

01163

6

201

**TESIS QUE PARA RECIBIR EL GRADO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA (MECÁNICA DE SUELOS) PRESENTA:**

CARMELINO ZEA CONSTANTINNO

Incluye dos diskettes 3 1/2

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE CASOS ESPECIALES DE
INTERACCIÓN SUELO-RETÍCULA DE CIMENTACIÓN
EN SUELOS FINOS SATURADOS
CON AYUDA DE UN PROGRAMA DE COMPUTADORA**

A mis padres:

Fra. Ana Constantino Vda. de Fea. y

Fr. Carmelino Fea Ramos +

A mis hermanos

Quinto

Rigo

Carmen

Blanca

y

Viqui

A Vero

A mis amigos de la infancia:
Andrés Malla Morales
Marco Antonio Mota Guzman+

A mis profesores

A mis amigos y personal que labora en la División de Ingeniería Civil Topográfica y Geodésica

RESUMEN

Se presenta un procedimiento para el análisis de interacción suelo-retícula de cimentación, donde la cimentación, de forma cualquiera, se modela como una retícula de contratraves de rigidez variable apoyada sobre resortes interactuantes caracterizados por su módulo de reacción, representando al suelo.

Se discuten los actuales criterios para el análisis de interacción suelo-estructura, el marco teórico sobre el que se fundamentan los métodos generados hasta la fecha; Sin embargo, a excepción del elemento finito, esto desarrollados sólo toma en cuenta el esfuerzo vertical, por lo que se propone un procedimiento para incluir los esfuerzos laterales, además de considerar que la mayoría de los materiales, debido a su formación geológica, son anisótropos y su rigidez depende, entre otros factores, de su estado de confinamiento.

Para auxiliar al lector en el manejo del método se presentan ejemplos de interés general donde se resuelven casos “especiales” de interacción, denominados así por la dificultad de su solución que obligan a crear una metodología que es el tema principal de esta tesis; esto se plantea con ayuda de un programa de computadora llamado “ISRET” que es una contracción del término “Interacción Suelo-Retícula de Cimentación”; el nombre obedece a que la cimentación se modela mediante elementos “barra” para tomar en cuenta la rigidez del cimiento y algo de la estructura.

Muchas de las ideas desarrolladas fueron proporcionadas por el Ing. Germán López Rincón vía comunicación directa, por lo que el autor desea extenderle el más sincero agradecimiento.

ÍNDICE

TEMA:	PÁGINA:
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Método de Zeevaert	3
2.1.1 Análisis Estructural	3
2.1.2 Compresibilidad del Suelo	9
2.1.3 Módulo de Cimentación y Módulo Unitario	11
2.2 Método de Deméneghi	13
2.3 Método del Elemento Finito	15
2.4 Propuesta de Rivera y Zea	18
3. PROGRAMACIÓN DEL MÉTODO DE ZEEVAERT Y EJEMPLO DE CASOS ESPECIALES	19
3.1 Programación	19
3.2 Ejemplos de Casos Especiales	21
3.2.1 Excentricidad de Cargas	30
3.2.2 Estructuras Adyacentes	48
3.2.3 Geometría Irregular de la Planta de Cimentación	66
3.2.4 Juntas de Cortante (pontones)	80
3.3 Otros Casos de Interés	92
3.3.1 Zapatas Aisladas Ligadas con Contratraves	92
3.3.2 Estratigrafía con Echado	100
3.3.3 Excavación con Tablestacado sin y con bombeo	100
3.3.4 Contratraves Cruzadas	100
3.4 Interpretación de Resultados	101
4. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	
REFERENCIAS	105
ANEXOS:	
A. Solución de Damy-Casales para Áreas Poligonales	107
B. Esfuerzos Laterales y Cortantes para un Área Rectangular	110
C. Influencia de los Esfuerzos Laterales en la Interacción	112
D. Descripción de los Programas PRISRET e ISRET	122
D.1 Listado del Programa PRISRET	131
D.2 Listado del Programa ISRET	139
D.3 Listado del Programa CHECAMIS	150
E. Programa PARZEV	152
F. Programa ALFAS	159
Diskettes (2)	Contraportada

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La Ingeniería de Cimentaciones puede decirse que estudia el comportamiento físico del elemento de transferencia de cargas entre la estructura civil y el suelo, o sea, el elemento llamado "cimentación", incluyendo los estados límite de carga y de servicio que se mencionan en la reglamentación actual (refs. 4 y 5).

