

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1976

04.76.15

CNEA-NT 11/76

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ANALISIS ELASTICO DE TENSIONES-DEFORMACIONES
EN UN SEPARADOR DEL ELEMENTO COMBUSTIBLE DE LA CNEA

HECTOR ANTONIO LOTANO

CARLOS ESTANISLAO MARGUEIRAT

Departamento de Combustibles Nucleares

Buenos Aires - Argentina

1976

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

ANALISIS ELASTICO DE TENSIONES-DEFORMACIONES
EN UN SEPARADOR DEL ELEMENTO COMBUSTIBLE DE LA CNEA (*)

HECTOR ANTONIO LOTANO (**), CARLOS ESTANISLAO MARGUEIRAT (***)

(**) Departamento de Combustibles Nucleares, División Prototipos, CNEA.

(***) Departamento Construcciones, División Estructuras, INTI.

(*) CNA - Central Nuclear en Atucha

Departamento de Combustibles Nucleares
Buenos Aires - Argentina

. 1976 .

. CONTENIDO .

1. Introducción
- 1.1 Descripción del elemento combustible.
- 1.2. Descripción del separador
- 1.3. Modelo geométrico y de cargas adoptado.
- 1.4. Método de cálculo
2. Resolución del sistema hiperestático
3. Frases del sistema Stress
4. Hipótesis de cargas
5. Análisis de sollicitaciones y tensiones
6. Análisis de las deformaciones
7. Evaluación de los resultados obtenidos
8. Bibliografía consultada
- Anexo A Salida del programa Stress
- Anexo B Programa para la determinación de las tensiones

* * * *

INTRODUCCION

La geometría de las barras combustibles de un elemento combustible está esencialmente mantenida durante todo el tiempo de permanencia en el reactor por componentes estructurales, los cuales se incorporan de acuerdo a las necesidades del elemento combustible y a los requerimientos de los sistemas del reactor.

Dado que la vida del elemento combustible en el reactor depende no sólo de la integridad de las barras combustibles, sino también de la de sus componentes estructurales, determinar los efectos de las solicitaciones a que están sometidos resulta de interés particular.

Estos elementos están sometidos a solicitaciones de diversos tipos, características de las condiciones de fabricación, manipuleo, operación y almacenamiento del elemento de combustible, los cuales configuran un complejo sistema de efectos.

Un elemento estructural utilizado en el diseño actual del elemento combustible de la Central Nuclear en Atucha (CNA), es el separador.- El presente trabajo tiene por finalidad evaluar las solicitaciones y deformaciones que se desarrollan en los separadores durante el armado, como consecuencia de las cargas mecánicas producidas por el ajuste con interferencia entre vaina-separador.

1.1.- DESCRIPCION DEL E.C.

En la figura 1 se muestra un esquema del E.C. completo, el cuerpo de relleno y el cierre al canal, los cuales están vinculados por un acople. El E.C. propiamente dicho comienza en la parte inferior del acople al cual están unidas tres barras de acero que atraviesan el espacio del plenum de salida de refrigerante y seis tubos de Zircaloy-cuatro lo hacen en el reflector superior.

A continuación hay una placa portante de la que cuelgan treinta y seis barras combustibles, un tubo portante de las zapatas elásticas de ajuste del E.C. al canal y catorce separadores. El mantenimiento de la posición y tolerancia -

de las barras combustibles a lo largo del elemento se logra por medio de los separadores, el último de los cuales lleva adosado un sistema de apoyo elástico para prevenir el efecto de las vibraciones inducidas por la circulación de refrigerante. El vínculo entre las barras combustibles y los separadores se verifica por medio de patines deslizantes fijos a la vaina.

Nueve barras combustibles de la corona exterior tienen un encastre en los patines deslizantes para fijar en la posición axial los separadores. El resto pueden deslizarse para permitir dilataciones diferenciales. El extremo inferior del elemento es libre por la misma razón.

1.2. - DESCRIPCION DEL "SEPARADOR"

La figura 2, muestra una fotografía del separador. La finalidad de este componente es la de mantener la posición de las barras combustibles a lo largo del elemento combustible, permitiendo las dilataciones longitudinales diferenciales de barras combustibles, así como la de establecer un vínculo que centre el E.C. en el canal.

Debe ser diseñado como para soportar solicitaciones estáticas y dinámicas provenientes de vibración, cambios de diámetro, dilataciones longitudinales y arqueado de las barras combustibles, así como la flexión del elemento combustible.

Es una estructura reticular, tipo emparrillado, formada por una serie de mallas poligonales, las cuales alojan las barras combustibles.

Para el centrado de las barras combustibles el material está maquinado formando elementos de apoyo a modo de resaltos, los cuales proveen un apoyo a 120° en todas las mallas.

Dado que en los reactores de Uranio natural es necesario extremar la economía neutrónica, el material usado para el separador es una aleación de Zr. (Zry 4).

El Zircaloy tiene además, una adecuada resistencia mecánica y a la corrosión a la temperatura de trabajo.

1.3. - MODELO GEOMETRICO Y DE CARGAS ADOPTADO

El proceso de análisis de una estructura requiere la consideración de un conjunto de hipótesis simplificativas aproximadas que permitan la resolución práctica del problema. El problema real es naturalmente complejo en parte porque cuenta con infinitos grados de libertad, lo que no permite su tratamiento numérico directo, y en parte porque es imposible considerar todos los factores que hacen al comportamiento de un sistema estructural en condiciones reales.

Por este motivo es necesario, como consecuencia de las limitaciones de cálculo, reducir el número de grados de libertad a una cantidad tratable y tener en cuenta solamente aquellos factores de mayor importancia.

El cálculo se realiza sobre la hipótesis de que las cargas actúan en el plano del separador, ello implica no considerar las sollicitaciones axiales producidas por el deslizamiento con rozamiento entre el apoyo del separador y el patrón de la vaina debido a la dilatación lineal de la misma. Suponemos para todos los asientos un valor medio de la interferencia, lo que para las mismas características mecánicas del material y geometría produce un mismo valor de la carga.

Cuando se emplean los métodos matriciales para el análisis estructural es ne

cesario considerar sólo un número finito de grados de libertad, para que la solución numérica sea posible, esto implica pasar de un problema continuo a otro discreto, reemplazando el sistema de ecuaciones diferenciales, lo que equivale a reemplazar el modelo matemático por un modelo discreto.

El modelo discreto surge de considerar el sistema estructural como compuesto por un conjunto de elementos de dimensiones finitas que en adelante las denominaremos genéricamente con el nombre de barras y cuyos extremos definen los nudos de la estructura. Siendo que sólo se toman en cuenta los grados de libertad de los nudos cuyo número es finito es posible una solución numérica. La determinación del modelo discreto no puede ser realizada de manera arbitraria pues se trata de que represente, aunque sea en forma aproximada, el comportamiento del problema real.

La figura 3, muestra la geometría de la estructura de cálculo, la cual difiere de la figura 2 en que se han eliminado los resaltos, esta simplificación resulta de considerar constante las propiedades geométricas de las barras como ser la sección y el momento de inercia, ello implica despreciar la variación del momento de inercia debido a los resaltos. Un estudio más exacto implicaría tener en cuenta tal variación.

De acuerdo con la hipótesis planteada en cuanto a la necesidad de discretizar el problema la parte externa del separador se la supone formada por barras rectas y no curvas.

Para el caso de estructuras de barras en la que el modelo discreto es una representación exacta del modelo matemático la idealización es directa e intuitiva, los componentes estructurales son las barras que se consideran conectadas entre sí, e interaccionan a través de los nudos como lo indica fig. 3.

1-4. - METODO DE CALCULO :

Los métodos matriciales para el análisis de estructuras resistentes, en particular para estructuras compuestas por barras, han adquirido considerable importancia debido a sus múltiples aplicaciones y por presentar un enfoque completamente simple muy eficiente para plantear esquemas de solución.

La notación matricial empleada en estos métodos provee un medio de gran potencia para expresar teorías estructurales en forma compacta y clara, a su vez las matrices son un medio natural para definir técnicas de cálculo - mediante una computadora la que transforma a los métodos matriciales en fácilmente implementables para su solución, dado que las matrices permiten expresar las ecuaciones correspondientes al problema en forma conveniente y simple. Esta técnica es la empleada por los diversos lenguajes existentes orientados a la resolución de estructuras por medio de computadoras en particular el lenguaje ICES - STRESS, que se ha empleado en este estudio.

La resolución de problemas en computadoras requiere dos tipos de información: el programa y los datos del problema particular. De tal modo que un mismo programa sirve para resolver genéricamente numerosos problemas similares, sólo diferenciados entre sí por datos numéricos.

La resolución de estructuras sin emplear el lenguaje Stress, implica la necesidad de elaborar un programa para cada tipo de estructura. Este programa consiste en un conjunto de instrucciones en lenguaje Fortran, tales como : Leer los datos, multiplicar la matriz de rigidez por los vectores, imprimir los resultados, etc. Se expresan allí en forma genérica las dimensiones o lu-

ces de las barras, los momentos de inercia de las secciones, las cargas, etc. Una vez almacenado el programa en la memoria de la computadora, ésta se ha transformado en una máquina capaz de resolver un tipo de estructura. Finalmente, se entran los datos particulares : dimensiones, valores de las fuerzas, etc.

La complejidad de los programas (y las dificultades en su realización) llevaron al M.I.T., a intentar la preparación de programas flexibles, aptos no sólo para resolver un tipo de estructuras, sino incluso un género.

Estos programas se fueron recopilando, y se denominó el conjunto "Lenguaje - STRESS".

No es necesario conocer el lenguaje Fortran para emplearlo ; sólo se requiere aprender a introducir los datos y a interpretar los resultados.

El sistema STRESS ("Structural Engineering System Solver") es un lenguaje - orientado hacia el análisis de estructuras de barras, desarrollado por el Departamento de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Este sistema, completado en 1964, fué originalmente programado para operar en computadoras IBM 7090/94.

Posteriormente fué adaptado para máquinas IBM 7040/44 y 1620. Finalmente se realizó una versión para máquinas IBM 1130, que es la que está implementada actualmente en nuestro país, y es la que se toma como base en este estudio. Aunque ella difiere en parte, con respecto a la versión original, posee todas las características que hacen del sistema STRESS un poderoso instrumento en las tareas de análisis y diseño estructural. Los tipos de estructuras que pueden ser analizados por STRESS incluyen reticulados, pórticos y emparrilla

.7.

llados. Las estructuras pueden ser bidimensionales o tridimensionales y los nudos pueden ser articulados (como el caso de un reticulado) o rígidos, como en el caso de un pórtico de hormigón o de acero soldado. Las cargas pueden ser fuerzas o momentos concentrados o distribuidos, o bien pueden ser el resultado de un cambio de temperatura o el cedimiento de algún vínculo.

* * * *

2 - RESOLUCION DEL SISTEMA HIPERESTATICO

Los métodos matriciales parten de una premisa básica que consiste en considerar que el sistema estructural es reemplazable por un modelo de análisis formado por un conjunto de elementos estructurales discretos o elementos simples. Los elementos estructurales se consideran conectados entre sí solamente mediante sus puntos nodales, los puntos nodales son el único medio a través de los cuales se manifiesta la interacción entre los distintos elementos para definir el comportamiento del sistema estructural.

Las formulaciones correspondientes a los distintos métodos de análisis se basan, como es sabido en tres relaciones básicas : las condiciones de compatibilidad estática, o ecuaciones de equilibrio, las condiciones de compatibilidad cinemática, y las relaciones entre esfuerzos y deformaciones correspondientes al comportamiento de los materiales utilizados.

De la forma en que se combinan estas relaciones básicas surgen los distintos métodos de análisis.

En la mayoría de los casos puede considerarse que tales relaciones son lineales. Ello implica considerar linealidad de las relaciones entre esfuerzos y deformaciones, o sea estructuras compuestas por materiales elásticos lineales, y linealidad geométrica, o sea utilizar la teoría de pequeñas deformaciones, lo que permite expresar las ecuaciones de equilibrio con respecto a la geometría original, y no a la geometría deformada.

Partiendo de las relaciones básicas existen dos alternativas principales para obtener la solución del problema de análisis estructural, que se traducen en el método de los desplazamientos y en el método de las fuerzas, En el primer caso las relaciones básicas se combinan de tal manera que se llega

a un sistema de ecuaciones que vinculan las fuerzas externas, conocidas, con los desplazamientos nodales que pasan a ser las incógnitas principales del problema. En cambio, cuando las relaciones básicas se combinan de tal manera - que las incógnitas principales son sollicitaciones internas, se tiene el método de las fuerzas.

Cuando se trata de implementar técnicas de análisis por computadoras se prefiere, en la gran mayoría de los casos, utilizar el método de rigidez o desplazamientos "directo" porque proporciona el esquema mas eficiente para el análisis estructural.

El lenguaje STRESS está implementado a través del método de la matriz de rigidez.

Cuando se debe resolver una estructura, resulta indistinto para el STRESS que sea isostática o hiperestática, pero sí debe ser una de ambas cosas, no pudiendo tener un grado de libertad (hipostática).

Como el sistema es tan general, es indispensable dar las rigideces de las barras, aún en el caso de un sistema isostático.

Si debe resolverse una estructura isostática, y dimensionarla posteriormente - puede darse a las barras una sección cualquiera. En el caso de una estructura hiperestática, debe informarse a la computadora la relación de rigidez que realmente existe entre las barras.

En el análisis estructural se opera con fuerzas y desplazamientos. En el lenguaje STRESS todas las componentes de las fuerzas y desplazamientos se describen en un sistema de coordenadas cartesianas ortogonales (terna derecha).

En la descripción de un problema y en los resultados obtenidos por STRESS, es

necesario distinguir entre sistema de coordenadas globales y locales.

El sistema de coordenadas globales es un sistema arbitrario, que se elige generalmente de manera que las direcciones de los ejes coinciden con las direcciones mayores de la estructura.

En la Fig. 3 los ejes globales correspondientes tienen su origen en el baricentro - del separador.

La estructura en estudio se la asimila a un pórtico plano; por lo tanto los ejes globales son X e Y.

Todos los datos referentes a los nudos, se especifican en el sistema de coordena-- das globales; de la misma manera que los desplazamientos y reacciones de vincu-- los.

A cada barra se le asigna un sistema de coordenadas locales y todos los datos pertenecientes a ella se dan con relación al mismo. El eje xx local coincide con el eje de la barra y su sentido está dado por el orden de incidencia de los nudos.

Para el caso de estructuras planas uno de los ejes principales de la sección yace sobre el plano XY del sistema global.

La posición de una barra está determinada por las coordenadas globales de sus - puntos extremos.

STRESS no realiza ninguna conversión de unidades; por lo tanto las longitudes y fuerzas deben ser suministradas en unidades consistentes. En nuestro caso la unidad de fuerza adoptada fué el kilogramo fuerza; y la de longitud , milíme-- tros. Los resultados obtenidos están en las unidades correspondientes.

En STRESS se asignan números de identificación que sirven para referirse a los - nudos y a las barras. La numeración y ordenamiento de los datos para barras y -

nudos es arbitrario; con una restricción y es que los números de identificación de las barras y de los nudos, no pueden exceder el número especificado, que es de 250 para las barras y 125 para los nudos.

Una vez que se han numerado los nudos, el orden de numeración de las barras debe ser tal que permita a la computadora trabajar con máxima velocidad.

Para ello es necesario tener en cuenta que la máquina trabaja con matrices de rigidez, y la velocidad con que puede invertirse una matriz, depende del ancho de banda, es decir de las zonas que presentan coeficientes nulos.

El mejor aprovechamiento se logra a partir de que nudos inmediatos tengan numeración similar.

La Fig. 3 muestra la numeración adoptada en la estructura y la cantidad total de elementos estructurales, 174 barras y 120 nudos.

* * *

3 - FRASES DEL SISTEMA STRESS :

En la definición de un programa de resolución de una determinada estructura, mediante el lenguaje STRESS, pueden distinguirse varios grupos de frases que son las que se detallan.

Primera Frase : STRUCTURE - SEPARADOR CNA 360

La palabra STRUCTURE inicia un problema y el título se usa únicamente para identificar las tabulaciones de los resultados; el rótulo 360 indica que la estructura ha sido calculada en forma total (para 360°) y no particionada como subestructura.

Segunda Frase : TYPE PLANE FRAME

Define el tipo de estructura dentro de las que el programa está preparado para resolver; en nuestro caso la estructura la asimilamos a un pórtico plano.

Las frases NUMBER OF JOINTS, NUMBER OF MEMBERS, NUMBER OF SUPORTS y NUMBER OF LOADINGS definen el tamaño de la estructura, o sea el número de nudos, número de barras, número de apoyos, y el número de estados de carga.

JOINT COORDINATES : Informa a la computadora sobre la forma de la estructura.

La descripción de la misma en STRESS comienza por la numeración de los nudos. Esta numeración puede hacerse en cualquier orden, con la restricción de emplear números consecutivos (no repetidos) entre 1 y N siendo N el número de nudos.

Los nudos se describen indicando sus coordenadas, pero antes es obligatorio cumplir con el requisito formal de escribir el número total de nudos, que el lenguaje STRESS utiliza como control. Debe aclararse además si se trata de un nudo suelto o de un apoyo, en este último caso debe aparecer una letra S ("SUPPORT") luego de las coordenadas. En reticulados planos sólo puede haber dos tipos de apo-

yos : fijos y móviles, la letra S indica apoyo fijo, en síntesis, la letra S se refiere siempre al apoyo más rígido que tiene la estructura.

En nuestro caso los nudos 9, 14, 49, 54, 89 y 94 corresponden a nudos que son - vínculo de la estructura, mientras que los restantes son nudos libres.

JOINT RELEASES : Se usa para indicar las características de un nudo de apoyo - que no se encuentra totalmente fijado contra desplazamientos en todas las direcciones componentes posibles. Las desviaciones de la fijación total, están dadas por la lista de las componentes según las cuales pueden existir movimientos libres. Si se omite, la estructura queda fijada contra desplazamientos en todas las direcciones, es decir que se comporta como empotrada en los nudos definidos con el rótulo SUPPORT.

La frase MEMBER INCIDENCES, define la conectividad de los nudos de la estructura. Esta frase define la dirección del eje "x" de la barra, que va desde el nudo inicial al final; en la Fig. 3 se indican los ejes locales, así como la dirección - del eje "xx" de cada barra.

Las propiedades de las barras se describen mediante la frase MEMBER PROPERTIES (lista de propiedades comunes); sólo es necesario dar las propiedades que entran en el análisis para el tipo estructural apropiado; en nuestro caso la forma elegida especifica las propiedades de las barras prismáticas, rectas de sección - constante entre los extremos, donde :

AX : para el área de la sección transversal normal.

AY : para el área de corte efectiva en la dirección y

IZ : para el momento de inercia respecto del eje z.

La frase 1 THRU 174 le asigna las mismas propiedades a todas las barras.

La frase siguiente son las constantes relativas a las barras, el módulo de elasticidad $E = 10.000 \text{ kg/mm}^2$ y el módulo de elasticidad transversal $G = 0,4 E$.

DATOS DE CARGA :

Involucran a las que determinan las distintas cargas que se deben considerar aplicadas en la estructura.

Estas frases distinguen el tipo de carga, según se trate de cargas aplicadas en los nudos o cargas aplicadas en las barras, en nuestra estructura todas las cargas son consideradas como cargas concentradas.

