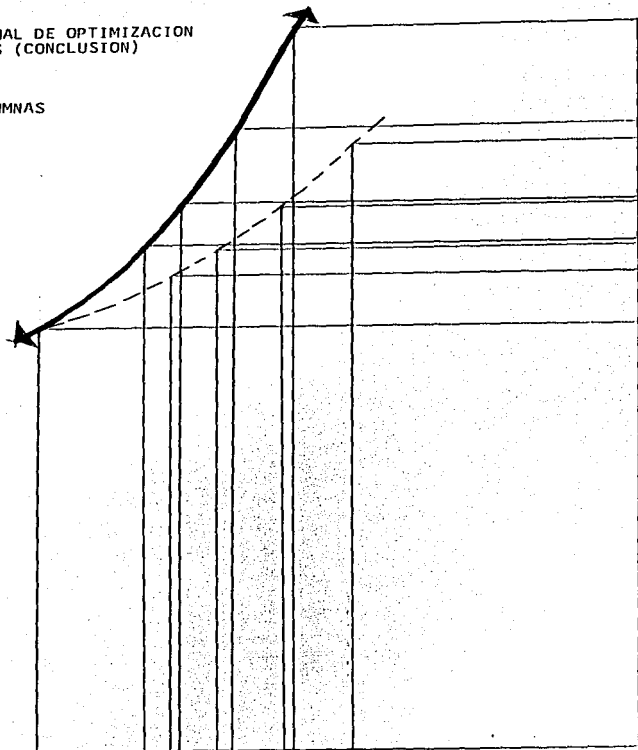
Disminuye el PERALTE y el MODULO de SECCION.

También disminuye el ESFUERZO, la CARGA AXIAL, la CARGA EXCENTRICA y el MOMENTO ADMISIBLES.

2.3 SENTIDO NORMAL DE OPTIMIZACION
DE SECCIONES (CONCLUSION)

VIGAS Y COLUMNAS

COLUMNAS



GRAFICA No 55

3.0 ANALISIS GENERAL GRAFICO DE SISTEMA ESTRUCTURAL CON TENDENCIA A LA ESTANDARIZACION

3.1 OPTIMIZACION Y ESTANDARIZACION DE SECCIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La ESTANDARIZACION facilita el DISEÑO y se fundamenta en el ANALISIS de VIGAS CONTINUAS, ya que las COLUMNAS que en ella intervienen justifican la misma SECCION por la DISTRIBUCION de MOMENTOS, y los tramos de VIGAS se calculan teniendo como base el MOMENTO MAXIMO.

Por lo anterior es posible cambiar o proponer la FORMA de la SECCION, pero no la FORMA del PROYECTO a ANALIZAR.

La OPTIMIZACION de ELEMENTOS ESTRUCTURALES en forma AISLADA teniendo como referencia un SISTEMA, en este caso solo las VIGAS pueden ser analizadas de esta forma, estableciendo la relación entre ellas para llegar a la ESTANDARIZACION de las mismas.

La OPTIMIZACION de ELEMENTOS ESTRUCTURALES en SISTEMA, en este caso está condicionada por la tendencia a la ESTANDARIZACION, y son las COLUMNAS, las que quedan comprendidas en este tipo de ANALISIS, donde la FORMA de la SECCION de estas depende de la FORMA de la PLANTA TIPO del EDIFICIO en PROYECTO, para aprovechar al máximo la RIGIDEZ de las COLUMNAS.

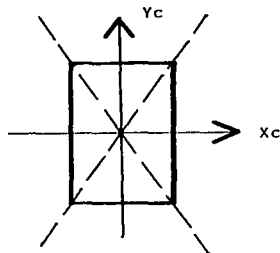
3.2 ANALISIS DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ EN SECCIONES DE COLUMNAS

La INFLUENCIA de RIGIDEZ de las COLUMNAS se basa en la FORMA de la

SECCION de las mismas, siendo MENOR la INFLUENCIA de RIGIDEZ en el sentido en el que es MAYOR el MOMENTO de INERCIA, y siendo MAYOR la INFLUENCIA de RIGIDEZ en el sentido en el que es MENOR el MOMENTO de INERCIA.