Los estados límite de servicio se refieren en gran medida al control de los asentamientos totales y diferenciales que sufrirá la cimentación y la propia estructura durante su vida útil. Éstos movimientos dependen de muchos factores cuya discusión queda fuera del alcance de esta tesis, pero en las referencias citadas al final del último capítulo de este trabajo podrá ahondarse en el tema.

El estimado profesor Leonardo Zeevaert Wiechers acuñó el término "interacción suelo-estructura de cimentación" mismo que engloba a la mayoría de los factores que intervienen (refs. 18 y 19), refiriéndose a un procedimiento de análisis para establecer la compatibilidad de deformaciones entre el suelo y la cimentación, a partir de supuesto de que la cimentación y la masa del suelo producen la misma configuración de desplazamientos en la interfaz (o sea, no se generan cavidades por puenteo de cargas en los puntos de mayor rigidez). En la referencia 11 se encuentra una interesante discusión del estado del arte del problema de interacción y los métodos que se han desarrollado en el presente y en el pasado.

Es posible generalizar el procedimiento de Zeevaert (ref. 19) a un mayor número de casos (ref. 14) en donde las cargas no son necesariamente simétricas, la planta de cimentación de forma regular o la masa del suelo tenga que ser horizontalmente estratificada; en este trabajo se expone dicha generalización y se presentan ejemplos de interés práctico que sirvan de estudio a los interesados y como metodología sistemática a los profesionales de la ingeniería de cimentaciones.

El objetivo de este trabajo es pues analizar diferentes "casos especiales de interacción", llamados así por la dificultad que plantea su solución, como son:

- a) Excentricidad de cargas
- b) Estructuras adyacentes
- c) Planta irregular de la cimentación
- d) Juntas de cortante
- e) Otros casos de interés

Los ejemplos que se exponen se analizan con ayuda de programas de computadora escritos en lenguaje FORTRAN para facilitar el trabajo.

El procedimiento generalizado de Zeevaert que se programó, está limitado a los suelos finos saturados, en donde la componente horizontal de los esfuerzos generados por las sobrecargas de la cimentación y la superestructura se pueden despreciar, llegándose así a cálculos conservadores. Sin embargo, en el primer capítulo de esta tesis se describe una propuesta para tomar en cuenta suelos granulares, donde es de esperarse que los esfuerzos laterales tengan influencia en los movimientos verticales; con pequeñas modificaciones al programa de computadora, este punto podrá incluirse posteriormente.

Se considera que la técnica del elemento finito es más general que el procedimiento empleado, pero ella requiere mayor esfuerzo durante el análisis, ya que las mallas de elementos son más grandes, y los resultados que arroja requiere que se dedique un tiempo valioso para extraer la información que realmente es útil, además de requerir mayor tiempo de corrida e interpretación de resultados, aparte de la cantidad de memoria de almacenamiento que también es mayor. Aún así, se reconoce que cuando el problema es muy complejo es mucho mejor emplear "elemento finito", hasta que no sea desarrollada una generalización mayor del método de Zeevaert; se tiene fe en que así sea.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los métodos más conocidos que tratan el problema de la interacción estática suelo-estructura en cimentaciones a base de zapatas, losas y cajones, sobre materiales finos saturados, donde rige el comportamiento por consolidación unidimensional primaria y secundaria (compresibilidad).

Se describen los métodos del Dr. Leonardo Zeevaert y del M.I. Agustín Deméneghi, además, el del elemento finito.

Se menciona también una propuesta de Rivera y Zea para tomar en cuenta el efecto de los esfuerzos normales laterales en la deformación vertical, que surge como una extensión de la técnica de Zeevaert al caso general de deformabilidad y compresibilidad.