JOINT LOADS

Son las fuerzas concentradas actuantes en los nudos de la estructura.

A continuación se indican dos rótulos para las dos componentes de las cargas nodales según la terna de ejes globales.

MEMBER LOADS

Esta frase de carga en barras especifica la componente de fuerza actuante entre los extremos de la barra.

El primer rótulo indica la dirección de la fuerza aplicada, que se designa de acuerdo a los ejes según los cuales actúa; a continuación la intensidad de la carga actuante y seguidamente la distancia desde el comienzo de la barra al punto de aplicación de la carga.

ESTADOS DE CARGA : LOADING

El Stress permite al usuario gran libertad y flexibilidad para especificar la influencia de las condiciones externas sobre la estructura, estos efectos denominados cargas se aplican en los nudos y/o barras de la estructura.

Para satisfacer las necesidades de diseño estas cargas pueden agruparse en lo -

que se llaman hipótesis de carga.

El lenguaje Stress posee tres tipos de sentencias generales para expresar las cargas que son las siguientes :

- * Identificadores de hipótesis de carga.
- * Cargas sobre nudos.
- * Cargas sobre barras.

Los identificadores de hipótesis de cargas pueden separarse en dos grupos :

- * Hipótesis independientes, a las que deben seguir cargas sobre nudos y/o barras.
- * Hipótesis dependientes, a las que solo pueden seguir combinaciones de hipótesis previamente dadas.

Todos los datos de cargas que siguen al encabezamiento LOADING se consideran como pertenecientes a un solo estado de cargas. La cantidad de cargas puede ser arbitrario.

Los resultados correspondientes a cada uno de ellos se individualizan por el título asignado.

A los distintos estados de carga se les asigna automáticamente un número secuencial en el orden en que aparecen en el programa.

Es posible usar frases de combinación de los distintos estados de carga planteados, y obtener así nuevas hipótesis de carga.

El número de combinaciones posible puede ser variable con un máximo de seis - estados anteriores por cada combinación.

Se pueden usar varias frases de combinación.

El primer rótulo es el número secuencial de los estados de carga, mientras que el segundo rótulo (variable real) es el número decimal o factor de multiplicación

del estado de carga correspondiente.

En nuestro caso se han definido trece (13) estados de carga de los cuales el --LOADING 1, 3, 5, 7, 9 y 11 son auxiliares, con los que mediante distintas - combinaciones se logran estados de cargas reales, que corresponden a los LOADING 2, 4, 6, 8, 10 y 13.

Un análisis más detallado de los mismos se realiza en el punto 4.

SALIDAS DEL PROGRAMA STRESS : TABULATE

La frase de tabulación puede ser usada solicitando las cargas actuantes en los nudos y en las barras, eso se indica con la segunda palabra.

TABULATE FORCES

Con esta frase se pide que tabule las fuerzas que actúan en los extremos de las barras.

Para el caso de pórticos planos serán el esfuerzo axial, el esfuerzo de corte y el par extremo de pieza. Se utiliza la siguiente convención de signos : positivos, los que coinciden con los ejes locales de la pieza siendo el par positivo cuando se dirige del eje x local al y local.

TABULATE REACTIONS

Esta frase solicita la tabulación de las reacciones de apoyo y las fuerzas actuantes en los nudos libres.

TABULATE DISPLACEMENTS

Esta frase solicita que se tabule el desplazamiento de todos los nudos libres y las rotaciones de los mismos, como así también las componentes de los desplazamientos permitidos por los vínculos.

TABULATE ALL - Esta frase involucra a todas las anteriormente descriptas. En

este trabajo se ha empleado la frase TABULATE ALL para todos los estados de carga.

SOLVE

Esta frase indica que los datos del problema están concluidos, es una señal que el programa interpreta que debe comenzar a la resolución del problema y tabular to do lo que en el OUT-PUT se le ha pedido como resultado.

Si el problema ha sido correctamente especificado, la máquina imprime la frase PROBLEM CORRECTLY SPECIFIED EXECUTION TO PROCEED.

STRES PLOTTER

Mediante esta frase es posible graficar a través de una salida de plotter fig. 9 la estructura que se ingresa a la computadora en una escala conveniente. Este programa auxiliar permite verificar si los elementos geométricos de la estructura han sido ingresados en la forma deseada.

* * *

4 - HIPOTESIS DE CARGAS

Dado el desconocimiento de las cargas reales actuantes sobre la estructura, los estados de cargas se introducen considerando hipótesis de cargas estáticas que se estiman producen las solicitaciones mas desfavorables.

Las hipótesis de cargas planteadas se obtienen como combinación de otros estados previamente definidos, que permiten obtener los resultados para las combinaciones indicadas.

La primera hipótesis ejecutada por la sentencia LOADING 1, crea los resultados para la combinación de las hipótesis de cargas reales.

Se considera en todos los puntos de contacto, patín de la vaina apoyo del separador una carga concentrada de valor unitario según se detalla en Fig. 3.

Se supone que todas las cargas que actúan se aplican proporcionalmente a la estructura, ello implica considerar que inicialmente todas las cargas son cero y que estas se incrementan gradualmente en tales proporciones que todas al--canzan sus valores finales simultáneamente. Por lo tanto en cualquier etapa intermedia del proceso de carga, cada carga es la misma fracción de su valor final.

LOADING 2, corresponde a un estado real, se obtiene a partir del LOADING 1, afectado por un coeficiente de mayoración igual a 5.

Esta combinación permite visualizar en una escala ampliada las solicitaciones características en los extremos de las barras. Las figuras 4, 5 y 6 muestran los diagramas de Esfuerzos de Corte, Momento Flexor y Esfuerzo Normal que re-sultan de los valores obtenidos. Este estado se analiza detalladamente en el punto 5.

LOADING 3, 5, 7, 9 y 11, son considerados como estados auxiliares, se contempla la acción aislada de las barras individualizadas con el rótulo : L3, L5, L7, L9, y L11 de la Fig. 3, que producen cargas de valor unitario en sus respectivos apoyos.

En la Fig. 3 se observa que las barras que actúan en el cuarto polígono según su ubicación, corresponden a configuraciones geométricas diferentes lo cual nos obliga a considerar acciones diferentes de las cargas.

Esta situación se contempla en los dos LOADINGS auxiliares del cuarto polígono.

LOADING 4, 6, 8, 10 y 12 - Son hipótesis de cargas reales que corresponden a los casos en que una de las barras de cada uno de los polígonos gire de su respectiva posición provocando una descarga localizada.

Esto se obtiene como la combinación del LOADING 1 con los LOADINGS 3, 5, 7, 9 y 11 respectivamente.

La misma consiste en restar a la acción simultánea de todas las vainas contempladas en el LOADING 1 la correspondiente a cada LOADING auxiliar.

LOADING 13 - Es un estado de cargas real, corresponde al caso en que han girado simultáneamente las vainas contempladas en los LOADINGS 3, 5, 7, 9 y 11.

Este estado se logra mediante la combinación del LOADING 1 con los LOADINGS 3, 5, 7, 9 y 11 con signo negativo.

5.- ANÁLISIS DE SOLICITACIONES Y TENSIONES

La laboriosidad que requiere el estudio del comportamiento de la estructura para cada una de las hipótesis planteadas, hace que el presente análisis se efectúe exhaustivamente para los valores obtenidos solamente para las hipótesis de cargas correspondientes al loading 2.

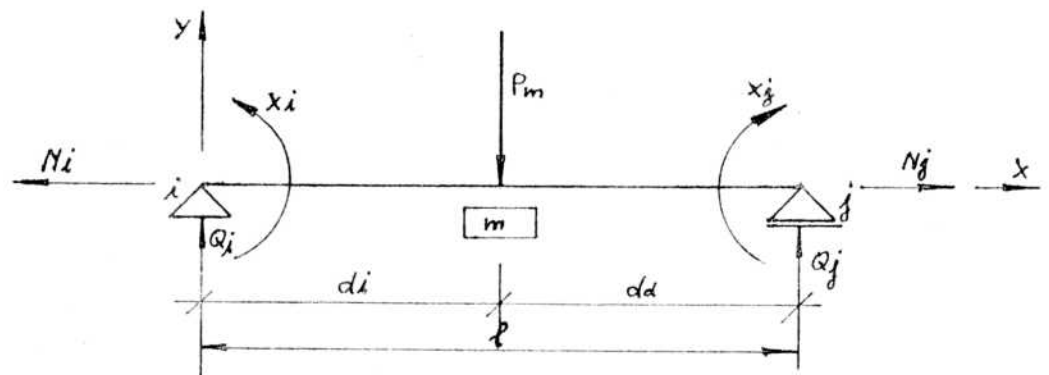
Los resultados obtenidos permiten, si las circunstancias lo requieren, el análisis de las demás hipótesis de cargas.

Como se detalló en el punto 4 las hipótesis de cargas del loading 2, cuya salida de resultados entregados por la computadora se pueden ver en el anexo A corresponden al caso en que actúan simultáneamente todas las vainas produciendo un mismo valor de la carga para todos los apoyos, ver figura 3.

Estos valores corresponden a las solicitaciones extremo de pieza, con los mismos se procedió a determinar las características M , N y Q en los extremos y en las secciones intermedias de las barras.

La simetría geométrica y de cargas del sistema permite el análisis de las barras comprendidas dentro del tercio de la estructura.

El análisis se realiza tomando cada barra aisladamente considerada como elemento simple teniendo en cuenta además las cargas y pares que actúan según se detalla en el siguiente diagrama de cuerpo libre :



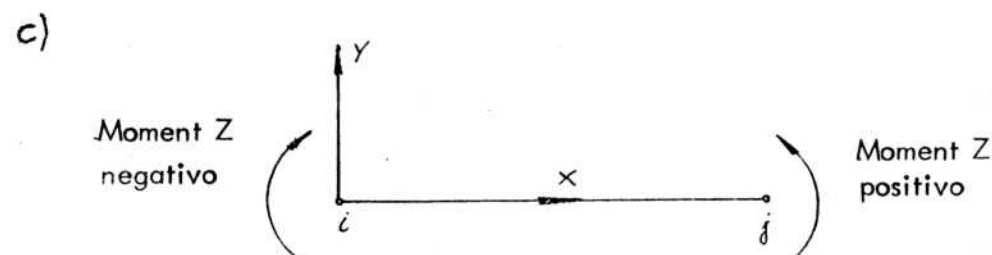
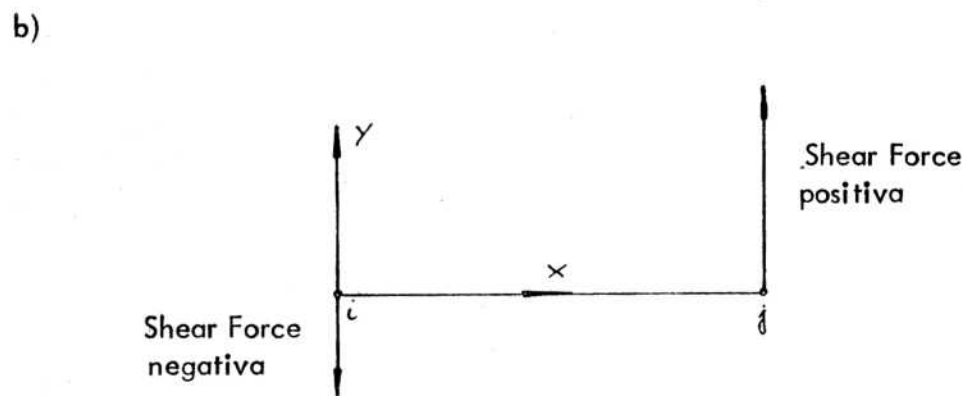
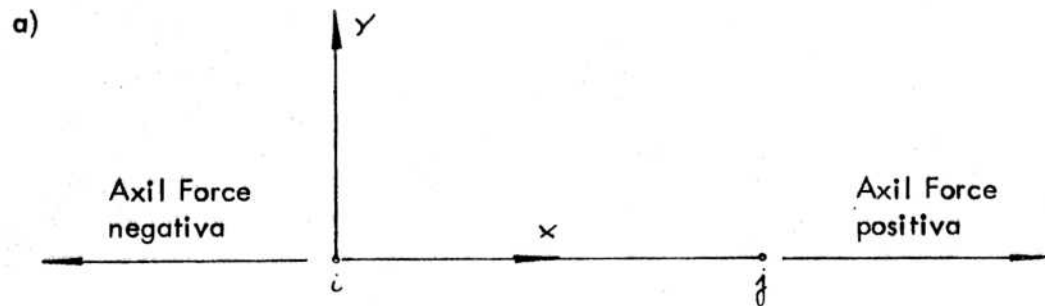
A los efectos de facilitar la solución e interpretación de los resultados, es necesario adjudicar signo a las fuerzas y pares actuantes extremo de pieza.

El STRESS adopta la siguiente convención :

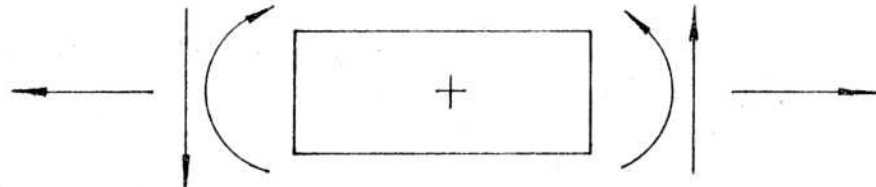
Esfuerzo axial - AXIL FORCE. - Será positivo si la dirección de la fuerza coincide con la dirección del eje x local de la barra (figura a).

Esfuerzo de corte - SHEAR FORCE - Será positivo si la dirección de la fuerza coincide con la dirección del eje y de la barra (figura b).

Par de fuerzas - MOMENT Z - Será positivo si su sentido de giro coincide con el sentido del ángulo que es necesario girar al semieje positivo x para que coincida con el semieje positivo y. (figura c).



El trazado de los diagramas de esfuerzos característicos es función de la convención de signos adoptada.



El momento flexor se considera positivo, si en la sección en cuestión la viga se encorva con la parte cóncava hacia abajo, de esta manera las fibras de la viga situadas en la parte cóncava están comprimidas y las situadas en la parte convexa traccionadas.

De acuerdo con la convención adoptada es inmediato que para cada sección que se considere el esfuerzo de corte viene dado directamente por la resultante derecha en magnitud y signo.

El signo del esfuerzo normal resulta de si la componente axial de la resultante considerada comprime o tracciona la sección.

En el primer caso el esfuerzo normal será negativo y en el segundo, positivo.

El trazado de diagramas de características se realizó llevando hacia abajo las ordenadas positivas y hacia arriba las negativas.

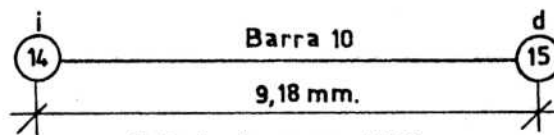
Finalmente el análisis se continúa para todas las secciones comprendidas entre los dos extremos según sea el sistema de cargas que actúan en la barra.

De esta manera se completa la determinación de los esfuerzos característicos para secciones intermedias.

El lenguaje STRESS da (en la solución) los esfuerzos y los momentos en los nudos.

Cuando se necesita conocer dichos valores en todos los puntos de las barras, o en algunos de ellos, se dispone de una instrucción adicional. Esta instrucción no forma parte en realidad del STRESS, sino de una subrutina del mismo. Por lo tanto sólo puede emplearse en una computadora que tenga incorporada dicha subrutina. El mismo se hace solicitando el número de secciones intermedias que se desean — hasta un máximo de 20. Dado que las secciones son múltiplo de la longitud de la pieza, puede ocurrir como en nuestro caso, que las secciones de máximos valores no correspondan con las secciones que el programa tabula, este hecho se agudiza cuando las cargas en el tramo son concentradas, por esta razón se optó por efectuarlo manualmente obteniéndose una mayor exactitud en los resultados.

A continuación se detalla la forma operativa empleada para el análisis de cada una de las barras.



Estado de cargas N° 2

Solicitaciones extremo de pieza						Cargas aplicadas en la barra			
Extremo izquierdo			Extremo derecho			X	Px	Y	Py
Hi	Vi	Mi	Hd	Vd	Md	0	0	0	0
-9,908	-0,215	-0,36	9,908	0,215	-1,62				

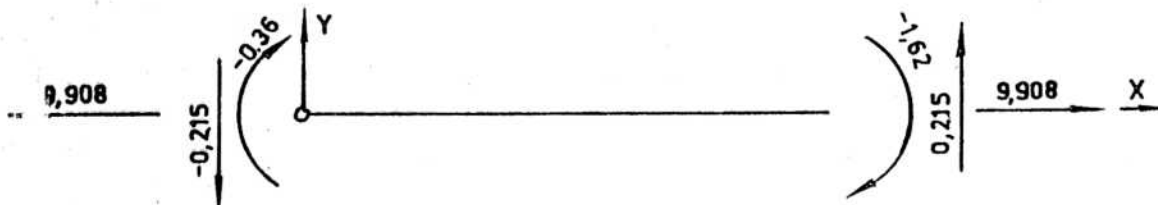
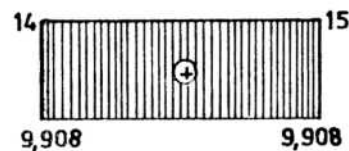
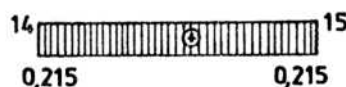
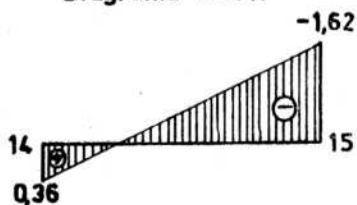
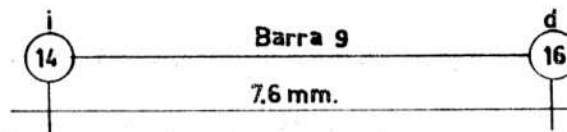


Diagrama de: Mf

Esfuerzo de corte

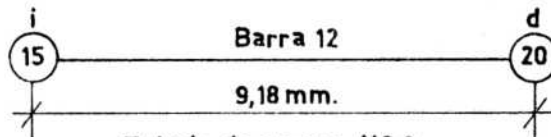
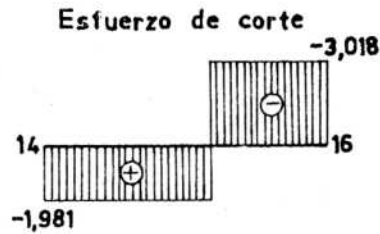
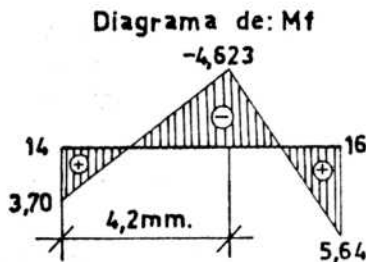
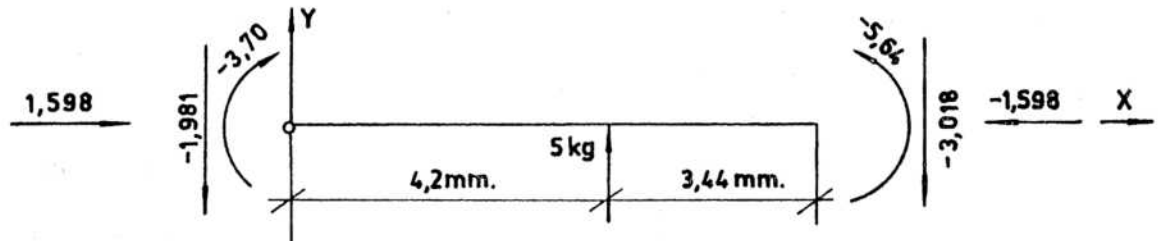
Esfuerzo axil





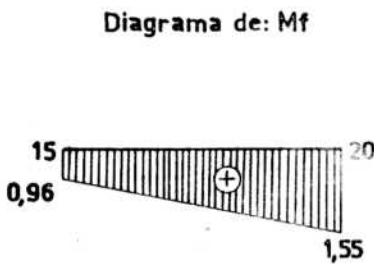
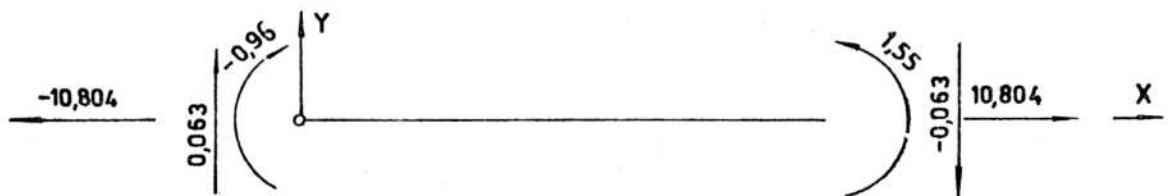
Estado de cargas N° 2

Solicitaciones extremo de pieza						Cargas aplicadas en la barra			
Extremo izquierdo			Extremo derecho			X	Px	Y	Py
Hi	Vi	Mi	Hd	Vd	Md	4,2mm.	0	0	5 kg
1,598	-1,981	-3,70	-1,598	-3,018	5,64				



Estado de cargas N° 2

Solicitaciones extremo de pieza						Cargas aplicadas en la barra			
Extremo izquierdo			Extremo derecho			X	Px	Y	Py
Hi	Vi	Mi	Hd	Vd	Md	0	0	0	0
-10,804	0,063	-0,96	10,804	-0,063	1,55				



Procediendo en forma similar se construyeron diagramas análogos para todas las barras comprendidas dentro del tercio simétrico de la estructura, los diagramas de esfuerzos de corte fig. 4, momentos flexores fig. 5, y esfuerzos normales fig. 6, permiten obtener de inmediato y para cualquier sección, el valor del esfuerzo característico correspondiente.