Referencia GRAFICA No 56

I_{yc} MAYOR que I_{xc}
MOMENTO de INERCIA MAYOR
en el sentido perpendicular
al EJE X CENTROIDAL



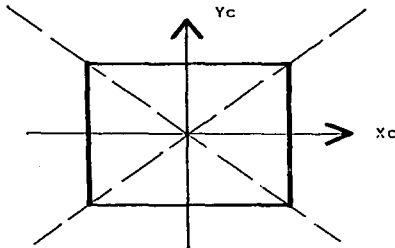
SECCION de FORMA RECTANGULAR

GRAFICA No 56

INFLUENCIA de RIGIDEZ IGUAL en ambos sentidos

Referencia GRAFICA No 57

I_{xc} IGUAL que I_{yc}
MOMENTO de INERCIA IGUAL
en ambos sentidos



SECCION de FORMA CUADRADA

GRAFICA No 57

Con relación al ANALISIS de INFLUENCIA de RIGIDEZ se concluye que:

Cuando la INFLUENCIA de RIGIDEZ es MENOR, de hecho es más CONCENTRADA, es decir menos DISPERSA.

Mediante el ANALISIS de INFLUENCIA de RIGIDEZ es posible MODULAR, OPTIMIZAR y ESTANDARIZAR los ELEMENTOS ESTRUCTURALES en SISTEMA.

De lo anterior se tienen como resultado MODULOS APARENTES y MODULOS REALES.

MODULO APARENTE está dado por el espaciamiento de las COLUMNAS, propuesto por PROYECTO y sujeto a posible ajuste.

MODULO REAL, este es imaginario, pero es posible representarlo GRAFICAMENTE, su FORMA no necesariamente coincide con la FORMA del MODULO APARENTE, y es también resultado del ANALISIS de INFLUENCIA de RIGIDEZ.

Con relación a los MODULOS, se puede afirmar que es el MODULO REAL el más importante porque de este depende la RIGIDEZ TOTAL del EDIFICIO en PROYECTO.

Por tanto OPTIMIZANDO la relación entre MODULO APARENTE y MODULO REAL se llega a la ESTANDARIZACION de las COLUMNAS.

También mediante la relación de MODULO APARENTE y MODULO REAL se establece el RANGO de OPCIONES de FORMA de SECCIONES de COLUMNAS y FORMA de MODULOS.

CONCLUSIONES:

Todo el ANALISIS anterior se lleva a cabo en forma ESTATICA, se complementa con el ANALISIS DINAMICO para aumentar el AREA de la SECCION y reducir la RELACION de ESBELTEZ, de esta forma se obtiene RIGIDEZ COMPLEMENTARIA para soportar CARGAS ACCIDENTALES.

También se tienen dos casos de OPTIMIZACION, y ESTANDARIZACION de SECCIONES:

1o ENVOLVENTE de SECCION.

2o SECCION DEFINIDA.

El primer caso se presenta como apoyo al DISEÑO ARQUITECTONICO, y ofrece la posibilidad de ser empleado por personal que no tiene experiencia en CALCULO ESTRUCTURAL, y solo requiere un METODO para ANALIZAR los espacios necesarios para ser ocupados por COLUMNAS, VIGAS y otros ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

El segundo caso puede ser empleado por especialistas en la materia,

incluso ARQUITECTOS que tengan experiencia en, o se dediquen al CALCULO ESTRUCTURAL.

En ambos casos se relaciona en forma OPTIMA el DISEÑO ARQUITECTONICO con el DISEÑO ESTRUCTURAL y se obtienen así resultados más confiables en relación con la ESTABILIDAD de las CONSTRUCCIONES.

3.3 EJERCICIO DE APLICACION, ANALISIS DE UNA PLANTA TIPO Y/O MODULAR CON RELACION DE LADOS 1:1.85, PARA OPTIMIZAR Y ESTANDARIZAR SECCIONES DE COLUMNA DE UN EDIFICIO EN PROYECTO CON ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO, MEDIANTE ENVOLVENTES.

1o Se inserta la FORMA de la PLANTA TIPO en la GRAFICA GENERAL de ANALISIS trazando la FORMA CUADRADA (1:1), la PLANTA TIPO con relación de lados 1:1.85 y la FORMA RECTANGULAR (1:3), con la correspondiente CURVA de OPCIONES en ambos tipos de ANALISIS, tomando en consideración para el trazo la relación de MODULOS de ELASTICIDAD ($E/G = 2.2$).

Referencia GRAFICA No 5B

2o Los lados de la PLANTA TIPO se denominan también B y H, donde el lado menor B, es el lado mayor del MODULO APARENTE Y/O REAL, el lado menor de este se determina mediante la relación 1:1.85 de forma que los MODULOS que se obtienen, tienen en su FORMA la misma relación de los lados de la PLANTA TIPO, es decir que el lado mayor de los MODULOS es 1.85 veces el lado menor de los mismos (MODULOS).