2.1 Método de Zeevaert

De acuerdo con Zeevaert, el problema de interacción consiste en establecer la compatibilidad de deformaciones del suelo y de la estructura de cimentación. La solución puede lograrse matemáticamente a través de un procedimiento iterativo que se describe en los párrafos siguientes.

2.1.a Análisis estructural

Para resolver el problema estructural, conviene idealizar el suelo de apoyo de la cimentación mediante resortes (fig. 2.1.1), cuya constante elástica no se conoce, pero se puede suponer para empezar el análisis.

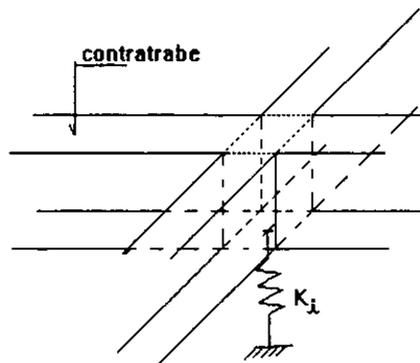


Fig. 2.1.1 Modelo físico para representar el suelo

La modelación más simple de la base de cimentación se logra transformándola en una malla plana (fig. 2.1.2) o retícula de barras con propiedades equivalentes a la cimentación real. Los nodos de esta malla tendrán, por lo tanto, tres grados de libertad a saber: giro alrededor del eje "x", giro en "y" y desplazamiento en dirección "z".