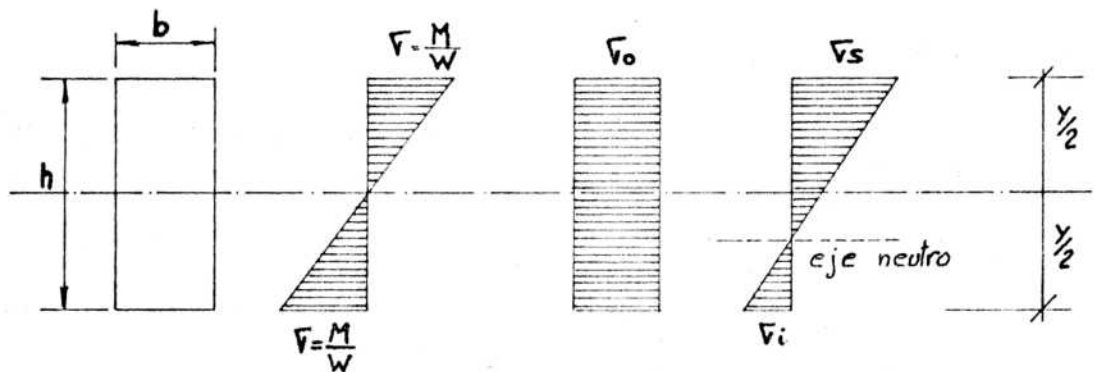
Basta para ello trazar en la sección considerada, una recta en la dirección para la cual ha sido trazado el diagrama. El segmento definido por esta, entre el eje de referencia y el diagrama propiamente dicho, leído en la escala correspondiente da el valor de la característica buscada en magnitud y signo, por cuanto los diagramas se orientan conforme con las convenciones adoptadas.

Permiten por otra parte, formarse una composición de lugar sobre la forma en que varían de sección a sección los esfuerzos característicos, y en cuales de ellas alcanzan sus valores máximos, mínimos y nulos.

ANÁLISIS DE LAS TENSIONES

Como resultado de la resolución del sistema hiperestático, y del estudio realizado para cada una de las barras, se determinó la distribución de las fuerzas interiores en cualquier sección de la barra, que incluyen el esfuerzo axial, el esfuerzo de corte, y el momento flexor.

Asumimos el comportamiento elástico lineal del material, las tensiones normales se calculan, por la superposición de las tensiones debidas a flexión simple y esfuerzo axial, analizamos una sección rectangular de ancho b y altura h .



Las tensiones normales, originadas por el esfuerzo axial N son, según se puede ver en la figura de análisis, iguales en todos los puntos de la sección transversal y se obtienen por la fórmula :

$$V_o = \frac{N}{F} = \frac{N}{bh}$$

Las tensiones normales debidas al momento flexor se calculan por la fórmula -

$$V = \pm \frac{M}{W} = \pm \frac{M}{\frac{bh^2}{6}}$$

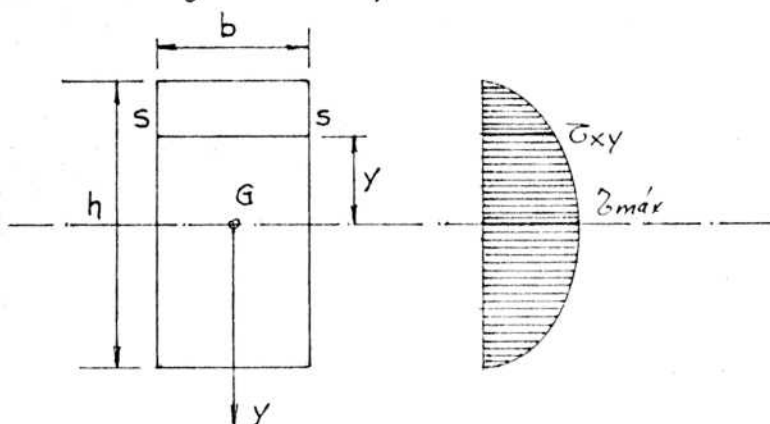
La tensión normal total es un diagrama lineal, que se obtiene como la suma de los diagramas lineales de los estados simples de flexión y esfuerzo axial.

Las tensiones en la fibra superior $\bar{\sigma}_s$, y en la fibra inferior $\bar{\sigma}_i$ son respectivamente

$$\bar{\sigma}_s = \bar{\sigma}_0 + \bar{\sigma}_z = \frac{N}{b \cdot h} + \frac{M}{\frac{b \cdot h^2}{6}}$$

$$\bar{\sigma}_i = \bar{\sigma}_0 - \bar{\sigma}_z = \frac{N}{b \cdot h} - \frac{M}{\frac{b \cdot h^2}{6}}$$

Las tensiones tangenciales originadas por el esfuerzo de corte, se determinan con la fórmula de Collignon Jouravsky.



Para el caso de una sección rectangular de ancho b y altura h , sujeta a la acción de un esfuerzo de corte Q (acompañado de flexión), y analizando la traza longitudinal $s-s$ distante y del eje neutro, las tensiones rasantes longitudinales pueden suponerse constantes, en todo el ancho b de la sección.

De acuerdo con el teorema de Cauchy, en el plano de la sección y a lo largo de la recta $s-s$, las tensiones tangenciales resultan normales a esta y uniformemente distribuidas a lo largo de la misma, pero variando en altura en función

de 'y' . La expresión de la tensión tangencial es :

$$\tau_{xy} = \frac{Q S_n^{(y)}}{b J_n}$$

Donde :

Q = Valor del esfuerzo de corte a lo largo de la sección.

$S_n^{(y)}$ = Momento estático de la sección que está por encima de la fibra con
siderada.

b : Ancho de la sección (en la fibra considerada).

J_n : Momento de inercia de toda la sección respecto del eje neutro.

Para la sección rectangular tenemos lo siguiente :

$$S_n^{(y)} = \frac{b}{2} \left(\frac{h}{2} - y \right) \left(\frac{h}{2} + y \right) = \frac{b}{2} \left(\frac{h^2}{4} - y^2 \right)$$

$$J_n = \frac{b h^3}{12}$$

Valores que reemplazados en la expresión de T_{xy} , conducen luego de algunas transformaciones a :

$$\tau_{xy} = \frac{3}{2} \frac{Q}{b \cdot h} \left[1 - \left(\frac{2y}{h} \right)^2 \right] \quad \text{para } 0 < y \leq \frac{h}{2}$$

$$\tau_{xy} = \frac{3}{2} \frac{Q}{b \cdot h} \left[1 + \left(\frac{2y}{h} \right)^2 \right] \quad \text{para } -\frac{h}{2} < y < 0$$

La variación de T_{xy} sobre la altura de la sección responde a una ley parabólica de segundo grado.

Para $y = \pm \frac{1}{2}h$, en los bordes superior e inferior de la sección $T_{xy} = 0$

Para $y = 0$, en correspondencia con las fibras ubicadas en el eje neutro,

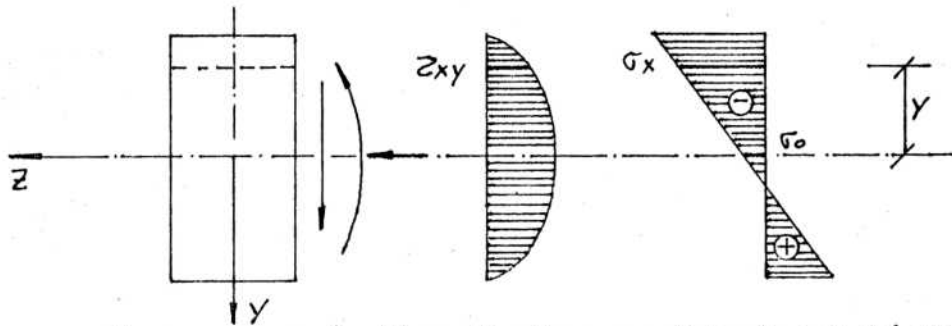
T_{xy} adquiere su máximo valor

$$T_{\text{máx}} = \frac{3}{2} \frac{Q}{bh}$$

DETERMINACION DE LAS TENSIONES PRINCIPALES

Del análisis de las tensiones normales y tangenciales, se observa que los valores máximos, no se producen simultáneamente en el mismo punto.

La determinación de los puntos sometidos a mayor tensión no es inmediata, es necesario calcular las tensiones principales en diversos puntos de la sección, en función de los valores de σ_x y τ_{xy} obtenidos.



En la figura se observa, que en las fibras situadas a una distancia 'y' del eje neutro, actúa una tensión normal σ_x y una tangencial T_{xy} , que para los sentidos de MN y Q indicados tendrán los signos que aparecen en los respectivos diagramas.

Dichos valores serán constantes para todas las fibras situadas en un mismo nivel 'y'. Si consideramos que $\sigma_y = 0$ podemos admitir que estamos en presencia de un estado tensional plano, para cuyo caso la expresión que determina las tensiones principales es :

$$\sigma_{I,II} = -\frac{\sigma_x}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_{xy}^2}$$

De la discusión anterior se obtuvo que τ es máximo para $y = 0$ anulándose - para $y = \pm \frac{h}{2}$, mientras que σ se hace máxima para $y = \pm \frac{h}{2}$, y un valor intermedio σ_0 para $y = 0$.

Mediante la expresión (A), se calcularon los valores de las tensiones principales máximas y mínimas, σ_1 y σ_{11} , para los siguientes valores de y

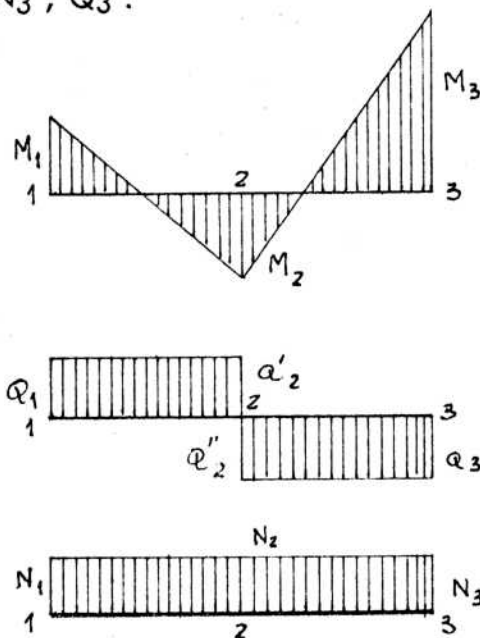
$$y = \frac{h}{2} \longrightarrow \sigma = \sigma_s \longrightarrow z = 0$$

$$y = 0 \longrightarrow \sigma = \sigma_o \longrightarrow z = z_{\text{máx}}$$

$$y = -\frac{h}{2} \longrightarrow \sigma = \sigma_i \longrightarrow z = 0$$

Las secciones a estudiar se determinaron para cada caso, teniendo presente la sollicitación de la barra.

Para las barras en que el diagrama de momentos flexores presenta quiebres (producido por una carga concentrada en el tramo), se analizaron respectivamente, la sección uno con M_1 , N_1 , Q_1 , la sección dos con M_2 , N_2 , Q_2 (siendo el valor de Q_2 adoptado el que resulta de comparar $|Q'_2| \geq |Q''_2|$), y la sección tres con M_3 , N_3 , Q_3 .



Para las barras sin cargas concentradas en el tramo, se analizaron las secciones extremo de pieza.

De manera análoga se procedió para cada una de las barras de la estructura.

Los cálculos se realizaron con una microcomputadora COMPUCORP 325 de programación directa. El programa correspondiente se muestra en el anexo B.

A continuación se encuentran tabulados los resultados obtenidos para las tensiones

σ_o , σ_s , σ_i , ϵ , σ_I y σ_{II} .

* * * *

Nº de Barra	Especie	N	Q	M	σ_0	σ_s	σ_i	σ_{max}	σ_I	σ_{II}
9	i	-1,598	1,996	3,70	-0,1426	-0,2842	-0,0010	0,2673	-0,3480	0,2053
9	c	-1,598	-3,004	-4,68	-0,1426	0,0364	-0,3217	-0,4023	-0,4799	0,3372
9	d	-1,598	-3,004	5,64	-0,1426	-0,3584	0,0731	-0,4023	-0,4799	0,3372
10	i	9,908	0,215	0,36	0,8846	0,8708	0,8984	0,0287	0,8986	-0,0002
10	d	9,908	0,215	-1,62	0,8846	0,9466	0,8226	0,0287	-0,0040	0,9506
11	i	-1,295	-1,877	-2,59	-0,1156	-0,0165	-0,2147	-0,2514	-0,3158	0,2001
11	c	-1,295	3,123	5,29	-0,1156	-0,3180	0,0868	0,4183	-0,4800	0,3644
11	d	-1,295	3,123	-5,46	-0,1156	0,0933	-0,3246	0,4183	-0,4800	0,3644
12	i	10,804	-0,063	0,96	0,9646	0,9279	1,0014	-0,0084	1,0027	-0,0013
12	d	10,804	-0,063	1,55	0,9646	0,9053	1,0239	-0,0084	1,0274	-0,0034
13	i	-0,946	1,949	2,84	-0,0844	-0,1931	0,0242	0,2610	-0,3066	0,2221
13	c	-0,946	-3,050	-5,3	-0,0844	0,1183	-0,2872	-0,4084	-0,4528	0,3684
13	d	-0,946	-3,050	5,13	-0,0844	-0,2807	0,1118	-0,4084	-0,4528	0,3684
14	i	9,665	-0,128	-1,28	0,8629	0,9119	0,8139	-0,0171	-0,0026	0,9145
14	d	9,665	-0,128	-0,10	0,8629	0,8667	0,8591	-0,0171	-0,0000	0,8667
15	i	-0,377	-1,848	-3,08	-0,0337	0,0842	-0,1515	-0,2475	-0,2649	0,2312
15	c	-0,377	3,152	4,68	-0,0337	-0,2127	0,1454	0,4221	-0,4393	0,4056
15	d	-0,377	3,152	-6,18	-0,0337	0,2028	-0,2701	0,4221	-0,4393	0,4056
16	i	11,014	0,391	2,98	0,9834	0,8694	1,0974	0,0524	1,0910	-0,0117
16	d	11,014	0,391	0,62	0,9834	0,9597	1,0071	0,0524	1,0077	-0,0006
17	i	-1,754	1,679	1,34	-0,1566	-0,2079	-0,1053	0,2249	-0,3164	0,1598
17	c	-1,754	-3,320	-5,71	-0,1566	0,0619	-0,3751	-0,4446	0,1004	-0,4755
17	d	-1,754	-3,320	5,69	-0,1566	-0,3743	0,0611	-0,4446	-0,5298	0,3732
18	i	10,498	-0,123	-1,96	0,9873	1,0123	0,8623	-0,0165	-0,0055	1,0178
18	d	10,498	-0,123	-0,82	0,9373	0,9687	0,9059	-0,0165	-0,0010	0,9697
19	i	-1,150	-1,495	-1,36	-0,1027	-0,0506	-0,1547	-0,2002	-0,2580	0,1554
19	c	-1,150	3,504	4,91	-0,1027	-0,2906	0,0852	0,4693	-0,5234	0,4207
19	d	-1,150	3,504	-7,13	-0,1027	0,1702	-0,3755	0,4693	-0,5234	0,4207
20	i	11,166	-0,002	0,53	0,9970	0,9767	1,0172	-0,0003	1,0176	-0,0004
20	d	11,166	-0,002	0,55	0,9970	0,9759	1,0180	-0,0003	1,0184	-0,0004
21	i	-1,140	1,493	1,36	-0,1018	-0,1538	-0,0497	0,2000	-0,1698	0,0160

./.