El sentido largo de los MODULOS está dispuesto en forma perpendicular al sentido largo de la PLANTA TIPO, esto obviamente para dar RIGIDEZ al EDIFICIO en el sentido en que es necesaria (sentido corto).

Por lo anterior en dicha PLANTA TIPO quedan inscritos 3.425 MODULOS, y para efectos de ANALISIS la FORMA de este MODULO es también la FORMA de la SECCION de una COLUMNA, los cuales se denominan:

COLUMNA H MEDIA y MODULO H MEDIA.

Ambos son FORMAS del RANGO de OPCIONES.

Referencia GRAFICA No 59

3o Es posible establecer el RANGO de OPCIONES de combinaciones de FORMA de SECCIONES de COLUMNA con FORMA de MODULOS en intervalo cerrado, para esto se divide la PLANTA TIPO en tres rectángulos iguales, conservando el lado menor de esta como el lado mayor de los MODULOS.

En este caso quedan inscritos tres MODULOS en la PLANTA TIPO con relación de lados 1:1.6216, y para efectos de ANALISIS la FORMA de este MODULO es también la FORMA de la SECCION de una COLUMNA los cuales se denominan:

COLUMNA H MÍNIMA y MODULO H MINIMA.

Ambos son FORMAS de H MINIMA del RANGO de OPCIONES.

Referencia GRAFICA No 60

4o También se divide la PLANTA TIPO en cuatro rectángulos iguales, conservando el lado menor de esta como el lado mayor de los MODULOS.

En este caso quedan inscritos cuatro MODULOS en la PLANTA TIPO con relación de lados 1:2.1633, y para efectos de ANALISIS la FORMA de este MODULO es también la FORMA de SECCION de una COLUMNA los cuales se denominan:

COLUMNA H MAXIMA y MODULO H MAXIMA.

Ambos son FORMAS de H MAXIMA del RANGO de OPCIONES.

Referencia GRAFICA No 61

Queda de esta forma establecido el RANGO de OPCIONES con intervalo cerrado desde COLUMNA y MODULO H MINIMA hasta COLUMNA y MODULO H MAXIMA, teniendo como OPCION MEDIA COLUMNA y MODULO H MEDIA.

Referencia GRAFICA No 62

6o Las combinaciones que se analizan en este ejercicio además de las tres anteriores son:

COLUMNA H MINIMA con MODULO APARENTE H MEDIA

Referencia GRAFICA No 63

COLUMNA H MINIMA con MODULO APARENTE H MAXIMA.

Referencia GRAFICA No 64

COLUMNA H MEDIA con MODULO APARENTE H MINIMA.

Referencia GRAFICA No 65

COLUMNA H MAXIMA con MODULO H MINIMA.

Referencia GRAFICA No 66

COLUMNA H MAXIMA con MODULO APARENTE H MEDIA.

Referencia GRAFICA No 67

COLUMNA H MEDIA con MODULO APARENTE H MAXIMA.

Referencia GRAFICA No 68

Además de estas combinaciones entre FORMA de SECCIONES de COLUMNA y FORMA de MODULOS H MINIMA, H MEDIA y H MAXIMA, se tiene la posibilidad de combinaciones intermedias.

En otros casos se pueden tener mayor o menor cantidad de MODULOS H MEDIA, de acuerdo a la FORMA de la PLANTA TIPO, por tanto el RANGO de OPCIONES se establece con los números enteros superior e inferior, como en este ejercicio resulta de 3 425 MODULOS H MEDIA, al RANGO de OPCIONES se establece entre tres MODULOS H MINIMA y cuatro MODULOS H MAXIMA.

3.4 CONCLUSIONES DE EJERCICIO DE APLICACION

Básicamente se tiene que el MODULO debe ser en FORMA de un ancho menor que la FORMA de la SECCION de la COLUMNA (más angosto), de esta forma el MODULO REAL es más ancho que el MODULO APARENTE, esto es bueno porque mediante las intersecciones de INFLUENCIA de RIGIDEZ se obtiene una ESTRUCTURA REFORZADA.

Se recomienda como conclusión en este caso que la FORMA de la SECCION de la COLUMNA sea la misma con su relación de lados que la FORMA de la PLANTA TIPO, o más angosta para que sea posible lo descrito anteriormente.

En caso de que la FORMA de la SECCION de la COLUMNA sea más ancha que la FORMA de la PLANTA TIPO, de presentarse movimiento, vibración o sismo, la CARGA TRIBUTARIA para esta COLUMNA resulta más crítica.

O dado el caso de que la FORMA de la SECCION de la COLUMNA sea más angosta que la FORMA de la PLANTA TIPO, de presentarse movimiento, vibración o sismo, se espera que esta COLUMNA sea sometida a TORSION crítica.