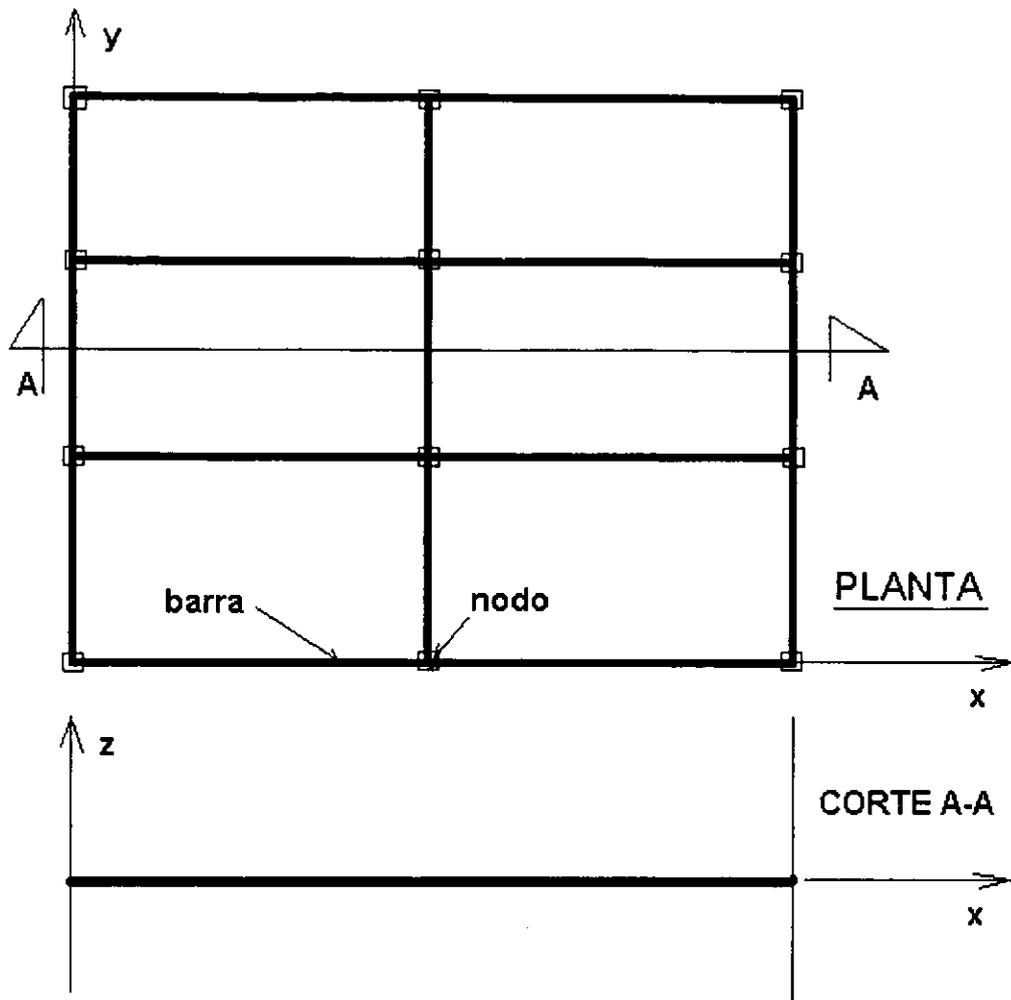


Fig. 2.1.2 Modelación de la cimentación mediante barras y nodos

En este modelo, la resistencia al desplazamiento de los nodos, se deberá tanto a la rigidez de las barras de la estructura de cimentación como a las constantes de los resortes que modelan el suelo. La resistencia al giro depende únicamente de la rigidez de las barras.

El equilibrio del modelo físico así planteado conduce a un sistema con $3N$ ecuaciones (donde N = número de nodos), con el mismo número de incógnitas (los

desplazamientos y giros de los nodos), lo cual se representa con la siguiente expresión matricial (ref. 3):

$$K\bar{\delta} + \bar{F}_i + \bar{F}_{et} = \bar{0} \quad (2.1.1)$$

donde:

K matriz de rigidez del sistema estructura - resortes de apoyo

$\bar{\delta}$ vector de desplazamientos y giros de los nodos.

\bar{F}_i vector de fuerzas internas o de empotramiento.

\bar{F}_{et} vector de fuerzas externas.

Aplicando el principio de superposición de causas y efectos, es posible descomponer la matriz de rigidez K en sus dos componentes. La primera se debe a la rigidez de las barras y la otra a los resortes, o sea:

$$K = K_{bt} + K_{rt}$$

donde:

K_{bt} "ensamble" de las matrices de rigidez de cada una de las barras que componen la retícula de cimentación, sin resortes.

K_{rt} "ensamble" de las matrices de rigidez debida a los resortes en los extremos de cada barra.

La matriz de rigidez correspondiente a una barra sin resortes, definida por sus nodos "i" y "j", es:

$$K_b = \begin{bmatrix} \theta_{xi} & \theta_{xi} & \delta_{zi} & \theta_{xj} & \theta_{xj} & \delta_{zj} \\ k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} & k_{15} & k_{16} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & k_{24} & k_{25} & k_{26} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & k_{34} & k_{35} & k_{36} \\ k_{41} & k_{42} & k_{43} & k_{44} & k_{45} & k_{46} \\ k_{51} & k_{52} & k_{53} & k_{54} & k_{55} & k_{56} \\ k_{61} & k_{62} & k_{63} & k_{64} & k_{65} & k_{66} \end{bmatrix} \begin{matrix} \theta_{xi} \\ \theta_{yj} \\ \delta_{zi} \\ \theta_{xj} \\ \theta_{yj} \\ \delta_{zj} \end{matrix}$$

Para barras con apoyos simples o con articulaciones:

$$k_{21} = k_{31} = k_{51} = k_{61} = k_{12} = k_{42} = k_{13} = k_{43} = k_{24} = k_{34} = k_{54} = k_{64} = k_{15} = k_{45} = k_{16} = k_{46} = 0.0$$

el resto de los elementos de la matriz de rigidez se define como sigue:

- Barra con apoyos simples

$$k_{11} = k_{44} = A; k_{41} = k_{14} = -A; k_{22} = k_{55} = 4B; k_{52} = k_{25} = 2B; k_{32} = k_{23} = k_{53} = k_{35} = -6C; k_{62} = k_{26} = k_{65} = k_{56} = 6C; k_{33} = k_{66} = 12D; k_{63} = k_{36} = -12D$$