Nº de barra	Sección	N	Q	M	σ_o	σ_s	σ_i	$\mathcal{Z}_{max}$	ϵ_i	ϵ_{II}
21	c	-1,140	-3,506	-4,91	-0,1018	0,861	-0,2897	-0,4696	-0,5232	0,4214
21	d	-1,140	-3,506	7,14	-0,1018	-0,3750	0,1714	-0,4696	-0,5232	0,4214
22	i	10,494	-0,126	-0,81	0,9369	0,9679	0,9059	-0,0168	-0,0009	0,9689
22	d	10,494	-0,126	-1,97	0,9369	1,0123	0,8615	-0,0168	-0,0055	1,0179
23	i	-1,761	-1,681	-1,34	-0,1572	-0,1059	-0,2085	-0,2251	-0,3170	0,1598
23	c	-1,761	3,318	5,72	-0,1572	-0,3761	0,0616	0,4443	-0,5298	0,3726
23	d	-1,761	3,318	-5,68	-0,1572	0,0601	-0,3745	0,4443	-0,5298	0,3726
24	i	11,007	-0,396	-0,63	0,9827	1,0068	0,9586	-0,0530	-0,0005	1,0074
24	d	11,007	-0,396	3,01	0,9827	0,8675	1,0979	-0,0530	1,1098	-0,0119
25	i	-0,638	1,855	3,11	-0,0569	-0,1759	0,0620	0,2484	-0,2785	0,2215
25	c	-0,638	-3,144	-4,68	-0,0569	0,1221	-0,2360	-0,4210	-0,4505	0,3935
25	d	-0,638	-3,144	6,16	-0,0569	-0,2926	0,1787	-0,4210	-0,4505	0,3935
26	i	9,649	0,125	-0,09	0,8615	0,8650	0,8581	0,0167	-0,0001	0,8650
26	d	9,649	0,125	-1,25	0,8615	0,9093	0,8137	0,0167	-0,0025	0,9119
27	i	-0,924	-1,953	-2,87	-0,0825	0,0273	-0,1923	-0,2616	-0,3060	0,2235
27	c	-0,924	3,047	5,33	-0,0825	-0,2865	0,1215	0,4081	-0,4514	0,3689
27	d	-0,924	3,047	-5,13	-0,0825	0,1138	-0,2788	0,4079	-0,4513	0,3688
28	i	10,802	0,075	1,61	0,9645	0,9029	1,0261	0,0100	1,0298	-0,0037
28	d	10,802	0,075	0,91	0,9645	0,9296	0,9993	0,0100	1,0005	-0,0012
29	i	-1,34	1,875	2,56	-0,1196	-0,2176	-0,0217	0,2511	-0,3180	0,1983
29	c	-1,34	-3,124	-5,31	-0,1196	0,0835	-0,3228	-0,4184	-0,4825	0,3628
29	d	-1,34	-3,124	3,124	-0,1196	-0,2392	-0,0001	-0,4184	-0,4825	0,3628
30	i	9,917	-0,218	-1,64	0,8854	0,9482	0,8227	-0,0292	-0,0041	0,9523
30	d	9,917	-0,218	0,36	0,8854	0,8717	0,8992	-0,0292	0,8994	-0,0002
31	i	-1,583	-1,986	-3,66	-0,1413	-0,0013	-0,2814	-0,2660	-0,3459	0,2045
31	c	-1,583	3,013	4,68	-0,1413	-0,3204	0,0377	0,4035	-0,4803	0,3390
31	d	-1,583	3,013	-5,68	-0,1413	0,0760	-0,3586	0,4035	-0,4803	0,3390
7	i	-1,610	-1,977	-3,70	-0,1437	-0,0022	-0,2853	-0,2648	-0,3462	0,2025
7	c	-1,610	3,002	4,60	-0,1437	-0,3198	0,0323	0,4021	-0,4803	0,3366
7	d	-1,610	3,002	-5,65	-0,1437	0,0724	-0,3600	0,4021	-0,4803	0,3366
33	i	-1,623	2,004	3,73	-0,1449	-0,2876	-0,0022	0,2684	-0,3505	0,2055

/.

Nº de barra	Sección	N	Q	M	G ₀	G _s	G _i	Z _{max}	G _i	G _{II}
33	c	-1,623	-2,995	-4,68	-0,1449	0,0342	-0,3240	-0,4011	-0,4801	0,3352
33	d	-1,623	-2,995	5,61	-0,1449	-0,3596	0,0698	-0,4011	-0,4800	0,3352
77	i	1,376	0,085	-0,17	0,1229	0,1294	0,1164	0,0114	-0,0003	0,1297
77	d	1,376	0,085	-0,92	0,1229	0,1581	0,0876	0,0114	-0,0075	0,1655
80	i	1,375	-0,087	0,18	0,1227	0,1158	0,1296	-0,0116	0,1300	-0,0003
80	d	1,375	-0,087	0,94	0,1227	0,0867	0,1587	-0,0116	0,1665	-0,0077
84	i	2,679	-0,265	-1,05	0,2391	0,2793	0,1990	-0,0354	-0,0056	0,2850
84	d	2,679	-0,265	1,26	0,2391	0,1909	0,2874	-0,0354	0,2952	-0,0078
88	i	1,799	-0,217	-1,43	0,1606	0,2153	0,1059	-0,0290	-0,0131	0,2284
88	d	1,799	-0,217	0,46	0,1606	0,1430	0,1782	-0,0290	0,1799	-0,0017
91	i	1,800	0,225	1,46	0,1607	0,1048	0,2165	0,0301	0,2301	-0,0135
91	d	1,800	0,225	-0,50	0,1607	0,1798	0,1415	0,0301	-0,0020	0,1818
95	i	2,697	0,260	1,02	0,2408	0,2017	0,2798	0,0348	0,2851	-0,0053
95	d	2,697	0,260	-1,24	0,2408	0,2882	0,1933	0,0348	-0,0076	0,2958
99	i	1,379	0,073	-0,23	0,1231	0,1319	0,1143	0,0097	-0,0005	0,1325
99	d	1,379	0,073	-0,87	0,1231	0,1564	0,0898	0,0097	-0,0067	0,1632
102	i	1,372	-0,097	0,13	0,1225	0,1175	0,1274	-0,0129	0,1276	-0,0001
102	d	1,372	-0,097	-0,99	0,1225	0,1603	0,0846	-0,0129	-0,0084	0,1688
78	i	5,759	-1,355	-3,78	0,5142	0,6588	0,3696	-0,1815	-0,0304	0,6892
78	d	5,759	-1,355	5,11	0,5142	0,3187	0,7097	-0,1815	0,7600	-0,0503
79	i	5,771	1,355	5,15	0,5153	0,3182	0,7123	0,1815	0,7632	-0,0509
79	d	5,771	1,355	-3,76	0,5153	0,6591	0,3714	0,1815	-0,0300	0,6892
81	i	5,520	0,707	-2,81	0,4929	0,6004	0,3853	0,0947	-0,0187	0,6191
81	d	5,520	0,707	-5,14	0,4929	0,6895	0,2962	0,0947	-0,0522	0,7417
82	i	5,659	-3,792	-5,14	0,5053	0,7020	0,3086	-0,5079	-0,3146	0,8196
82	d	5,659	-3,792	7,33	0,5053	0,2248	0,7858	-0,5079	0,8756	-0,0898
83	i	5,667	1,945	+7,33	0,5059	0,2254	0,7864	0,2604	0,8762	-0,0897
83	d	5,667	1,945	-5,47	0,5059	0,7152	0,2966	0,2604	-0,0567	0,7720
85	i	5,528	-1,596	-3,25	0,4935	0,6179	0,3692	-0,2137	-0,0240	0,6420
85	d	5,528	-1,596	7,23	0,4935	0,2169	0,7702	-0,2137	0,8593	-0,0890
86	i	5,479	4,115	7,23	0,4892	0,2125	0,7659	0,5511	0,8553	-0,0895

./.

Nº de barra	Sección	N	Q	M	G _o	G _s	G _i	Z _{max}	G _I	G _{II}
86	d	5,479	4,115	-6,36	0,4892	0,7326	0,2458	0,5511	-0,3584	0,8476
87	i	5,308	-0,404	-6,36	0,4739	0,7173	0,2306	-0,0541	-0,0748	0,7921
87	d	5,308	-0,404	-5,03	0,4739	0,6664	0,2815	-0,0541	-0,0516	0,7180
89	i	5,254	-1,528	-4,56	0,4691	0,6435	0,2946	-0,02046	-0,0442	0,6878
89	d	5,254	-1,528	5,48	0,4691	0,2594	0,6788	-0,02046	0,7383	-0,0595
90	i	5,257	1,525	5,49	0,4693	0,2592	0,6794	0,2042	0,7391	-0,0597
90	d	5,257	1,525	-5,257	0,4693	0,6705	0,2682	0,2042	-0,0557	0,7262
92	i	5,319	0,402	-5,04	0,4749	0,6677	0,2820	0,0538	-0,0516	0,7194
92	d	5,319	0,402	-6,36	0,4749	0,7182	0,2315	0,0538	-0,0746	0,7929
93	i	5,489	-4,117	-6,36	0,4900	0,7334	0,2467	-0,5513	-0,3583	0,8484
93	d	5,489	-4,117	7,24	0,4900	0,2130	0,7671	-0,5513	0,8567	-0,0895
94	i	5,539	1,596	7,24	0,4945	0,2175	0,7715	0,2137	0,8607	-0,0891
94	d	5,539	1,596	-3,25	0,4945	0,6189	0,3701	0,2137	-0,0240	0,6429
96	i	5,678	-1,935	-5,39	0,5069	0,7132	0,3007	-0,2591	-0,0553	0,7685
96	d	5,678	-1,935	7,34	0,5069	0,2260	0,7878	-0,2591	0,8777	-0,0898
97	i	5,668	3,803	7,34	0,5060	0,2252	0,7869	0,5093	0,8768	-0,0898
97	d	5,668	3,803	-5,17	0,5060	0,7039	0,3082	0,5093	-0,3156	0,8217
98	i	5,528	-0,695	-5,17	0,4935	0,6914	0,2957	-0,0930	-0,0526	0,7440
98	d	5,528	-0,695	-2,88	0,4935	0,6037	0,3833	-0,0930	-0,0194	0,6232
100	i	5,764	-1,347	-3,76	0,5146	0,6585	0,3707	-0,1804	-0,0300	0,6885
100	d	5,764	-1,347	5,11	0,5146	0,3191	0,7101	-0,1804	0,7604	-0,0502
101	i	5,768	1,362	5,16	0,5150	0,3175	0,7124	0,1824	0,7635	-0,0510
101	d	5,768	1,362	-3,78	0,5150	0,6596	0,3703	0,1824	-0,0303	0,6899
141	i	-3,315	-0,007	-0,04	-0,2959	-0,2944	-0,2975	-0,0009	0,0000	-0,2975
141	d	-5,903	-0,007	0,07	-0,5270	-0,5297	-0,5243	-0,0009	-0,5297	0,0000
143	i	-1,836	-0,154	-0,95	-0,1639	-0,1275	-0,2002	-0,0206	0,0063	-0,2066
143	d	-4,424	-0,0154	1,27	-0,3950	-0,4435	-0,3464	-0,0206	-0,4488	0,0052
145	i	-2,885	-0,002	-0,01	-0,2575	-0,2572	-0,2579	-0,0002	-0,0000	-0,2599
145	d	-5,473	-0,002	0,02	-0,4886	-0,4894	-0,4878	-0,0002	-0,4894	0,0001
147	i	1,809	0,149	0,90	0,1615	0,1270	0,1959	0,0199	0,2018	-0,0058
147	d	4,397	0,149	-1,23	0,3925	0,4396	0,3455	0,0199	-0,049	0,4446

./.

Nº de barra	Sección	N	Q	M	$\overline{Q_0}$	$\overline{Q_s}$	$\overline{Q_i}$	$\overline{Z_{max}}$	$\overline{Q_i}$	$\overline{Q_{II}}$
149	i	3,316	-0,009	-0,05	0,2960	0,2979	0,2941	-0,0012	-0,0001	0,2979
149	d	5,904	-0,009	0,07	0,5271	0,5244	0,5798	-0,0012	0,5298	-0,00001
140	i	-1,225	-0,127	-0,46	-0,1093	-0,0917	-0,1269	-0,0170	0,023	-0,1293
140	d	-1,225	-0,127	1,07	-0,1093	-0,1503	-0,0684	-0,0170	-0,1607	0,0104
142	i	-1,245	0,145	1,15	-0,1111	-0,1551	-0,0671	0,0194	-0,1745	0,0194
142	d	-1,245	0,145	-0,61	-0,1111	-0,0878	-0,1345	0,0194	0,0039	-0,1384
144	i	-1,594	0,185	0,84	-0,1423	-0,1744	-0,1101	0,0247	-0,1801	0,0057
144	d	-1,594	0,185	-1,41	-0,1423	-0,0883	-0,1962	0,0247	0,0138	-0,2101
146	i	-1,598	-0,180	-1,38	-0,1426	-0,0898	-0,1954	-0,0241	0,0133	-0,2088
146	d	-1,598	-0,180	0,80	-0,1426	-0,1732	-0,1120	-0,0241	-0,1785	0,052
148	i	-1,231	-0,127	-0,46	-0,1099	-0,0923	-0,1275	-0,0170	0,0023	-0,1298
148	d	-1,231	-0,127	1,07	-0,1099	-0,1508	-0,0689	-0,0170	-0,1612	0,0103
150	i	-1,239	-0,146	1,15	-0,1106	-0,1546	-0,0666	-0,0195	-0,1662	0,0116
150	d	-1,239	-0,146	-0,61	-0,1106	-0,0872	-0,1339	-0,0195	0,0039	-0,1379
165	i	3,652	0,098	-0,18	0,3260	0,3329	0,3191	0,0131	-0,0001	0,3331
165	d	3,652	0,098	-1,57	0,3260	0,3861	0,2659	0,0131	-0,0091	0,3952
167	i	-3,614	-0,126	0,126	-0,3226	-0,3275	-0,3178	-0,0168	-0,3275	0,0001
167	d	-3,614	-0,126	1,82	-0,3226	-0,3923	-0,2530	-0,0168	-0,4043	0,0119
164	i	-2,255	2,475	3,68	-0,2013	-0,3421	-0,0605	0,3314	-0,4470	0,2457
164	c	-2,255	-2,525	-8,1	-0,2013	0,1086	-0,5112	-0,3381	0,1461	-0,6574
164	d	-2,255	-2,525	3,57	-0,2013	-0,3379	-0,0647	-0,3381	-0,4535	0,2521
166	i	-0,683	-0,004	2,0	-0,0609	-0,1375	0,0155	-0,0005	-0,1716	0,0341
166	d	-0,683	-0,004	2,03	-0,0609	-0,1386	0,0166	-0,0005	-0,1734	0,0347
168	i	-2,254	2,473	3,86	-0,2012	-0,3489	-0,0535	0,3312	-0,4467	0,2455
168	c	-2,254	-2,526	-8,2	-0,2012	0,1125	-0,5150	-0,3383	0,1484	-0,6634
168	d	-2,254	-2,526	3,58	-0,2012	0,3382	-0,0642	-0,3383	-0,4535	0,2523

6. - ANÁLISIS DE DEFORMACIONES Y DESPLAZAMIENTOS

Cuando una estructura está bajo la acción de fuerzas, los elementos componentes de la misma sufren deformaciones, o sea pequeños cambios en su forma y, - como consecuencia, puntos dentro de la estructura se desplazarán hacia nuevas posiciones.

El cálculo de estos desplazamientos es una parte esencial del análisis estructural, y constituye una de las partes más importantes del STRESS, a partir de ellos puede dibujarse la elástica de deformación y tenerse así una idea acerca de la corrección de los cálculos.

En el Anexo A, como salida de resultados del Stress, se especifican las deformaciones que son los desplazamientos de los nudos libres, y las rotaciones, que representan el ángulo de rotación de la tangente a la curva elástica en los nudos.

En la figura 7 se ha dibujado la elástica de deformación, a partir de cada nudo se llevó el vector desplazamiento en una escala adecuada, una vez representados dichos puntos se los unió con líneas de trazos en forma rectilínea, debido a los bajos valores de las rotaciones de los nudos, y a la laboriosidad del dibujo de la curva elástica mediante el trazado de las tangentes.

Del análisis del diagrama donde se representan los desplazamientos de los nudos se observa, que la zona de máxima deformación corresponde a la corona exterior y más precisamente en los nudos 29 y 34 equidistante de los apoyos, debido a que los desplazamientos de los mismos son la resultante de los efectos acumulados de las deformaciones de todos los elementos.

Estos resultados se corresponden con la zona donde se producen las máximas sollicitaciones y por consiguiente las máximas tensiones.

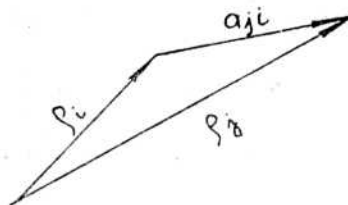
Así mismo se puede ver la simetría de las deformaciones, en correspondencia con la simetría de las cargas que solicitan a la estructura. Siendo la parte analizada igual a un tercio del conjunto, el eje de simetría de las deformaciones está ubicado en el centro de esta zona coincidente con el eje global X.

DIAGRAMA POLAR DE DESPLAZAMIENTO DE LOS NODOS :

Es posible también, trazar el diagrama polar de desplazamiento de los nodos, similar al que usualmente se obtiene por un diagrama de Williot Mohr para reticulados.

La salida de resultados del Stress especifica los desplazamientos X_i ; Y_i , de un punto genérico i referidos a la terna global X_G ; Y_G (JOINT DISPLACEMENT). El valor del radio vector ρ_i viene dado por la expresión $\rho_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$ siendo el ángulo θ que forma con el eje x $\theta = \arctg \frac{y_i}{x_i}$

Llevando a partir de un punto cualquiera y en una escala adecuada el par de valores obtenidos, se representó el diagrama polar de desplazamientos de los nodos fig. 8. Mediante esta representación es posible conocer los corrimientos relativos experimentados por los nodos, trazando a partir de un punto vectores equivalentes a los corrimientos de los puntos ρ_i y ρ_j , la composición vectorial a_{ji} determina el desplazamiento relativo del nudo j respecto del nudo i .



7. -EVALUACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Antes de encauzar el cálculo por el camino de un modelo matemático complicado, resulta con frecuencia necesario un estudio profundo para determinar en el sistema, de manera correcta, la importancia de los diversos factores.

La capacidad de penetrar en el fenómeno permite encontrar las hipótesis mas apropiadas y llevar el cálculo a resultados numéricos definitivos.

Dada la imposibilidad de considerar todos los factores que hacen al comportamiento de un sistema estructural en condiciones reales, el proceso de análisis requiere la consideración de un conjunto de hipótesis simplificativas aproximadas, que permiten la resolución práctica del problema.

En las estructuras complicadas como la presente, existen diversas causas de error, que alteran de modo desconocido el comportamiento teórico supuesto en el cálculo. Efectivamente, se estudia un esquema sencillo y bien definido de una realidad muy complicada, y no bien conocida, la cual corresponde de modo mas o menos imperfecto al esquema adoptado.

A continuación se detallan las principales de estas causas :

- a) La estructura se analizó como formada por elementos prismáticos, es decir, barras de eje recto, y una sección transversal constante en toda su longitud.

Las dimensiones de los apoyos no son pequeñas en comparación con las dimensiones totales de las barras, es necesario evaluar la contribución que cada apoyo introduce en la rigidez total de la barra.

- b) Las tensiones principales halladas son válidas solamente para secciones próximas a los nudos, en los mismos se produce, como consecuencia de la interacción de las barras concurrentes un estado localizado triaxial de tensiones.

- c) Las fuerzas que actúan sobre el elemento de superficie del apoyo, pueden producir tensiones superficiales de contacto del mismo orden de magnitud que las tensiones introducidas por las solicitaciones, la alteración que esta distribución de cargas introduce en los valores hallados pueden ser localmente importantes.
- d) La hipótesis de carga analizada, considera en todos los puntos de contacto, - patín de la vaina apoyo del separador, una carga concentrada de módulo unitario. Mediante el análisis de las hipótesis de cargas correspondientes a los estados de carga (Loadings en el Anexo A) 3, 5, 7, 9, 11 y 13, se deberá evaluar el comportamiento de la estructura, cuando se introducen modificaciones en las hipótesis de carga propuesta, y determinar si los efectos que estas alteraciones producen, se distribuyen sobre la estructura a través de las barras vecinas, o inciden localmente en la zona cercana a la perturbación.
- e) El análisis de las hipótesis de cargas consideradas, no determinan por completo el comportamiento real de la estructura.