En ambos casos aunque por ANALISIS GRAFICO, la INFLUENCIA de RIGIDEZ TOTAL de la PLANTA TIPO resulte suficiente, de esta forma se tienen dos tipos de ANALISIS de INFLUENCIA de RIGIDEZ, PARCIAL y TOTAL.

Para llevar a cabo este ANALISIS deben ser tomados en consideración normas y reglamentos de construcción del lugar, posición geográfica del EDIFICIO en PROYECTO, porque en algunos casos tanto la FORMA de SECCION de COLUMNAS como la FORMA de MODULOS pueden ser justificados por alguna razón específica sismos, vientos, etc.

Por último mediante el PROCEDIMIENTO GRAFICO de CONVERSION de FORMA, en caso de que estéticamente la FORMA de SECCION de COLUMNAS, FORMA de SECCION de VIGAS y FORMA de MODULOS APARENTES no sean del agrado de quien proyecta, diseña, es posible convertir dicha FORMA manteniendo la RIGIDEZ de dichos ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

EJERCICIO DE APLICACION
PLANTA TIPO Y/O MODULAR
RELACION DE LADOS 1:1.85
ORIGEN DEL ANALISIS
MEDIANTE ENVOLVENTES

Relación de lados 1:3

Relación de lados 1:1.85

Relación de
lados 1:1

PLANTA TIPO

Tado H

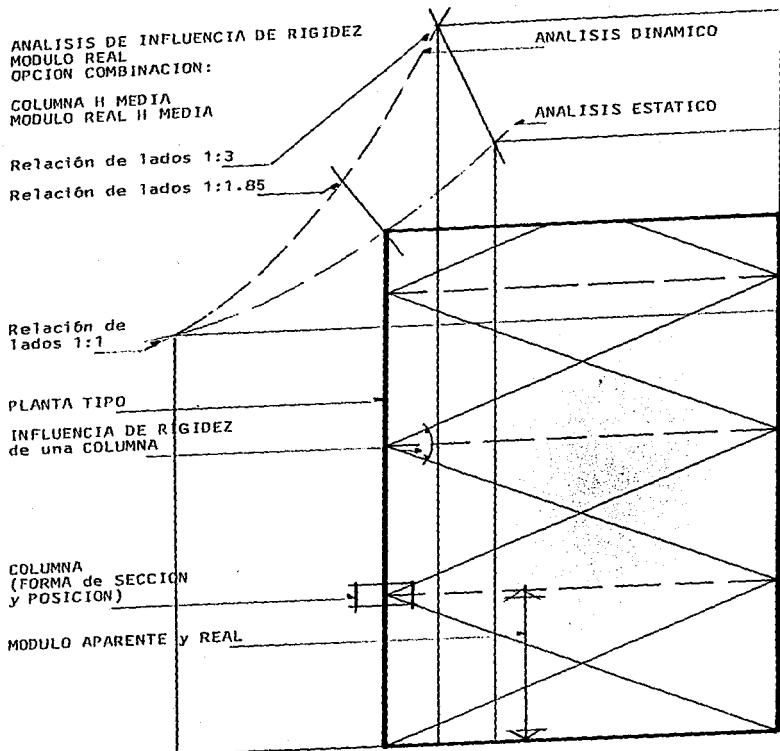
CURVA de OPCIONES
ANALISIS DINAMICO

CURVA de OPCIONES
ANALISIS ESTATICO

Tado B

origen de la
GRAFICA

GRAFICA No 58



GRAFICA No 59

ANALISIS DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ
MODULO REAL
OPCION COMBINACION:

COLUMNA H MINIMA
MODULO REAL H MINIMA

Relación de lados 1:3

Relación de lados 1:1.85

Relación de
lados 1:1

PLANTA TIPO

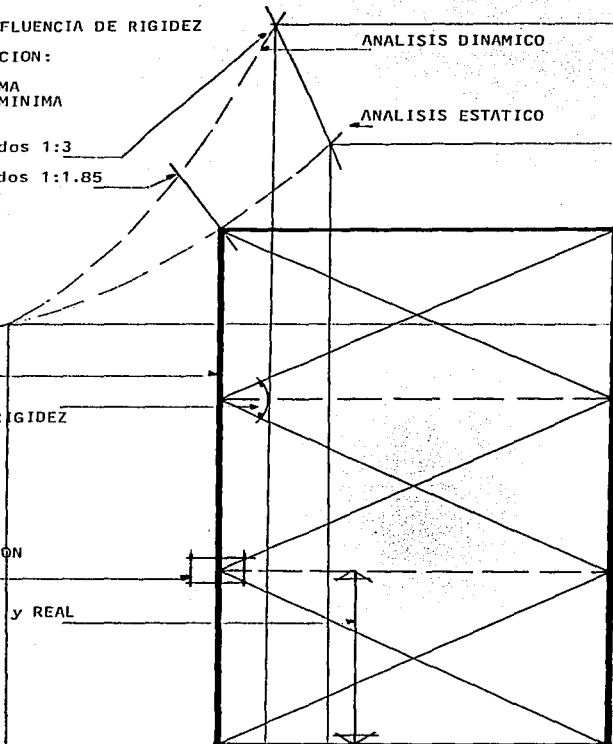
INFLUENCIA DE RIGIDEZ
de una COLUMNA

COLUMNA
(FORMA de SECCION
y POSICION)

MODULO APARENTE y REAL

ANALISIS DINAMICO

ANALISIS ESTATICO



GRAFICA No 60

ANALISIS DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ
MODULO REAL
OPCION COMBINACION:

COLUMNA H MAXIMA
MODULO REAL H MAXIMA

Relación de lados 1:3

Relación de lados 1:1.85

Relación de
lados 1:1

PLANTA TIPO

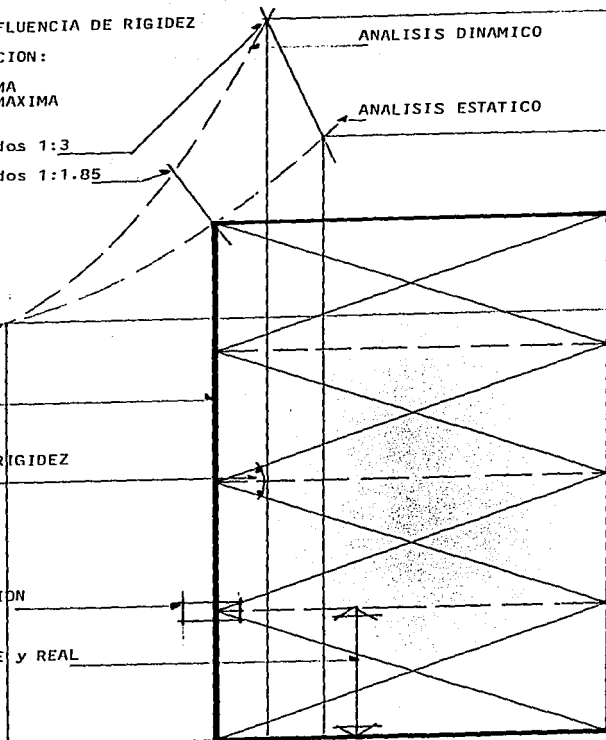
INFLUENCIA DE RIGIDEZ
de una COLUMNA

COLUMNA
(FORMA de SECCION
y POSICION)

MODULO APARENTE y REAL

ANALISIS DINAMICO

ANALISIS ESTATICO



GRAFICA No 61

RANGO DE OPCIONES
COMBINACIONES DE FORMA DE SECCIONES
DE COLUMNA CON FORMA DE MODULOS
APARENTES Y/O REALES

COLUMNA y/o
MODULO H MAXIMA
Relación de lados 1:2.1633

COLUMNA y/o
MODULO H MEDIA
Relación de lados 1:1.85

COLUMNA y/o
MODULO H MINIMA
Relación de lados 1:1.6216

PLANTA TIPO

CURVA de OPCIONES
ANALISIS DINAMICO

CURVA de OPCIONES
ANALISIS ESTATICO

origen de la
GRAFICA

GRAFICA No 62

ANALISIS DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ
MODULO APARENTE Y MODULO REAL
OPCION COMBINACION:

COLUMNA H MINIMA
MODULO APARENTE H MEDIA

Relación de lados 1:3

Relación de lados 1:1.85

Relación de
lados 1:1

PLANTA TIPO

INFLUENCIA DE RIGIDEZ
de una COLUMNA

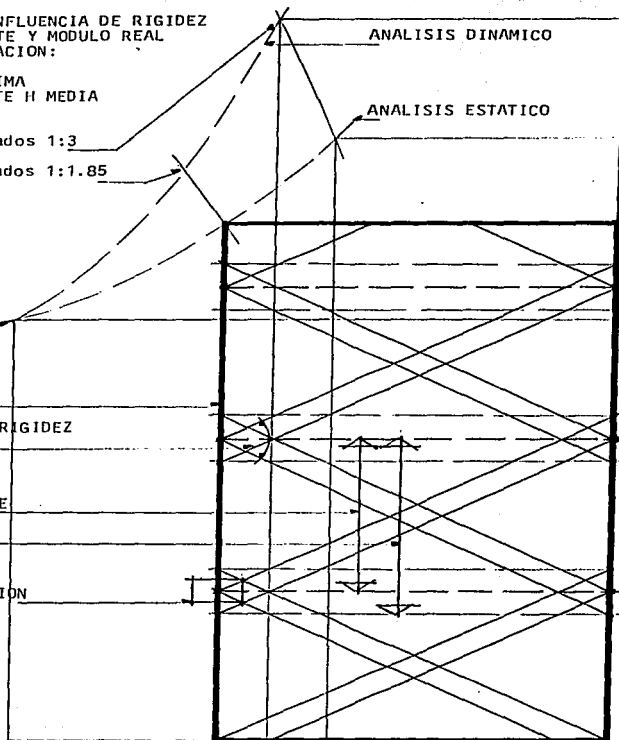
MODULO APARENTE

MODULO REAL

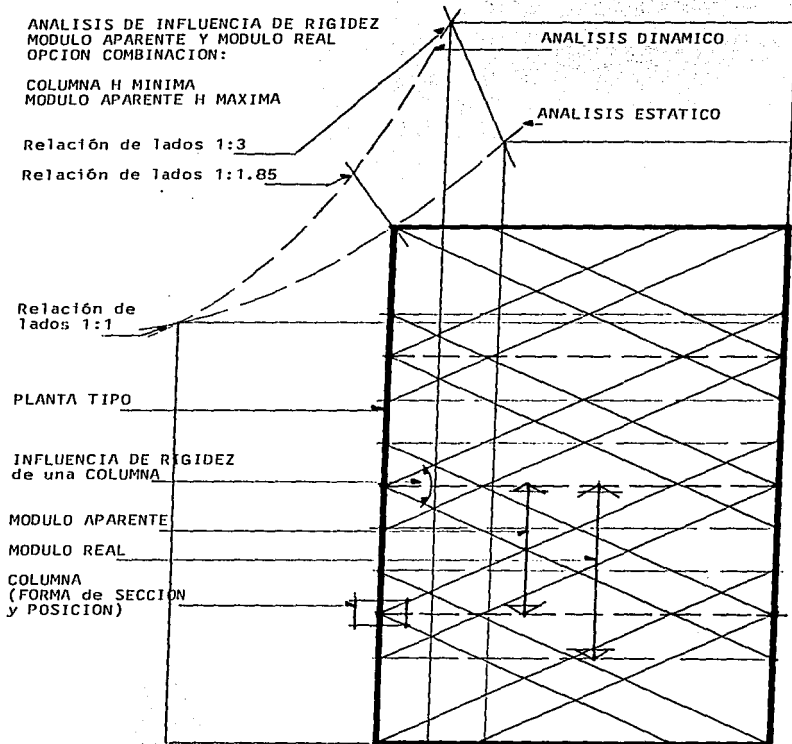
COLUMNA
(FORMA de SECCION
y POSICION)

ANALISIS DINAMICO

ANALISIS ESTATICO



GRAFICA No 63



GRAFICA No 64

ANALISIS DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ
MODULO APARENTE Y MODULO REAL
OPCION COMBINACION:

COLUMNA H MEDIA
MODULO APARENTE H MINIMA

Relación de lados 1:3

Relación de lados 1:1.85

Relación de
lados 1:1

PLANTA TIPO

COLUMNA
(FORMA de SECCION
y POSICION)

"NO HAY INFLUENCIA DE RIGIDEZ"

"NO HAY INTERSECCION
DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ"