- Barra con articulación en el nudo origen y apoyo simple en el otro extremo

$$k_{22} = k_{52} = k_{25} = k_{32} = k_{23} = k_{62} = k_{26} = 0$$

$$k_{11} = k_{44} = A; k_{41} = k_{14} = -A; k_{55} = 3B; k_{53} = k_{35} = -3C; k_{65} = k_{56} = 3C; k_{33} = k_{66} = 3D;$$

$$k_{63} = k_{36} = -3D$$

- Barra con articulación en los dos extremos

$$k_{22} = k_{52} = k_{25} = k_{32} = k_{23} = k_{62} = k_{26} = k_{55} = k_{53} = k_{35} = k_{65} = k_{56} = k_{33} = k_{66} = k_{63} = k_{36} = 0$$

$$k_{11} = k_{44} = A; k_{41} = k_{14} = -A$$

siendo:

$$A = \frac{GJ}{L}; B = \frac{EI}{L}; C = \frac{EI}{L^2}; D = \frac{EI}{L^3}$$

E.- módulo de elasticidad del material que forman las barras.

G.- módulo de rigidez al cortante.

L.- longitud de las barras.

I.- momento de inercia

J.- momento polar de inercia.

La matriz de rigidez señalada corresponde a un sistema local de ejes coordenados (figura 2.1.3). Si el sistema general (global) de referencia no es paralelo al local de la barra, se realiza una transformación de ejes, mediante la expresión:

$$K'_b = T^T K_b T$$

donde:

K'_b matriz de rigidez de una barra en el sistema global.

T matriz de transformación de ejes, o sea:

$$T = \begin{bmatrix} l & m & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -m & l & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & l & m & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -m & l & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

" $l = \cos \theta$ " y " $m = \sin \theta$ ", son las proyecciones de las direcciones locales de las barras sobre las direcciones globales (fig. 2.1.3). En esta matriz aparecen "unos" porque el eje vertical "z" no necesita transformación.

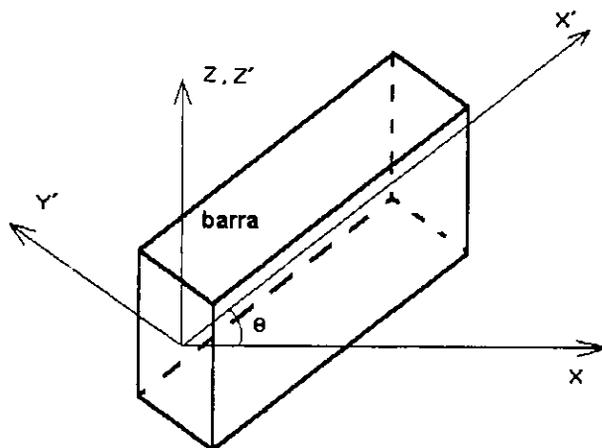


Fig.2.1.3 Sistemas de referencia local y global para las barras de la retícula

La matriz K'_b resulta entonces:

$$K'_b = \begin{bmatrix} k'_{11} & k'_{12} & k'_{13} & k'_{14} & k'_{15} & k'_{16} \\ k'_{21} & k'_{22} & k'_{23} & k'_{24} & k'_{25} & k'_{26} \\ k'_{31} & k'_{32} & k'_{33} & k'_{34} & k'_{35} & k'_{36} \\ k'_{41} & k'_{42} & k'_{43} & k'_{44} & k'_{45} & k'_{46} \\ k'_{51} & k'_{52} & k'_{53} & k'_{54} & k'_{55} & k'_{56} \\ k'_{61} & k'_{62} & k'_{63} & k'_{64} & k'_{65} & k'_{66} \end{bmatrix}$$