Las hipótesis correspondientes a los Loadings 3, 5, 7, 9, 11 y 13, representan solamente algunos de los estados de cargas posibles, que resultan de considerar el efecto que una barra produce, cuando gira de su posición inicial. Simultáneamente a las hipótesis propuestas, se pueden obtener otras que difieran, ya sea en el número de barras que giran, ya sea variando el orden en que están colocadas en el conjunto.

El conocimiento obtenido del estudio de las hipótesis propuestas, y la acumulación de datos experimentales, permitirán determinar de todas las combinaciones posibles, el número de casos más desfavorables a estudiar.

- f) Los valores teóricos hallados, se deben verificar experimentalmente mediante un ensayo de rotura, que permita comprobar el modelo matemático adoptado con el comportamiento real de la estructura.

Todas estas causas deben ser evaluadas, y contempladas en el esquema de cálculo que permita llevar el problema a resultados numéricos definitivos.

Los resultados obtenidos permiten comprobar la potencialidad del Stress, cuando se quiere saber, cual es el régimen estático de la estructura, si su comportamiento correspondiese al del esquema teórico adoptado.

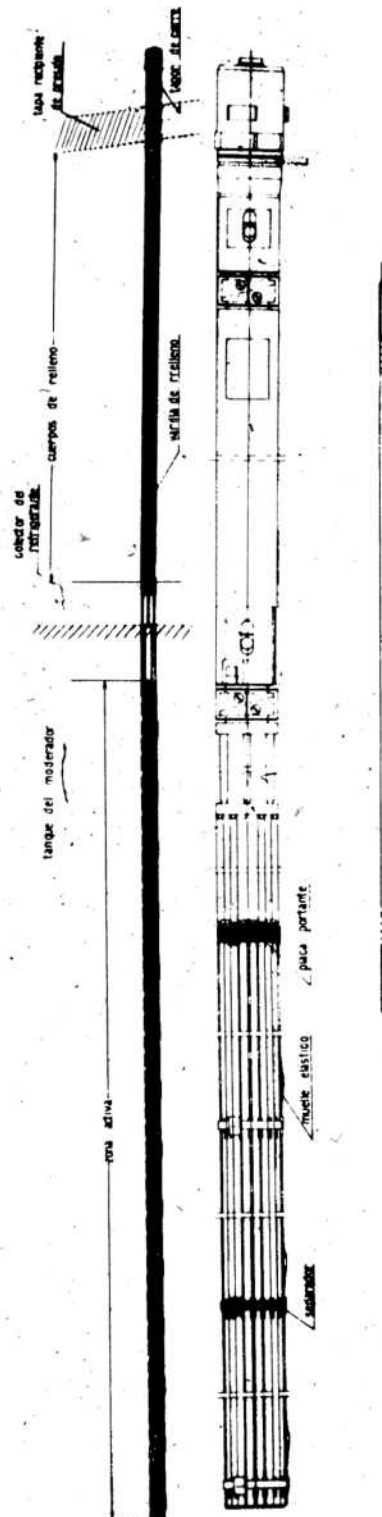


Fig. 1

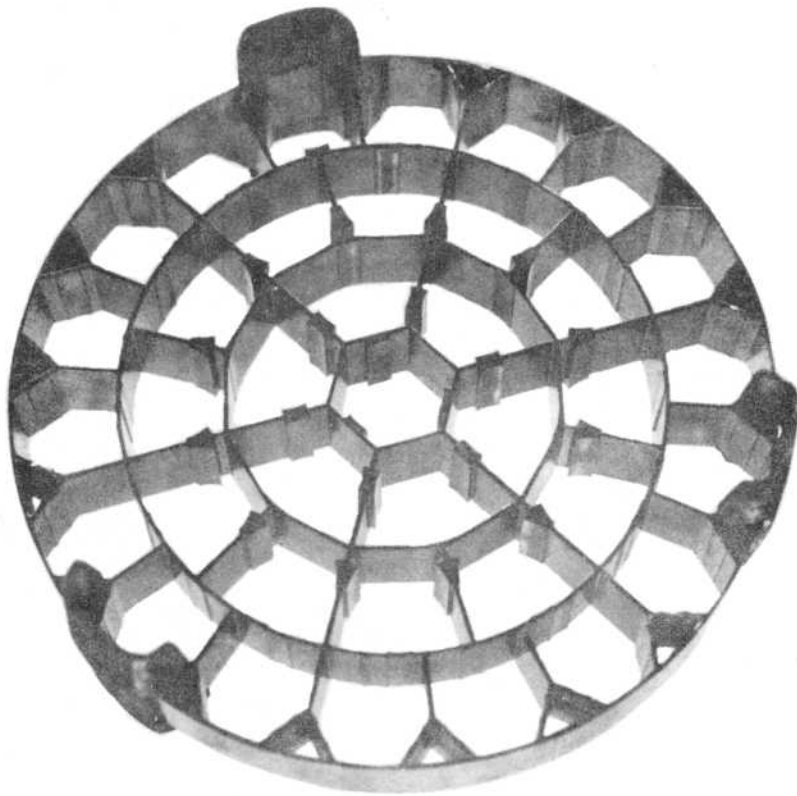


Fig. 2

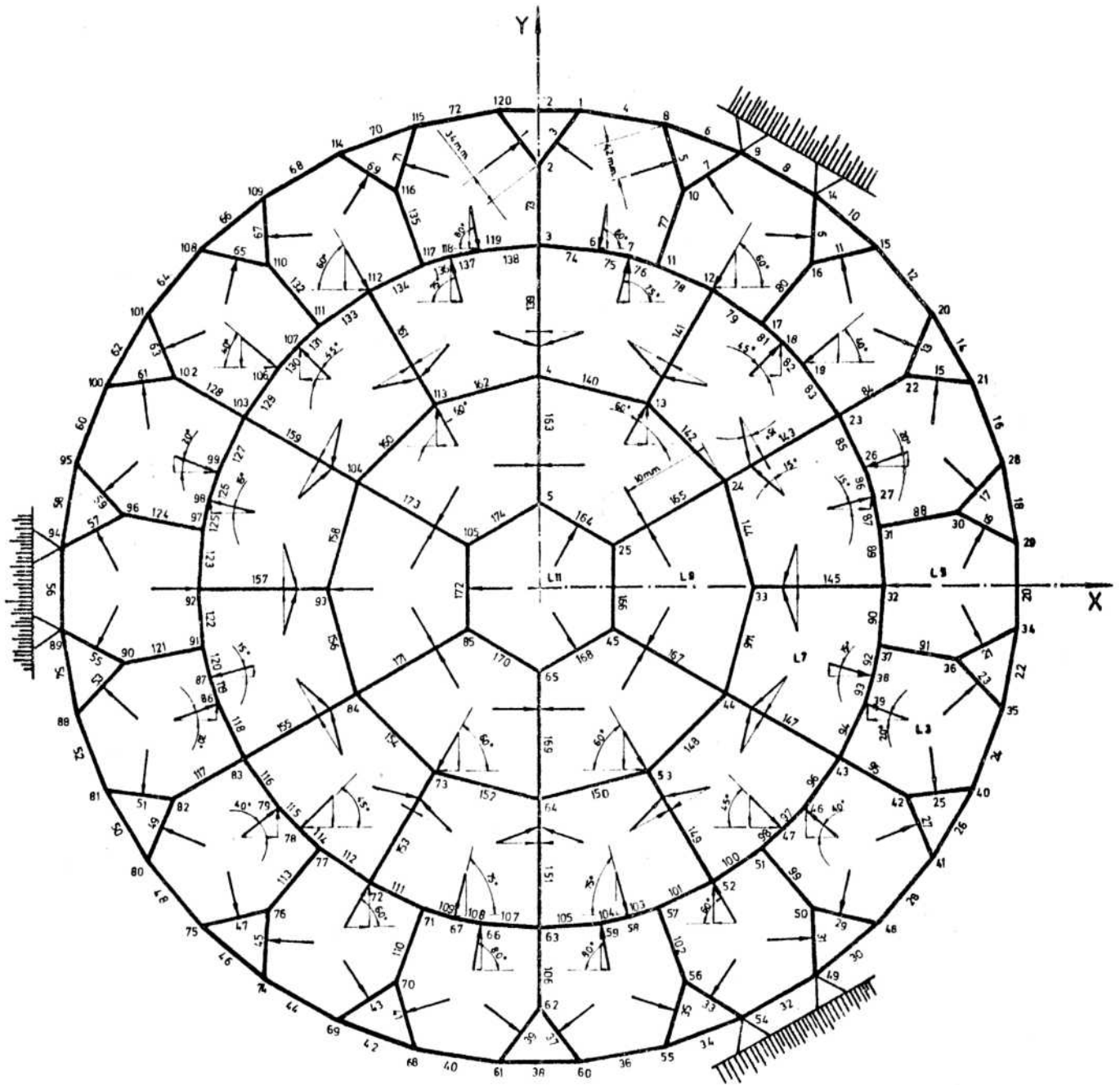


FIG. 3

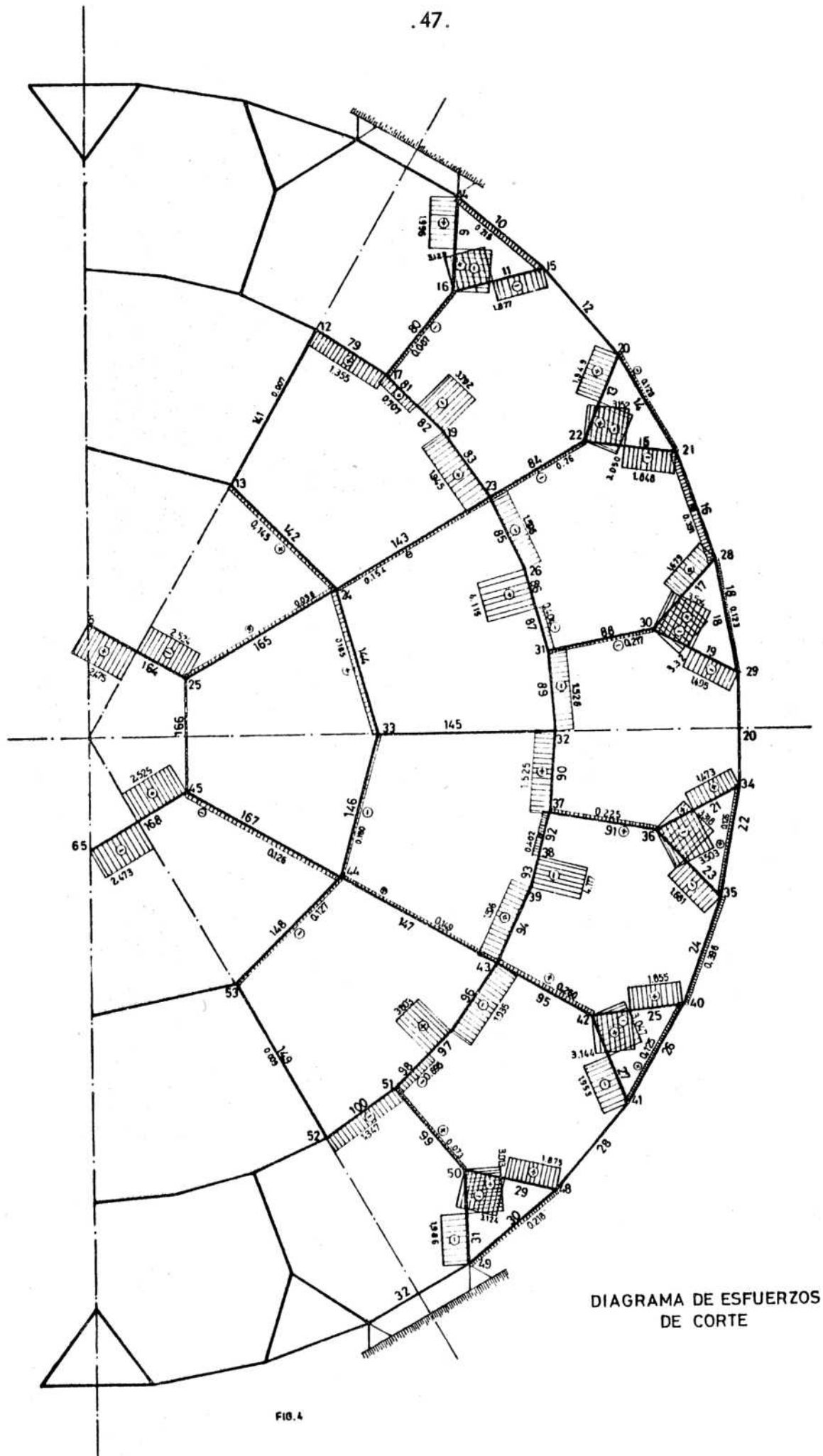


FIG. 4

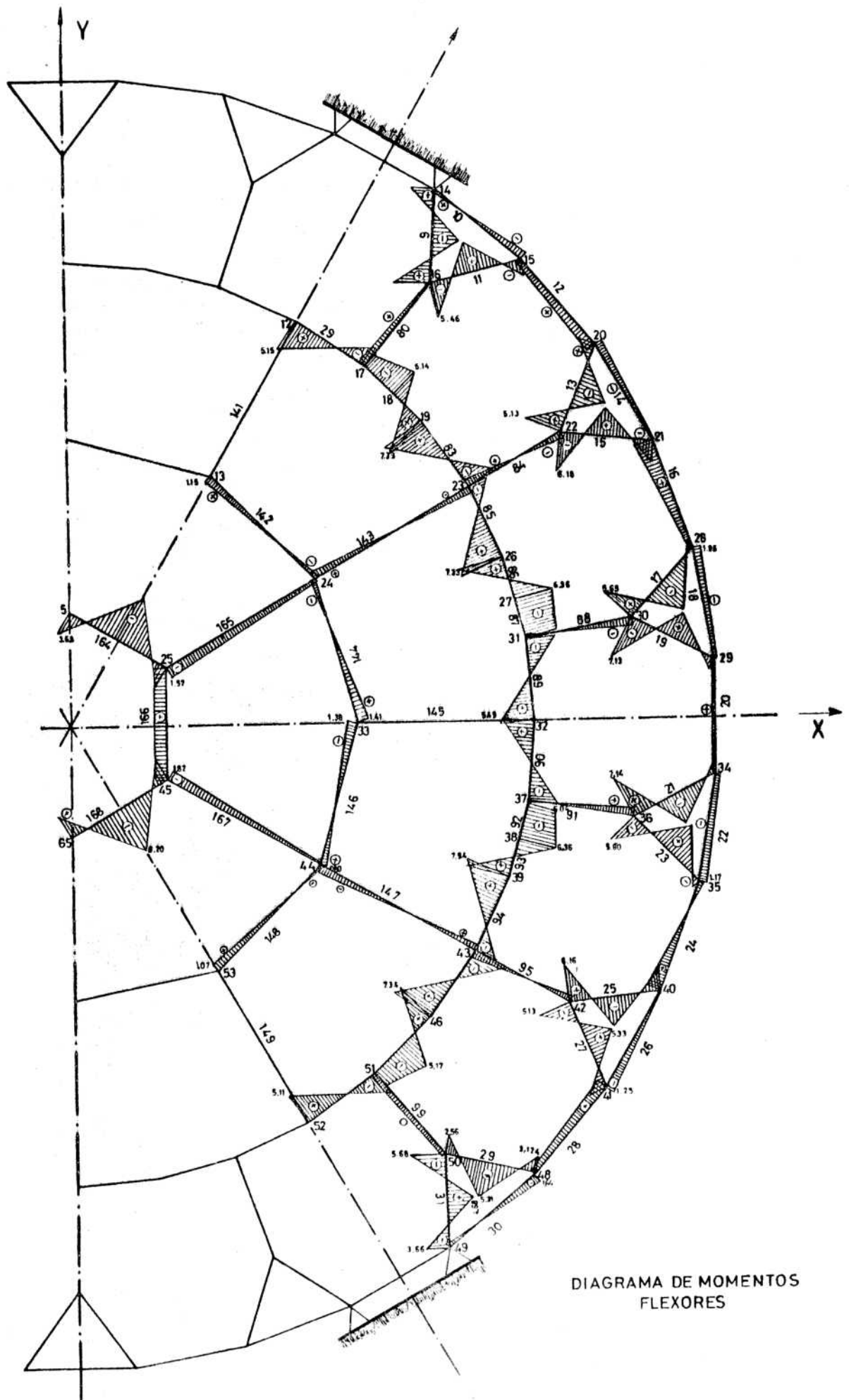


FIG. 5

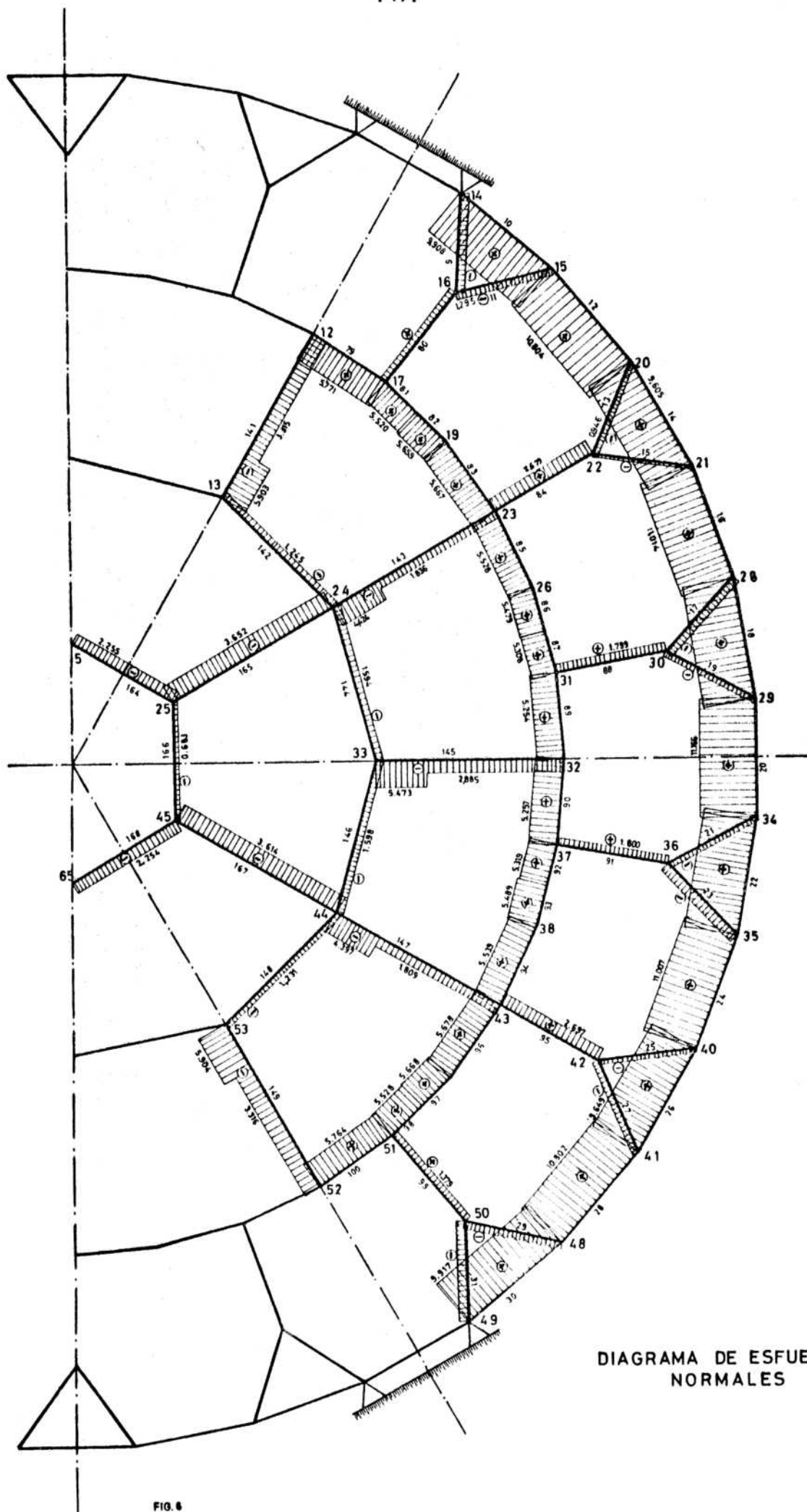


DIAGRAMA DE ESFUERZOS
NORMALES

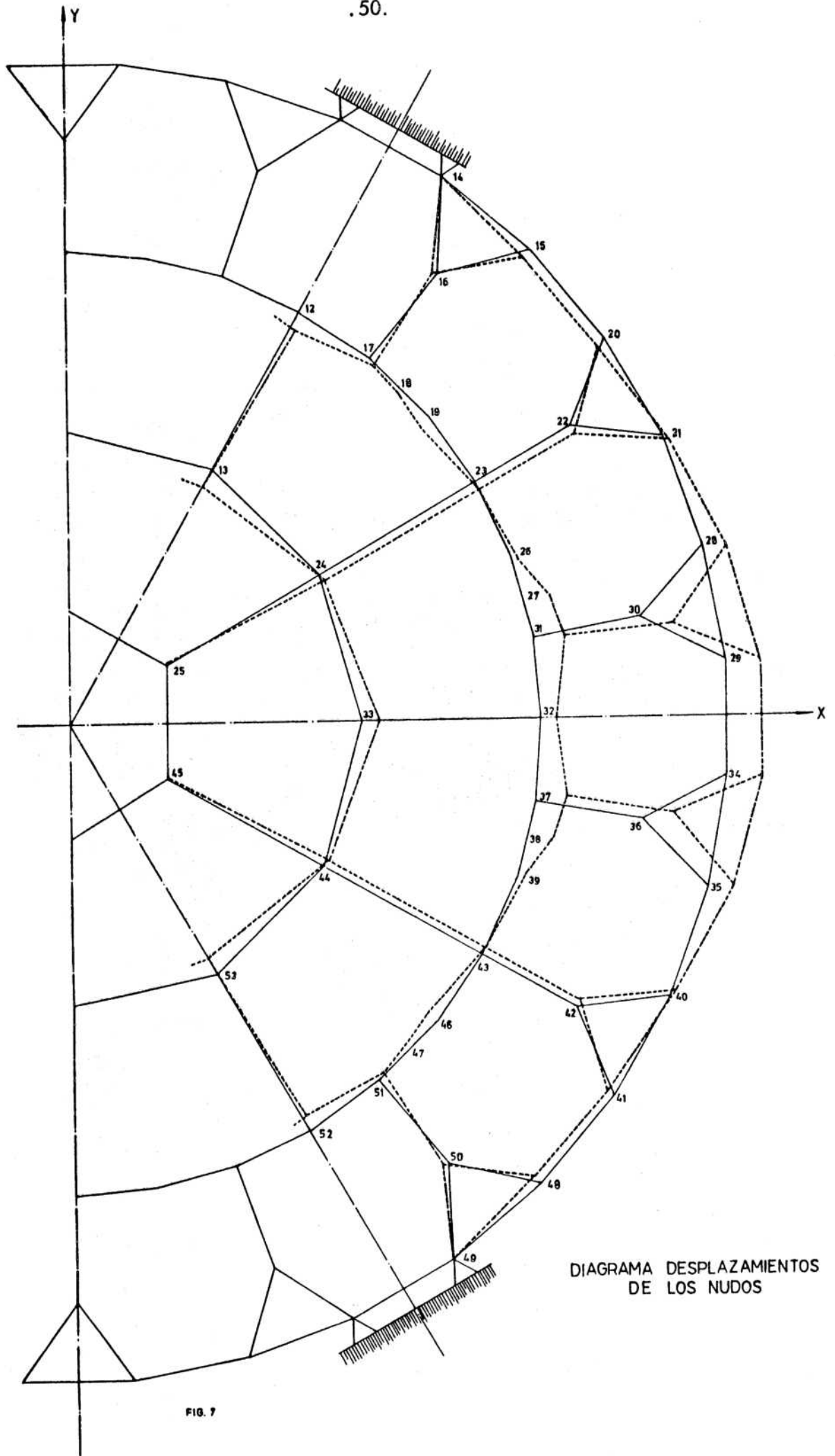
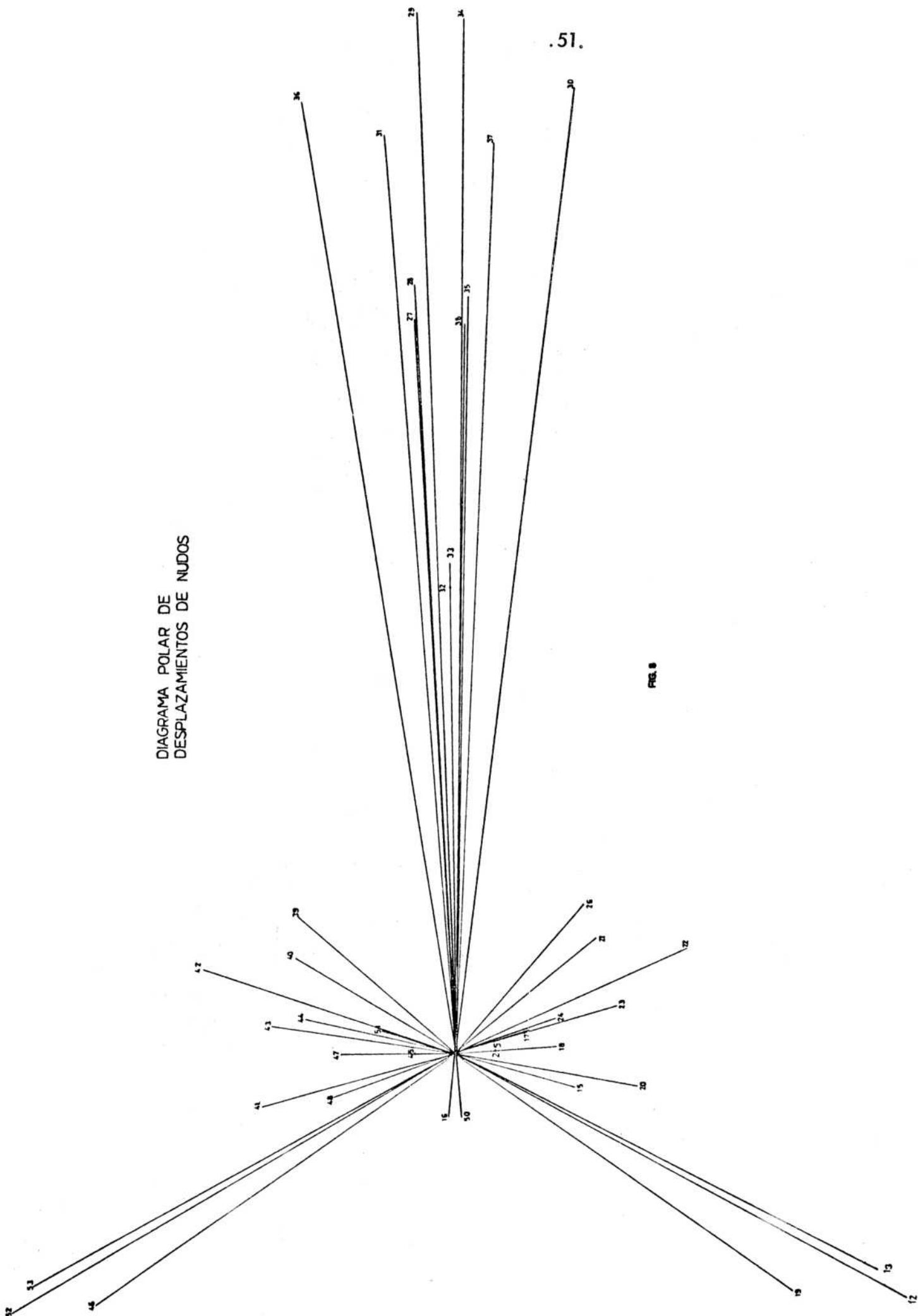


FIG. 7

DIAGRAMA DESPLAZAMIENTOS
DE LOS NUDOS

DIAGRAMA POLAR DE
DESPLAZAMIENTOS DE NUDOS



STRESS PLOT STRUCTURE SEPARADOR C-N-A-360

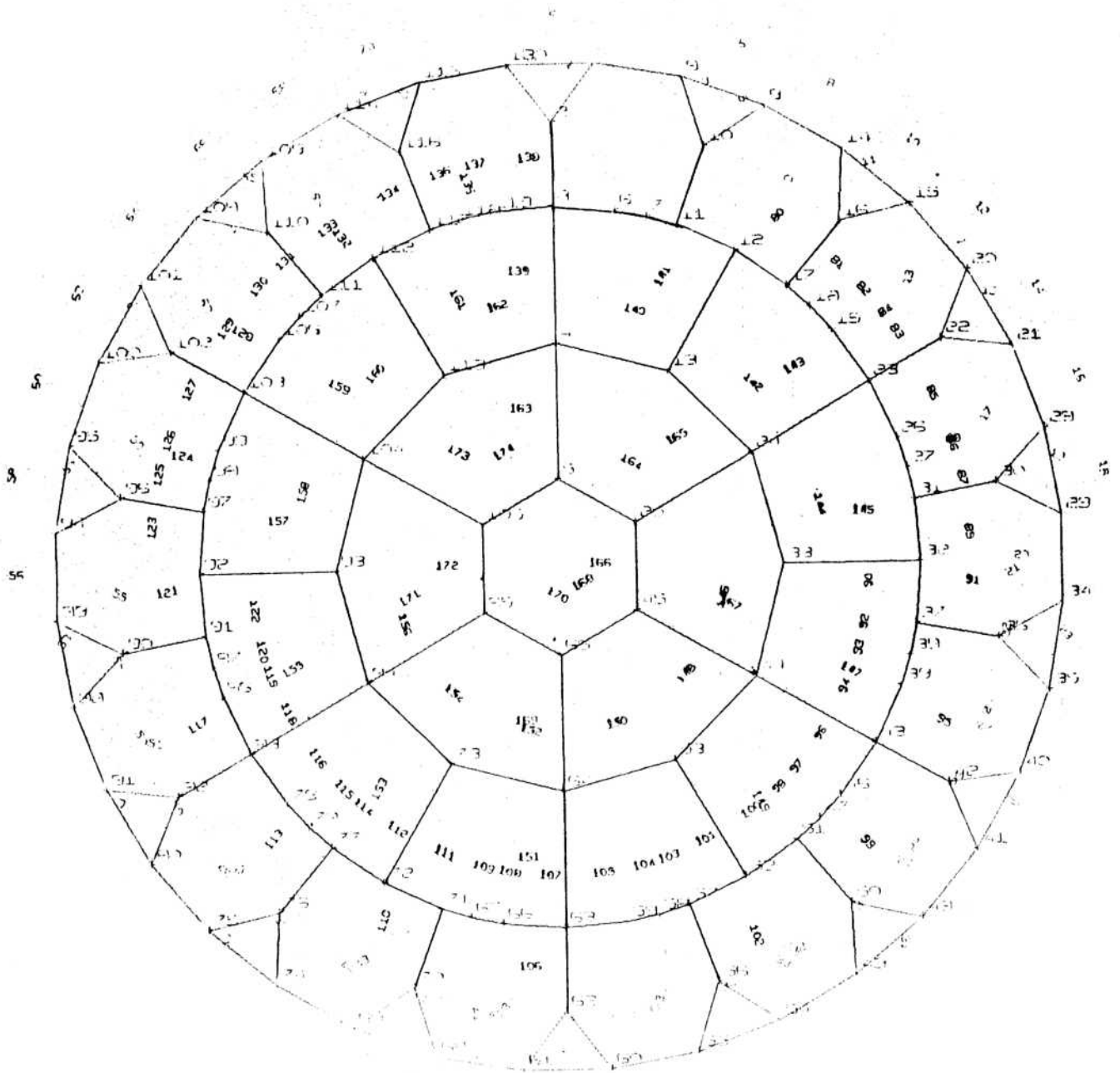


FIG. 9

8. - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- R. CIRIMELLO : Diseño de Combustibles Nucleares (Dpto. Comb. Nucleares, CNA)
(1970).
- R. CIRIMELLO : Elementos Combustibles para la Central Nuclear de Atucha CNA/
21, CNA (1974) .
- J. A. CASARIO - D. SANTINELLI : Informe Interno nº 13/75/D-DM, División Pro-
totipos, CNEA, (Octubre 1975).
- E. D. FLIESS : Estabilidad Segundo Curso, Kapeluz, Bs. As. (1974).
- J. M. GERE y W. WEAVER : Análisis de estructuras Recticulares, Compañía Edito-
rial Continental, México (1976).
- MOSHE F. RUBINSTEIN : Strutural Systems-Statics, Dynamics and Stability, Prenti-
ce-Hall, Inc. New Jersey (1970).
- MOSHE F. RUBINSTEIN : Matrix Computer Analysis of Structures, Prentice Hall, -
Inc. New Jersey. (1966).

ANEXO A

Solida del programa Stress

*

021173

COMPUTACION
Y CALCULOSTRUCTURE SEPARADOR C.M.A.360
TYPE PLANE FRAME

NUMBER OF JOINTS 120

NUMBER OF MEMBERS 174

NUMBER OF SUPPORTS 6

NUMBER OF LOADINGS 13

* LONGITUDES EN MILIMETROS Y CARGAS EN KG
JOINT COOR

1	4.59	52.59	
2	0.	46.5	
3	0.	37.75	
4	0.	23.40	
5	0.	9.2	
6	6.55	37.17	
7	9.76	36.46	
8	13.66	50.99	
9	22.31	47.85	S
10	15.93	43.69	
11	12.91	35.46	
12	18.87	32.69	
13	11.71	20.26	
14	30.28	43.24	S
15	37.33	37.33	
16	29.88	35.61	
17	24.26	28.81	
18	26.69	26.69	
19	28.91	24.26	