INFLUENCIA DE RIGIDEZ
de una COLUMNA

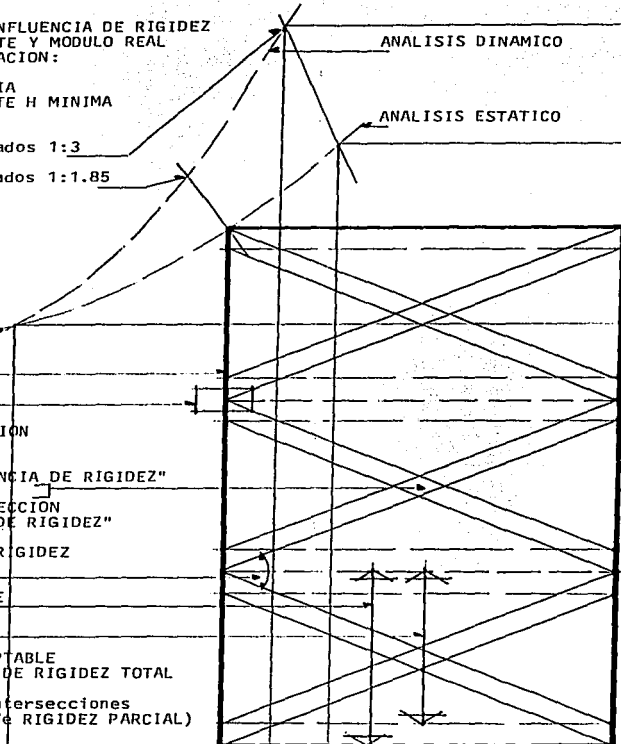
MODULO APARENTE

MODULO REAL

"OPCION NO ACEPTABLE
POR INFLUENCIA DE RIGIDEZ TOTAL
INSUFICIENTE"
(en cuanto a intersecciones
de INFLUENCIA de RIGIDEZ PARCIAL)

ANALISIS DINAMICO

ANALISIS ESTATICO



GRAFICA No 65

ANALISIS DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ
MODULO APARENTE Y MODULO REAL
OPCION COMBINACION:

COLUMNA H MAXIMA
MODULO APARENTE H MINIMA

Relación de lados 1:3

Relación de lados 1:1.85

Relación de
lados 1:1

PLANTA TIPO

COLUMNA
(FORMA de SECCION
y POSICION)

"NO HAY INFLUENCIA DE RIGIDEZ"

"NO HAY INTERSECCION
DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ"

INFLUENCIA DE RIGIDEZ
de una COLUMNA

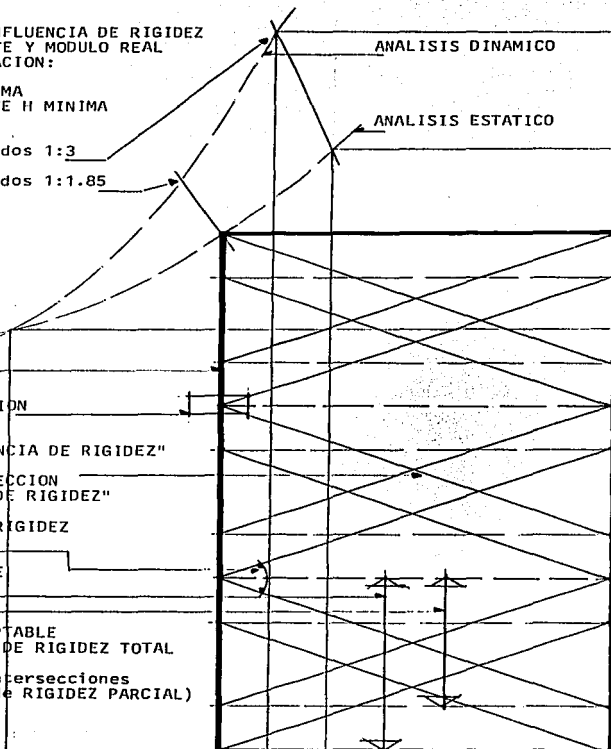
MODULO APARENTE

MODULO REAL

"OPCION NO ACEPTABLE
POR INFLUENCIA DE RIGIDEZ TOTAL
INSUFICIENTE"
(en cuanto a intersecciones
de INFLUENCIA de RIGIDEZ PARCIAL)

ANALISIS DINAMICO

ANALISIS ESTATICO



GRAFICA No 66

ANALISIS DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ
MODULO APARENTE Y MODULO REAL
OPCION COMBINACION:

COLUMNA H MAXIMA
MODULO APARENTE H MEDIA

Relación de lados 1:3

Relación de lados 1:1.85

Relación de
lados 1:1

PLANTA TIPO

COLUMNA
(FORMA de SECCION
y POSICION)

"NO HAY INFLUENCIA DE RIGIDEZ"

"NO HAY INTERSECCION
DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ"