20	43.24	30.28	
21	47.85	22.31	
22	40.26	22.25	
23	32.69	18.87	
24	20.26	11.70	
25	7.96	4.60	
26	35.46	12.91	
27	36.46	9.76	
28	50.99	13.66	
29	52.59	4.59	
30	45.79	8.07	
31	37.17	6.55	
32	37.75	0.	
33	23.40	0.	
34	52.59	-4.59	
35	50.99	-13.66	
36	45.79	-8.07	
37	37.17	-6.55	
38	36.46	-9.76	
39	35.46	-12.91	
40	47.85	-22.31	
41	43.24	-30.28	
42	40.26	-22.25	
43	32.69	-18.87	
44	20.26	-11.70	
45	7.96	-4.60	
46	28.91	-24.26	
47	26.69	-26.69	
48	37.33	-37.33	
49	30.28	-43.24	S
50	29.88	-35.61	
51	24.26	-28.81	
52	18.87	-32.69	
53	11.71	-20.26	
54	22.31	-47.85	S
55	13.66	-50.99	
56	15.93	-43.69	
57	12.91	-35.46	
58	9.76	-36.46	

021174

COMPUTACION
Y CALCULO

59	6.55	-37.17	
60	4.59	-52.59	
61	-4.59	-52.59	
62	0.	-46.50	
63	0.	-37.75	
64	0.	-23.40	
65	0.	-9.7	
66	-6.55	-37.17	
67	-9.76	-36.46	
68	-13.66	-50.99	
69	-22.31	-47.85	
70	-15.90	-43.69	
71	-12.91	-35.46	
72	-18.87	-32.69	
73	-11.71	-20.26	
74	-30.28	-43.24	
75	-37.33	-37.33	
76	-29.88	-35.61	
77	-24.26	-28.91	
78	-26.69	-26.69	
79	-28.91	-24.26	
80	-43.24	-30.28	
81	-47.85	-22.31	
82	-40.26	-23.25	
83	-32.69	-18.87	
84	-20.26	-11.70	
85	-7.96	-4.60	
86	-35.46	-12.91	
87	-36.46	-9.76	
88	-50.99	-13.66	
89	-52.59	-4.59	S
90	-45.79	-8.07	
91	-37.17	-6.55	
92	-37.75	0.	
93	-23.40	0.	
94	-52.59	4.59	S
95	-50.99	13.66	
96	-45.79	8.07	
97	-37.17	6.55	
98	-36.46	9.76	
99	-35.46	12.91	
100	-47.85	22.31	
101	-43.24	30.28	
102	-40.26	23.25	
103	-32.69	18.87	
104	-20.26	11.70	
105	-7.96	4.60	
106	-28.91	24.26	
107	-26.69	26.69	
108	-37.33	37.33	
109	-30.28	43.24	
110	-29.88	35.61	
111	-24.26	28.91	
112	-18.87	32.69	
113	-11.71	20.26	
114	-22.31	47.85	
115	-13.66	50.99	
116	-15.90	43.69	
117	-12.91	35.46	
118	-9.76	36.46	
119	-6.55	37.17	
120	-4.59	52.59	
MEMBER	INCIDENCES		
1	2	120	
2	1	120	
3	1	2	
4	1	8	

021175



COMPUTACION
Y CALCULO

5	8	10
6	8	9
7	9	10
8	9	14
9	14	16
10	14	15
11	15	16
12	15	20
13	20	22
14	20	21
15	21	22
16	21	28
17	28	30
18	28	29
19	29	30
20	29	34
21	34	36
22	34	35
23	35	36
24	35	40
25	40	42
26	40	41
27	41	42
28	41	48
29	48	50
30	48	49
31	49	50
32	49	54
33	54	56
34	54	55
35	55	56
36	55	60
37	60	62
38	60	61
39	61	62
40	61	68
41	68	70
42	68	69
43	69	70
44	69	74
45	74	76
46	74	75
47	75	76
48	75	80
49	80	82
50	80	81
51	81	82
52	81	88
53	88	90
54	88	89
55	89	90
56	89	94
57	94	96
58	94	95
59	95	96
60	95	100
61	100	102
62	100	101
63	101	102
64	101	108
65	108	110
66	108	109
67	109	110
68	109	114
69	114	116
70	114	115
71	115	116

021176



72	115	120
73	2	3
74	3	6
75	6	7
76	7	11
77	10	11
78	11	12
79	12	17
80	16	17
81	17	18
82	19	19
83	19	23
84	22	23
85	23	26
86	26	27
87	27	31
88	30	31
89	31	32
90	32	37
91	36	37
92	37	38
93	38	39
94	39	43
95	42	43
96	43	46
97	46	47
98	47	51
99	50	51
100	51	52
101	52	57
102	56	57
103	57	58
104	58	59
105	59	63
106	62	63
107	63	66
108	66	67
109	67	71
110	70	71
111	71	72
112	72	77
113	76	77
114	77	78
115	78	79
116	79	83
117	82	83
118	83	86
119	86	87
120	87	91
121	90	91
122	91	92
123	92	97
124	96	97
125	97	98
126	98	99
127	99	103
128	102	103
129	103	106
130	106	107
131	107	111
132	110	111
133	111	112
134	112	117
135	116	117
136	117	118
137	118	119
138	3	119