INFLUENCIA DE RIGIDEZ
de una COLUMNA

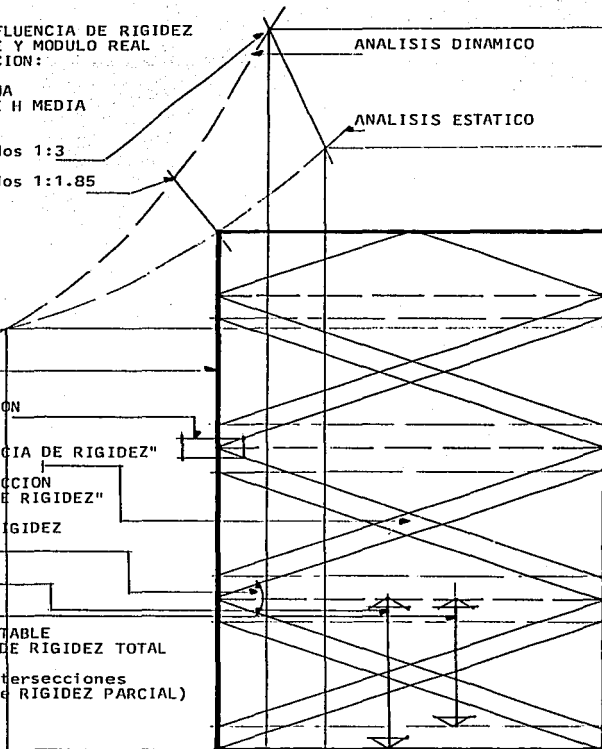
MODULO APARENTE

MODULO REAL

"OPCION NO ACEPTABLE
POR INFLUENCIA DE RIGIDEZ TOTAL
INSUFICIENTE"
(en cuanto a intersecciones
de INFLUENCIA de RIGIDEZ PARCIAL)

ANALISIS DINAMICO

ANALISIS ESTATICO



GRAFICA No 67

ANALISIS DE INFLUENCIA DE RIGIDEZ
MODULO APARENTE Y MODULO REAL
OPCION COMBINACION:

COLUMNA H MEDIA
MODULO APARENTE H MAXIMA

Relación de lados 1:3

Relación de lados 1:1.85

Relación de
lados 1:1

PLANTA TIPO

INFLUENCIA DE RIGIDEZ
de una COLUMNA

MODULO APARENTE

MODULO REAL

COLUMNA
(FORMA de SECCION
y POSICION)

"OPCION ACEPTABLE
POR COMBINACION
E INFLUENCIA DE
RIGIDEZ TOTAL
SUFICIENTE"

ANALISIS DINAMICO

ANALISIS ESTATICO

GRAFICA No 68

136

BIBLIOGRAFIA

CONCRETO REFORZADO
Edward G. Nawy
Prentice Hall 1988

DISEÑO BASICO DE ESTRUCTURAS DE ACERO
Bruce G. Johnston
F. J. Lin
T. V. Galambos
Prentice Hall 1988

EL CONCRETO ARMADO EN LAS ESTRUCTURAS
Arq. Vicente Pérez Alamá
Editorial Trillas 1972

ESTABILIDAD EN LAS CONSTRUCCIONES
Arq. José Creixell M.
CECSA 1973

ESTADISTICA MATEMATICA CON APLICACIONES
John E. Freund/Ronald E. Walpole
Prentice Hall 1990

ESTRUCTURAS ESTATICAMENTE INDETERMINADAS
White
Gergely
Sexsmith
Limusa 1972

EXPERIMENTACION

Introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos
D. C. Baird
Prentice Hall 1991

GUIA DEL INGENIERO CIVIL

Frederick S. Merritt
Mc Graw Hill 1990

INTRODUCCION A LA TEORIA DE DECISIONES

Jons
Representaciones y Servicios de Ingeniería S. A. 1976

MATEMATICA DISCRETA

M. Abellanas
D. Lodaes
Ra-Ma Editorial 1990

MATEMATICA MODERNA APLICADA

Probabilidades, Estadística e Investigación Operativa
J. C. Turner
Alianza Universidad 1970

MATERIALES DE INGENIERIA Y SUS APLICACIONES

Flinn/Trojan
Mc Graw Hill 1991

MECANICA DE MATERIALES

Gere-Timoshenko
Grupo Editorial Iberoamérica 1986

MECANICA DE MATERIALES

Russell C. Hibbeler
CECSA 1994

METODOS CUANTITATIVOS DE ANALISIS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA ADMINISTRACION DE RECURSOS ARQUITECTONICOS

Tesis para obtener el grado de Maestro en Arquitectura (Tecnología)
ARQ. **MANUEL HUMBERTO ACEDO ESPINOZA**
Division de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura
UNAM 1980

RESISTENCIA DE MATERIALES

Luis Ortiz Berrocal
Mc Graw Hill 1991

RESISTENCIA DE MATERIALES

Arq. Eugenio Peschard
UNAM 1969

RESISTENCIA DE MATERIALES
Volumen II
Arq. Eugenio Peschard
UNAM 1992

RESISTENCIA DE MATERIALES
Ferdinand L. Singer
Harla 1986

RESISTENCIA DE MATERIALES
S. Timoshenko
Espasa-Calpe S.A. 1970