021177

COMPUTACION
Y CALCULO

139	3	4
140	4	13
141	12	13
142	13	24
143	23	24
144	24	33
145	32	33
146	33	44
147	43	44
148	44	53
149	52	53
150	53	64
151	63	64
152	64	73
153	72	73
154	73	84
155	83	84
156	84	93
157	92	93
158	93	104
159	103	104
160	104	113
161	112	113
162	4	113
163	4	5
164	5	25
165	24	25
166	25	45
167	44	45
168	45	65
169	64	65
170	65	85
171	84	85
172	85	105
173	104	105
174	5	105

MEMBER PROPERTIES PRISMATIC AX 11.2 AY 8.96 IZ 0.5973

1 THRU 174

CONSTANT E 10000. ALL

LOADING 1 EST. DE CARGAS UNIT. EN TODOS LOS PUNTOS DE CONT. BARRA-SEPARADOR
TABULATE ALL

JOINT LOADS

*CARGAS UNITARIAS EN LOS NUDOS. ESTADO DE CARGAS SIMETRICO

*SEGUNDO POLIGONO

13	FORCE X	0.5	FORCE Y	0.8660
33	FORCE X	1.	FORCE Y	0.
53	FORCE X	0.5	FORCE Y	-0.8660
73	FORCE X	-0.5	FORCE Y	-0.8660
93	FORCE X	-1.	FORCE Y	0.
113	FORCE X	-0.5	FORCE Y	0.8660

*TERCER POLIGONO

7	FORCE X	0.2588	FORCE Y	0.9659
18	FORCE X	0.7071	FORCE Y	0.7071
27	FORCE X	0.9659	FORCE Y	0.2588
38	FORCE X	0.9659	FORCE Y	-0.2588
47	FORCE X	0.7071	FORCE Y	-0.7071
58	FORCE X	0.2588	FORCE Y	-0.9659
67	FORCE X	-0.2588	FORCE Y	-0.9659
78	FORCE X	-0.7071	FORCE Y	-0.7071
87	FORCE X	-0.9659	FORCE Y	-0.2588
98	FORCE X	-0.9659	FORCE Y	0.2588
107	FORCE X	-0.7071	FORCE Y	0.7071
118	FORCE X	-0.2588	FORCE Y	0.9659

*CUARTO POLIGONO

6	FORCE X	-0.1736	FORCE Y	-0.9848
12	FORCE X	-0.5	FORCE Y	-0.8660
19	FORCE X	-0.7660	FORCE Y	-0.6427



```

26 FORCE X -0.9397 FORCE Y -0.3420
32 FORCE X -1.    FORCE Y 0.
39 FORCE X -0.9397 FORCE Y 0.3420
46 FORCE X -0.7660 FORCE Y 0.6427
52 FORCE X -0.5    FORCE Y 0.8660
59 FORCE X -0.1736 FORCE Y 0.9848
66 FORCE X 0.1736  FORCE Y 0.9848
72 FORCE X 0.5     FORCE Y 0.8660
79 FORCE X 0.7660  FORCE Y 0.6427
86 FORCE X 0.9394  FORCE Y 0.3420
92 FORCE X 1.0     FORCE Y 0.
99 FORCE X 0.9394  FORCE Y -0.3420
106 FORCE X 0.7660 FORCE Y -0.6427
112 FORCE X 0.5    FORCE Y -0.8660
119 FORCE X 0.1736 FORCE Y -0.9848

```

*

MEMBER LOADS

*CARGAS UNITARIAS EN LAS BARRA. ESTADO DE CARGAS SIMETRICO

*PRIMER POLIGONO

*

```

164 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.7
168 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.7
172 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.7

```

*

* SEGUNDO POLIGONO NO HAY CARGAS

*ESTADO DE CARGAS SIMETRICO SE ANULAN

*TERCER POLIGONO

*TENEMOS UNICAMENTE COMPONENTE AXIAL SEGUN EJE X DE LA BARRA

*

```

139 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
141 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
143 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
145 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
147 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
149 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
151 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
153 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
155 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
157 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
159 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6
161 FORCE X CONCENTRATED 0.5176 10.6

```

*

*CUARTO POLIGONO

*

```

1 FORCE Y CONCENTRATED -1. 3.4
3 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
5 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
7 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
9 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
11 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
13 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
15 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
17 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
19 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
21 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
23 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
25 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
27 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
29 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
31 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
33 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
35 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
37 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
39 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
41 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2

```



43 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
 45 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
 47 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
 49 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
 51 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
 53 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
 55 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
 57 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
 59 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
 61 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
 63 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
 65 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
 67 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
 69 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2
 71 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2

*

*

LOADING 2 5 VECES LA CARGA UNITARIA DEL ESTADO 1
 COMBINE 1 1. 1 4.
 TABULATE ALL

*

LOADING 3 EST.DE CARGAS DE UNA BARRA L3 DEL CUARTO POLIGONO
 TABULATE ALL
 JOINT LOADS

39 FORCE X -0.9397 FORCE Y 0.3420
 MEMBER LOADS

23 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
 25 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2

LOADING 4 EST.DE CARGAS TOTAL MENOS LA BARRA L3 DEL CUARTO POLIGONO
 COMBINE 1 1. 3 -1.

TABULATE ALL

LOADING 5 EST.DE CARGAS DE LA BARRA L5 DEL CUARTO POLIGONO
 TABULATE ALL
 JOINT LOADS

32 FORCE X -1. FORCE Y 0.
 MEMBER LOADS

19 FORCE Y CONCENTRATED -1. 4.2
 21 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.2

LOADING 6 EST.DE CARGAS TOTAL MENOS LA BARRA L5 DEL CUARTO POLIGONO
 COMBINE 1 1. 5 -1.

TABULATE ALL

LOADING 7 EST.DE CARGAS DE LA BARRA L7 DEL TERCER POLIGONO
 TABULATE ALL
 JOINT LOADS

38 FORCE X 0.9659 FORCE Y 0.2588
 MEMBER LOADS

145 FORCE X CONCENTRATED 0.2588 10.6
 145 FORCE Y CONCENTRATED -0.9652 10.6
 147 FORCE X CONCENTRATED 0.2588 10.6
 147 FORCE Y CONCENTRATED -0.9652 10.6

LOADING 8 EST.DE CARGAS TOTAL MENOS LA BARRA L7 DEL TERCER POLIGONO
 COMBINE 1 1. 7 -1.

TABULATE ALL

LOADING 9 EST.DE CARGAS DE LA BARRA L9 DEL SEGUNDO POLIGONO
 TABULATE ALL
 JOINT LOADS

33 FORCE X 1. FORCE Y 0.
 MEMBER LOADS

165 FORCE Y CONCENTRATED -1. 10.
 167 FORCE Y CONCENTRATED 1. 10.

LOADING 10 EST.DE CARGAS TOTAL MENOS LA BARRA L9 DEL SEGUNDO POLIGONO
 COMBINE 1 1. 9 -1.

TABULATE ALL

LOADING 11 EST.DE CARGAS DE LA BARRA L11 DEL PRIMER POLIGONO
 TABULATE ALL
 MEMBER LOADS

164 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.7

021180



COMPUTACION
Y CALCULO

168 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.7
172 FORCE Y CONCENTRATED 1. 4.7
LOADING 12 EST.DE CARGAS TOTAL MENOS LA BARRA L11 DEL PRIMER POLIGONO
COMBINE 1 1. 11 -1.
TABULATE ALL
LOADING 13 EST.DE CARGAS TOTAL MENOS L3 L5 L7 L9 L11
*
COMBINE 1 1. 3 -1. 5 -1. 7 -1. 9 -1. 11 -1.
TABULATE ALL
SOLVE
PROBLEM CORRECTLY SPECIFIED, EXECUTION TO PROCEED.

021560

COMPUTACION
Y CALCULO

STRUCTURE SEPARADOR C.N.A.360

LOADING 2 5 VECES LA CARGA UNITARIA DEL ESTADO 1

MEMBER FORCES

MEMBER	JOINT	AXIAL FORCE	SHEAR FORCE	MOMENT
1	2	0.364	3.172	6.14
1	120	-0.364	1.827	-3.08
2	1	-9.644	-0.128	-1.26
2	120	9.644	0.128	0.08
3	1	0.945	1.946	2.85
3	2	-0.945	3.053	-5.14
4	1	-10.780	-0.076	-1.59
4	8	10.780	0.076	0.89
5	8	1.295	-1.866	-2.54
5	10	-1.295	-3.133	5.47
6	8	-9.894	0.221	1.65
6	9	9.894	-0.221	0.38
7	9	1.610	1.997	3.70
7	10	-1.610	3.002	-5.65
8	9	0.000	0.000	0.00
8	14	0.000	0.000	0.00
9	14	1.598	-1.996	-3.70
9	16	-1.598	-3.003	5.64
10	14	-9.908	-0.215	-0.36
10	15	9.908	0.215	-1.62
11	15	1.295	1.877	2.59
11	16	-1.295	3.122	-5.46
12	15	-10.804	0.063	-0.96
12	20	10.804	-0.063	1.55
13	20	0.946	-1.949	-2.84
13	22	-0.946	-3.050	5.13
14	20	-9.665	0.128	1.28
14	21	9.665	-0.128	-0.10
15	21	0.377	1.848	3.08
15	22	-0.377	3.151	-6.18
16	21	-11.014	-0.391	-2.98
16	28	11.014	0.391	-0.62
17	28	1.754	-1.679	-1.34
17	30	-1.754	-3.320	5.69
18	28	-10.498	0.123	1.96
18	29	10.498	-0.123	-0.82
19	29	1.150	1.495	1.36
19	30	-1.150	3.504	-7.13
20	29	-11.166	0.002	-0.53
20	34	11.166	-0.002	0.55
21	34	1.140	-1.493	-1.36
21	36	-1.140	-3.506	7.14
22	34	-10.494	-0.126	0.81
22	35	10.494	0.126	-1.97
23	35	1.761	1.681	1.34
23	36	-1.761	3.318	-5.68
24	35	-11.007	0.396	0.63

021561

COMPUTACION
Y CALCULO

24	40	11.007	-0.396	3.01
25	40	0.368	-1.855	-3.11
25	42	-0.368	-3.144	6.16
26	40	-9.649	-0.125	0.09
26	41	9.649	0.125	-1.25
27	41	0.924	1.953	2.87
27	42	-0.924	3.046	-5.13
28	41	-10.802	-0.075	-1.61
28	48	10.802	0.075	0.91
29	48	1.314	-1.875	-2.56
29	50	-1.314	-3.124	5.45
30	48	-9.917	0.218	1.64
30	49	9.917	-0.218	0.36
31	49	1.583	1.986	3.66
31	50	-1.583	3.013	-5.68
32	49	0.000	0.000	0.00
32	54	0.000	0.000	0.00
33	54	1.623	-2.004	-3.73
33	56	-1.623	-2.995	5.61
34	54	-9.883	-0.218	-0.38
34	55	9.883	0.218	-1.62
35	55	1.279	1.868	2.57
35	56	-1.279	3.131	-5.48
36	55	-10.778	0.067	-0.94
36	60	10.778	-0.067	1.56
37	60	0.954	-1.946	-2.83
37	62	-0.954	-3.053	5.12
38	60	-9.646	0.128	1.27
38	61	9.646	-0.128	-0.10
39	61	0.368	1.836	3.05
39	62	-0.368	3.163	-6.18
40	61	-10.991	-0.387	-2.95
40	68	10.991	0.387	-0.61
41	68	1.744	-1.678	-1.34
41	70	-1.744	-3.321	5.70
42	68	-10.468	0.122	1.95
42	69	10.468	-0.122	-0.82
43	69	1.158	1.501	1.37
43	70	-1.158	3.498	-7.11
44	69	-11.141	-0.001	-0.55
44	74	11.141	0.001	0.54
45	74	1.125	-1.493	-1.36
45	76	-1.125	-3.506	7.15
46	74	-10.457	-0.124	0.82
46	75	10.457	0.124	-1.96
47	75	1.761	1.689	1.37
47	76	-1.761	3.310	-5.68
48	75	-10.981	0.388	0.59
48	80	10.981	-0.388	2.97
49	80	0.345	-1.846	-3.08
49	82	-0.345	-3.153	6.16
50	80	-9.617	-0.124	0.10
50	81	9.617	0.124	-1.25
51	81	0.936	1.961	2.89
51	82	-0.936	3.038	-5.13
52	81	-10.768	-0.082	-1.63
52	88	10.768	0.082	0.87
53	88	1.303	-1.864	-2.53
53	90	-1.303	-3.135	5.47
54	88	-9.890	0.222	1.66
54	89	9.890	-0.222	0.38
55	89	1.615	1.994	3.69
55	90	-1.615	3.005	-5.65
56	89	0.000	0.000	0.00
56	94	0.000	0.000	0.00
57	94	1.629	-2.004	-3.73
57	96	-1.629	-2.995	5.61

021562

COMPUTACION
Y CALCULO

58	94	-9.877	-0.219	-0.38
58	95	9.877	0.219	-1.63
59	95	1.284	1.867	2.56
59	96	-1.284	3.132	-5.48
60	95	-10.767	0.071	-0.92
60	100	10.767	-0.071	1.58
61	100	0.957	-1.956	-2.86
61	102	-0.957	-3.043	5.13
62	100	-9.630	0.126	1.27
62	101	9.630	-0.126	-0.11
63	101	0.353	1.839	3.05
63	102	-0.353	3.160	-6.19
64	101	-10.984	-0.383	-2.94
64	108	10.984	0.383	-0.58
65	108	1.754	-1.687	-1.36
65	110	-1.754	-3.312	5.69
66	108	-10.458	0.121	1.95
66	109	10.458	-0.121	-0.83
67	109	1.133	1.494	1.35
67	110	-1.133	3.505	-7.13
68	109	-11.138	0.005	-0.51
68	114	11.138	-0.005	0.57
69	114	1.148	-1.498	-1.38
69	116	-1.148	-3.501	7.13
70	114	-10.462	-0.126	0.80
70	115	10.462	0.126	-1.97
71	115	1.753	1.680	1.34
71	116	-1.753	3.319	-5.69
72	115	-10.982	0.394	0.63
72	120	10.982	-0.394	2.99
73	2	-2.701	-0.254	-1.00
73	3	2.701	0.254	-1.22
74	3	-5.660	1.936	5.38
74	6	5.660	-1.936	7.34
75	6	-5.646	-3.805	-7.34
75	7	5.646	3.805	-5.16
76	7	-5.511	0.698	5.16
76	11	5.511	-0.698	-2.86
77	10	-1.376	-0.085	0.17
77	11	1.376	0.085	-0.92
78	11	-5.759	1.355	3.78
78	12	5.759	-1.355	5.11
79	12	-5.771	-1.355	-5.15
79	17	5.771	1.355	-3.76
80	16	-1.375	0.087	-0.18
80	17	1.375	-0.087	0.94
81	17	-5.520	-0.707	2.81
81	18	5.520	0.707	-5.14
82	18	-5.659	3.792	5.14
82	19	5.659	-3.792	7.33
83	19	-5.667	-1.945	-7.33
83	23	5.667	1.945	-5.47
84	22	-2.679	0.265	1.05
84	23	2.679	-0.265	1.26
85	23	-5.528	1.596	3.25
85	26	5.528	-1.596	7.23
86	26	-5.479	-4.115	-7.23
86	27	5.479	4.115	-6.36
87	27	-5.308	0.404	6.36
87	31	5.308	-0.404	-5.03
88	30	-1.799	0.217	1.43
88	31	1.799	-0.217	0.46
89	31	-5.254	1.528	4.56
89	32	5.254	-1.528	5.48
90	32	-5.257	-1.525	-5.49
90	37	5.257	1.525	-4.53
91	36	-1.800	-0.225	-1.46

021563

COMPUTACION
Y CALCULO

91	37	1.800	0.225	-0.50
92	37	-5.319	-0.402	5.04
92	38	5.319	0.402	-6.36
93	38	-5.489	4.117	6.36
93	39	5.489	-4.117	7.24
94	39	-5.539	-1.596	-7.24
94	43	5.539	1.596	-3.25
95	42	-2.697	-0.260	-1.02
95	43	2.697	0.260	-1.24
96	43	-5.678	1.935	5.39
96	46	5.678	-1.935	7.34
97	46	-5.668	-3.803	-7.34
97	47	5.668	3.803	-5.17
98	47	-5.528	0.695	5.17
98	51	5.528	-0.695	-2.88
99	50	-1.379	-0.073	0.23
99	51	1.379	0.073	-0.87
100	51	-5.764	1.347	3.76
100	52	5.764	-1.347	5.11
101	52	-5.768	-1.362	-5.16
101	57	5.768	1.362	-3.78
102	56	-1.372	0.097	-0.13
102	57	1.372	-0.097	0.99
103	57	-5.506	-0.710	2.79
103	58	5.506	0.710	-5.14
104	58	-5.641	3.793	5.14
104	59	5.641	-3.793	7.32
105	59	-5.653	-1.946	-7.32
105	63	5.653	1.946	-5.47
106	62	-2.684	0.265	1.05
106	63	2.684	-0.265	1.26
107	63	-5.510	1.596	3.26
107	66	5.510	-1.596	7.22
108	66	-5.454	-4.122	-7.23
108	67	5.454	4.122	-6.32
109	67	-5.290	0.399	6.32
109	71	5.290	-0.399	-5.00
110	70	-1.791	0.211	1.40
110	71	1.791	-0.211	0.44
111	71	-5.242	1.525	4.55
111	72	5.242	-1.525	5.47
112	72	-5.248	-1.519	-5.47
112	77	5.248	1.519	-4.52
113	76	-1.796	-0.226	-1.46
113	77	1.796	0.226	-0.51
114	77	-5.312	-0.394	5.03
114	78	5.312	0.394	-6.33
115	78	-5.480	4.122	6.33
115	79	5.480	-4.122	7.23
116	79	-5.532	-1.595	-7.23
116	83	5.532	1.595	-3.26
117	82	-2.707	-0.260	-1.03
117	83	2.707	0.260	-1.24
118	83	-5.679	1.940	5.41
118	86	5.679	-1.940	7.34
119	86	-5.672	-3.792	-7.34
119	87	5.672	3.792	-5.18
120	87	-5.529	0.709	5.18
120	91	5.529	-0.709	-2.85
121	90	-1.374	-0.084	0.18
121	91	1.374	0.084	-0.91
122	91	-5.777	1.352	3.77
122	92	5.777	-1.352	5.11
123	92	-5.785	-1.360	-5.16
123	97	5.785	1.360	-3.78
124	96	-1.371	0.097	-0.13
124	97	1.371	-0.097	0.98

021564

COMPUTACION
Y CALCULO

125	97	-5.522	-0.721	2.79
125	98	5.522	0.721	-5.16
126	98	-5.664	3.781	5.16
126	99	5.664	-3.781	7.33
127	99	-5.670	-1.950	-7.33
127	103	5.670	1.950	-5.48
128	102	-2.691	0.266	1.05
128	103	2.691	-0.266	1.26
129	103	-5.523	1.595	3.27
129	106	5.523	-1.595	7.23
130	106	-5.471	-4.121	-7.23
130	107	5.471	4.121	-6.33
131	107	-5.303	0.397	6.33
131	111	5.303	-0.397	-5.02
132	110	-1.796	0.219	1.44
132	111	1.796	-0.219	0.47
133	111	-5.247	1.522	4.55
133	112	5.247	-1.522	5.46
134	112	-5.245	-1.522	-5.48
134	117	5.245	1.522	-4.52
135	116	-1.791	-0.220	-1.44
135	117	1.791	0.220	-0.48
136	117	-5.303	-0.397	5.01
136	118	5.303	0.397	-6.32
137	118	-5.466	4.124	6.32
137	119	5.466	-4.124	7.23
138	3	-5.523	-1.596	-3.26
138	119	5.523	1.596	-7.23
139	3	1.804	-0.148	-0.89
139	4	-4.392	0.148	-1.23
140	4	1.225	0.127	0.46
140	13	-1.225	-0.127	1.07
141	12	3.315	0.007	0.04
141	13	-5.903	-0.007	0.07
142	13	1.245	-0.145	-1.15
142	24	-1.245	0.145	-0.61
143	23	1.836	0.154	0.95
143	24	-4.424	-0.154	1.27
144	24	1.594	-0.185	-0.84
144	33	-1.594	0.185	-1.41
145	32	2.885	0.002	0.01
145	33	-5.473	-0.002	0.02
146	33	1.598	0.180	1.38
146	44	-1.598	-0.180	0.80
147	43	1.809	-0.149	-0.90
147	44	-4.397	0.149	-1.23
148	44	1.231	0.127	0.46
148	53	-1.231	-0.127	1.07
149	52	3.316	0.009	0.05
149	53	-5.904	-0.009	0.07
150	53	1.239	-0.146	-1.15
150	64	-1.239	0.146	-0.61
151	63	1.829	0.153	0.93
151	64	-4.417	-0.153	1.26
152	64	1.589	-0.181	-0.81
152	73	-1.589	0.181	-1.38
153	72	2.891	0.001	0.00
153	73	-5.479	-0.001	0.01
154	73	1.598	0.177	1.36
154	84	-1.598	-0.177	0.77
155	83	1.803	-0.147	-0.89
155	84	-4.391	0.147	-1.23
156	84	1.229	0.127	0.46
156	93	-1.229	-0.127	1.07
157	92	3.317	0.008	0.04
157	93	-5.905	-0.008	0.07
158	93	1.244	-0.146	-1.15

021565

COMPUTACION
Y CALCULO

158	104	-1.244	0.146	-0.61
159	103	1.828	0.153	0.94
159	104	-4.416	-0.153	1.26
160	104	1.594	-0.182	-0.81
160	113	-1.594	0.182	-1.38
161	112	2.891	0.002	0.01
161	113	-5.479	-0.002	0.02
162	4	1.593	0.176	0.77
162	113	-1.593	-0.176	1.36
163	4	3.614	0.128	-0.01
163	5	-3.614	-0.128	1.83
164	5	2.255	-2.475	-3.86
164	25	-2.255	-2.524	3.57
165	24	3.652	-0.098	0.18
165	25	-3.652	0.098	-1.57
166	25	0.683	0.004	-2.00
166	45	-0.683	-0.004	2.03
167	44	3.614	0.126	-0.02
167	45	-3.614	-0.126	1.82
168	45	2.254	-2.473	-3.86
168	65	-2.254	-2.526	3.58
169	64	3.650	-0.099	0.17
169	65	-3.650	0.099	-1.58
170	65	0.677	0.004	-2.00
170	85	-0.677	-0.004	2.03
171	84	3.612	0.127	-0.01
171	85	-3.612	-0.127	1.83
172	85	2.252	-2.476	-3.86
172	105	-2.252	-2.523	3.58
173	104	3.647	-0.099	0.17
173	105	-3.647	0.099	-1.58
174	5	0.679	0.003	2.03
174	105	-0.679	-0.003	-2.00

APPLIED JOINT LOADS, FREE JOINTS

JOINT	FORCE X	FORCE Y	MOMENT Z
1	0.000	0.000	-0.00
2	0.000	-0.000	0.00
3	0.000	0.000	0.00
4	0.000	-0.000	0.00
5	-0.000	-0.000	-0.00
6	-0.867	-4.924	-0.00
7	1.293	4.829	-0.00
8	0.000	-0.000	0.00
10	0.000	0.000	0.00
11	-0.000	0.000	0.00
12	-2.499	-4.329	-0.00
13	2.499	4.329	0.00
15	-0.000	0.000	-0.00
16	0.000	0.000	0.00
17	-0.000	0.000	-0.00
18	3.535	3.535	0.00
19	-3.829	-3.213	0.00
20	0.000	0.000	0.00
21	-0.000	0.000	0.00
22	-0.000	-0.000	-0.00
23	-0.000	0.000	0.00
24	0.000	-0.000	-0.00
25	0.000	0.000	-0.00
26	-4.698	-1.709	-0.00
27	4.829	1.294	-0.00
28	-0.000	-0.000	-0.00
29	-0.000	0.000	0.00

021566

COMPUTACION
Y CALCULO

30	-0.000	-0.000	-0.00
31	0.000	-0.000	-0.00
32	-5.000	-0.000	-0.00
33	5.000	-0.000	0.00
34	-0.000	-0.000	-0.00
35	-0.000	0.000	0.00
36	-0.000	0.000	0.00
37	0.000	-0.000	-0.00
38	4.829	-1.294	-0.00
39	-4.698	1.710	-0.00
40	-0.000	0.000	0.00
41	0.000	-0.000	-0.00
42	0.000	0.000	0.00
43	-0.000	0.000	-0.00
44	0.000	0.000	-0.00
45	-0.000	-0.000	-0.00
46	-3.829	3.213	0.00
47	3.535	-3.535	0.00
48	0.000	0.000	0.00
50	0.000	-0.000	-0.00
51	-0.000	-0.000	0.00
52	-2.499	4.329	0.00
53	2.499	-4.329	-0.00
55	0.000	-0.000	-0.00
56	-0.000	0.000	-0.00
57	0.000	0.000	-0.00
58	1.294	-4.829	0.00
59	-0.867	4.923	0.00
60	0.000	-0.000	0.00
61	0.000	0.000	-0.00
62	-0.000	-0.000	-0.00
63	-0.000	0.000	0.00
64	-0.000	0.000	-0.00
65	0.000	0.000	0.00
66	0.868	4.923	-0.00
67	-1.293	-4.829	-0.00
68	0.000	0.000	0.00
69	0.000	0.000	0.00
70	-0.000	0.000	-0.00
71	-0.000	-0.000	-0.00
72	2.500	4.330	-0.00
73	-2.500	-4.330	-0.00
74	-0.000	0.000	-0.00
75	0.000	0.000	-0.00
76	-0.000	-0.000	-0.00
77	-0.000	-0.000	-0.00
78	-3.535	-3.535	0.00
79	3.830	3.213	-0.00
80	0.000	-0.000	-0.00
81	-0.000	0.000	0.00
82	-0.000	-0.000	0.00
83	0.000	-0.000	-0.00
84	-0.000	-0.000	-0.00
85	0.000	-0.000	0.00
86	4.696	1.710	0.00
87	-4.829	-1.294	-0.00
88	-0.000	-0.000	-0.00
90	0.000	0.000	-0.00
91	0.000	-0.000	-0.00
92	4.999	-0.000	0.00
93	-4.999	-0.000	-0.00
95	-0.000	-0.000	0.00
96	0.000	-0.000	0.00
97	-0.000	-0.000	-0.00
98	-4.829	1.294	0.00
99	4.696	-1.709	0.00
100	-0.000	-0.000	-0.00

021567



101	-0.000	-0.000	-0.00
102	-0.000	0.000	-0.00
103	0.000	-0.000	0.00
104	-0.000	0.000	0.00
105	0.000	-0.000	-0.00
106	3.829	-3.213	-0.00
107	-3.535	3.535	-0.00
108	0.000	-0.000	0.00
109	0.000	-0.000	-0.00
110	0.000	-0.000	-0.00
111	-0.000	0.000	-0.00
112	2.500	-4.330	-0.00
113	-2.500	4.330	0.00
114	0.000	-0.000	0.00
115	-0.000	-0.000	-0.00
116	-0.000	0.000	0.00
117	0.000	0.000	-0.00
118	-1.293	4.829	0.00
119	0.866	-4.924	-0.00
120	-0.000	-0.000	-0.00

REACTIONS, APPLIED LOADS SUPPORT JOINTS

JOINT	FORCE X	FORCE Y	MOMENT Z
9	8.961	-6.135	4.08
14	-9.809	4.708	-4.06
49	-9.807	-4.726	4.02
54	8.945	6.143	-4.11
89	0.847	10.818	4.08
94	0.863	-10.808	-4.12

FREE JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X-DISPLACEMENT	Y-DISPLACEMENT	ROTATION
1	-0.0025	-0.0024	-0.0009
2	-0.0045	-0.0008	-0.0000
3	-0.0030	-0.0010	-0.0001
4	-0.0025	-0.0007	-0.0005
5	-0.0006	-0.0003	0.0015
6	-0.0032	-0.0068	0.0008
7	-0.0017	-0.0009	0.0014
8	-0.0014	-0.0016	0.0009
10	0.0007	-0.0008	0.0000
11	-0.0013	-0.0002	-0.0007
12	-0.0044	-0.0077	-0.0000
13	-0.0044	-0.0071	0.0000
15	-0.0006	-0.0021	-0.0009
16	-0.0011	0.0001	-0.0000
17	0.0004	-0.0013	0.0007
18	0.0001	-0.0019	-0.0014
19	-0.0042	-0.0060	-0.0008
20	-0.0006	-0.0032	0.0009
21	0.0020	-0.0025	-0.0000
22	0.0018	-0.0042	0.0000
23	0.0008	-0.0029	0.0001
24	0.0006	-0.0019	0.0005
25	-0.0002	0.0006	-0.0015
26	0.0026	-0.0024	0.0023
27	0.0128	0.0006	0.0026
28	0.0134	0.0006	0.0017
29	0.0181	0.0005	-0.0004

021568

COMPUTACION
Y CALCULO

30	0.0168	-0.0023	0.0001
31	0.0160	0.0011	-0.0005
32	0.0080	0.0001	-0.0000
33	0.0084	0.0003	-0.0000
34	0.0180	-0.0003	0.0004
35	0.0132	-0.0003	-0.0017
36	0.0166	0.0025	-0.0001
37	0.0159	-0.0008	0.0005
38	0.0127	-0.0003	-0.0026
39	0.0024	0.0027	-0.0023
40	0.0017	0.0028	0.0000
41	-0.0009	0.0034	-0.0009
42	0.0015	0.0044	-0.0000
43	0.0005	0.0032	-0.0001
44	0.0006	0.0026	-0.0005
45	0.0000	0.0007	0.0015
46	-0.0043	0.0063	0.0008
47	0.0000	0.0020	0.0014
48	-0.0007	0.0021	0.0009
50	-0.0011	-0.0001	0.0000
51	0.0004	0.0013	-0.0007
52	-0.0044	0.0077	0.0000
53	-0.0040	0.0074	0.0000
55	-0.0014	0.0015	-0.0009
56	0.0006	0.0008	-0.0000
57	-0.0013	0.0002	0.0007
58	-0.0016	0.0008	-0.0014
59	-0.0031	0.0066	-0.0008
60	-0.0024	0.0021	0.0009
61	-0.0032	-0.0004	-0.0000
62	-0.0045	0.0004	0.0000
63	-0.0029	0.0007	0.0001
64	-0.0019	0.0003	0.0005
65	0.0006	-0.0000	-0.0015
66	-0.0034	-0.0010	0.0023
67	-0.0058	-0.0113	0.0026
68	-0.0061	-0.0119	0.0017
69	-0.0085	-0.0158	-0.0004
70	-0.0103	-0.0133	0.0001
71	-0.0069	-0.0143	-0.0005
72	-0.0038	-0.0069	-0.0000
73	-0.0038	-0.0074	-0.0000
74	-0.0092	-0.0153	0.0004
75	-0.0069	-0.0112	-0.0017
76	-0.0060	-0.0156	-0.0001
77	-0.0086	-0.0132	0.0005
78	-0.0065	-0.0107	-0.0026
79	0.0011	-0.0034	-0.0023
80	0.0015	-0.0029	0.0000
81	0.0034	-0.0009	-0.0009
82	0.0030	-0.0035	-0.0000
83	0.0024	-0.0021	-0.0001
84	0.0019	-0.0018	-0.0005
85	0.0005	-0.0003	0.0015
86	0.0075	0.0006	0.0008
87	0.0016	-0.0010	0.0014
88	0.0021	-0.0004	0.0009
90	0.0004	0.0010	0.0000
91	0.0008	-0.0010	-0.0007
92	0.0089	-0.0000	-0.0000
93	0.0083	-0.0002	0.0000
95	0.0020	0.0004	-0.0009
96	0.0003	-0.0010	-0.0000
97	0.0008	0.0010	0.0007
98	0.0015	0.0010	-0.0014
99	0.0073	-0.0006	-0.0008
100	0.0030	0.0010	0.0009

021569



COMPUTACION
Y CALCULO

101	0.0012	0.0030	-0.0000
102	0.0026	0.0036	0.0000
103	0.0020	0.0021	0.0001
104	0.0013	0.0015	0.0005
105	-0.0004	-0.0005	-0.0015
106	0.0008	0.0034	0.0023
107	-0.0069	0.0107	0.0026
108	-0.0072	0.0112	0.0017
109	-0.0095	0.0153	-0.0004
110	-0.0063	0.0156	0.0001
111	-0.0089	0.0132	-0.0005
112	-0.0040	0.0067	-0.0000
113	-0.0044	0.0070	-0.0000
114	-0.0086	0.0157	0.0004
115	-0.0062	0.0116	-0.0017
116	-0.0104	0.0130	-0.0001
117	-0.0071	0.0141	0.0005
118	-0.0059	0.0110	-0.0026
119	-0.0035	0.0006	-0.0023
120	-0.0032	0.0000	0.0000

ANEXO B

Programa para la determinación de las tensiones

*

PLANILLA DE PROGRAMACION - COMPUTORP 325

Pag 1 de 1

TITULO: CALCULO DE TENSIONES: SECCION RECTANGULAR, DADOS M, N y Q.

Programa N°				N°Instrucc.		Registrado en		Confeccionado por								FECHA 28/2/75																		
RM	0	0	8	2	3	2	C4-A-3-08			H.A.L y CEM																								
Paso N°	Instruc			Paso N°	Instruc			Paso N°	Instruc			Paso N°	Instruc			Paso N°	Instruc			Contenido de las Memorias														
1	IDENT			53	=			105	STR			157	a ^x			209	=			261	=			313				Memoria	Paso N°	Contenido				
2	PRINT			54	STR			106	0			158	2			210	a ^x			262	STR			314				366	1			4	b	
3	SS			55	8			107	IDENT			159	x			211	2			263	0			315				367	2			8	h	
4	STR			56	f.			108	PRINT			160	4			212	x			264	RCL			316				368	3			17	F = b x h	
5	J			57	RCL			109	JC			161	+			213	3			265	CHS			317				369	4			31	J = bh ³ /12	
6	PRINT			58	6			110	3			162	(			214	1/			266	1/			318				370	5			37	N	
7	SS			59	1/			111	JC			163	RCL			215	2			267	2			319				371	6			41	Q	
8	STR			60	RCL			112	4			164	CHS			216	x			268	+			320				372	7			45	M	
9	2			61	3			113	P.L.3			165	=			217	RCL			269	RCL			321				373	8			54	M/3	
10	PRINT			62	=			114	RCL			166	a ^x			218	6			270	0			322				374	9			64	N/F	
11	RCL			63	STR			115	0			167	2			219	1/			271	=			323				375	0			105	Y	
12	J			64	9			116	x			168	)			220	RCL			272	PRINT			324				376	.			133	Z	
13	x			65	PRINT			117	2			169	=			221	3			273	-			325				377	CHS			150	T	
14	RCL			66	RCL			118	1/			170	√			222	=			274	RCL			326				378	Modificacion			Contenido		
15	2			67	8			119	RCL			171	1/			223	STR			275	0			327				379						0
16	=			68	CHS			120	2			172	2			224	.			276	-			328				380	.			181	σ/2	
17	STR			69	x			121	CHS			173	=			225	RCL			277	RCL			329				381						
18	3			70	RCL			122	+			174	STR			226	8			278	0			330				382						
19	PRINT			71	2			123	J			175	0			227	x			279	=			331				383						
20	RCL			72	1/			124	=			176	RCL			228	RCL			280	PRINT			332				384						
21	2			73	2			125	a ^x			177	CHS			229	0			281	J			333				385						
22	a ^x			74	+			126	2			178	1/			230	CHS			282	2			334				386						
23	3			75	RCL			127	x			179	2			231	+			283				335				387						
24	x			76	9			128	3			180	=			232	RCL			284				336				388						
25	RCL			77	=			129	1/			181	STR			233	9			285				337				389						
26	J			78	PRINT			130	2			182	.			234	=			286				338				390						
27	1/			79	RCL			131	x			183	RCL			235	STR			287				339				391						
28	1			80	8			132	RCL			184	.			236	CHS			288				340				392	INTRODUCCION DATOS					
29	2			81	x			133	6			185	-			237	PRINT			289				341				393				Dato		
30	=			82	RCL			134	1/			186	RCL			238	RCL			290				342				394	N° IDENTIF			SS		
31	STR			83	2			135	RCL			187	0			239	.			291				343				395	b			SS		
32	4			84	1/			136	3			188	=			240	PRINT			292				344				396	h			SS		
33	PRINT			85	2			137	=			189	PRINT			241	P.ADV			293				345				397	N			SS		
34	P.L.1			86	+			138	STR			190	RCL			242	RCL			294				346				398	Q			SS		
35	f.			87	RCL			139	.			191	.			243	.			295				347				399	M			SS		
36	SS			88	9			140	RCL			192	+			244	=			296				348				400						
37	STR			89	=			141	8			193	RCL			245	a ^x			297				349				401						
38	5			90	PRINT			142	CHS			194	0			246	2			298				350				402						
39	PRINT			91	3			143	x			195	=			247	x			299				351				403						
40	SS			92	1/			144	RCL			196	PRINT			248	4			300				352				404						
41	STR			93	2			145	0			197	J			249	+			301				353				405	RESULTADOS					
42	6			94	x			146	+			198	2			250	(			302				354				406				F		
43	PRINT			95	RCL			147	RCL			199	P.L.4			251	RCL			303				355				407	J			PRINT	σ ₂	PRINT
44	SS			96	6			148	9			200	RCL			252	CHS			304				356				408	σ ₀ = N/F			PRINT		
45	STR			97	1/			149	=			201	0			253	=			305				357				409	σ ₃			PRINT		
46	7			98	RCL			150	STR			202	x			254	a ^x			306				358				410	σ ₁			PRINT		
47	PRINT			99	3			151	CHS			203	2			255	2			307				359				411	σ _{max}			PRINT		
48	RCL			100	=			152	PRINT			204	1/			256	)			308				360				412	Y			IDENT PRINT		
49	7			101	PRINT			153	RCL			205	RCL			257	=			309				361				413	OBSERVACIONES:					
50	1/			102	P.L.2			154	.			206	2			258	√			310				362				414						
51	RCL			103	f.			155	P.ADV			207	+			259	1/			311				363				415						
52	4			104	SS			156	=			208	J			260	2			312				364				416						