La cual se puede simplificar como:

$$K'_b = \begin{bmatrix} K'_{11} & K'_{12} \\ K'_{12} & K'_{22} \end{bmatrix}$$

donde para una barra con apoyos simples:

$$K'_{11} = \begin{bmatrix} l^2 \frac{GJ}{L} + m^2 \frac{4EI}{L} & lm \left(\frac{GJ}{L} - \frac{4EI}{L} \right) & m \frac{6EI}{L^2} \\ lm \left(\frac{GJ}{L} - \frac{4EI}{L} \right) & m^2 \frac{GJ}{L} + l^2 \frac{4EI}{L} & -l \frac{6EI}{L^2} \\ m \frac{6EI}{L^2} & -l \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} \end{bmatrix}$$

$$K_{12} = \begin{bmatrix} -l^2 \frac{GJ}{L} + m^2 \frac{2EI}{L} & -lm \left(\frac{GJ}{L} + \frac{2EI}{L} \right) & -m \frac{6EI}{L^2} \\ -lm \left(\frac{GJ}{L} - \frac{2EI}{L} \right) & -m^2 \frac{GJ}{L} + l^2 \frac{2EI}{L} & l \frac{6EI}{L^2} \\ m \frac{6EI}{L^2} & -l \frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} \end{bmatrix}$$

$$K_{22} = \begin{bmatrix} l^2 \frac{GJ}{L} + m^2 \frac{4EI}{L} & lm \left(\frac{GJ}{L} - \frac{4EI}{L} \right) & -m \frac{6EI}{L^2} \\ lm \left(\frac{GJ}{L} - \frac{4EI}{L} \right) & m^2 \frac{GJ}{L} + l^2 \frac{4EI}{L} & l \frac{6EI}{L^2} \\ -m \frac{6EI}{L^2} & l \frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} \end{bmatrix}$$

Por su parte K_{π} , para una barra con extremos i y j, vale:

$$K_{\pi} = \begin{bmatrix} & \delta_i & & & & \delta_j \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & & & & & \delta_i \\ & & & & & & & \delta_j \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & k_j \end{bmatrix} & & & & & \delta_j \end{bmatrix}$$

donde:

k_i y k_j "constantes" de los resortes en los nodos i y j.

Por otro lado, las fuerzas internas o de empotramiento se deben a momentos flexionantes y fuerzas cortantes provocados por descargas no aplicadas directamente en los nodos. El vector de fuerzas de empotramiento se obtiene mediante el "ensamble" de los vectores de fuerzas de empotramiento correspondiente a cada una de las barras.

Para una barra con nodos "i" y "j", en el sistema local se tiene:

$$\bar{F}_{ib} = \begin{Bmatrix} M_{xi} \\ M_{yi} \\ V_{zi} \\ M_{xj} \\ M_{yj} \\ V_{zj} \end{Bmatrix}$$

En el sistema global:

$$\bar{F}'_{ib} = T^T \bar{F}_{ib}$$

de donde resulta que:

$$\bar{F}'_{ib} = \begin{Bmatrix} lM_x - mM_y \\ mM_x + lM_y \\ V_z \\ lM_y - mM_x \\ mM_x + lM_y \\ V_y \end{Bmatrix}$$

Finalmente, el vector de fuerzas externas se construye con las cargas puntuales verticales aplicadas directamente en los nodos de la retícula.

Al sistema (2.1.1) se le da el nombre de "ecuación matricial de interacción" (EMI, ref. 19).

2.1.b Compresibilidad del suelo

Con la modelación del suelo mediante resortes de apoyo de la estructura, se toman en cuenta las características de compresibilidad de los estratos. Sin embargo, los resortes equivalentes no pueden tener una rigidez constante, ya que al transmitirse las descargas al subsuelo se presenta la influencia de unas zonas cargadas sobre otras, incrementándose el hundimiento aunque se mantenga constante la descarga sobre alguna zona. De esta manera se hace variar la relación carga-asentamiento, la cual está ligada con la rigidez de los resortes.

Para estimar la dependencia entre resortes, se divide el área de la planta de cimentación en pequeñas áreas denominadas elementos "placa". Así, el análisis se transforma en un problema discreto; de él se obtienen esfuerzos de contacto y hundimientos medios para cada placa (fig. 2.1.4).

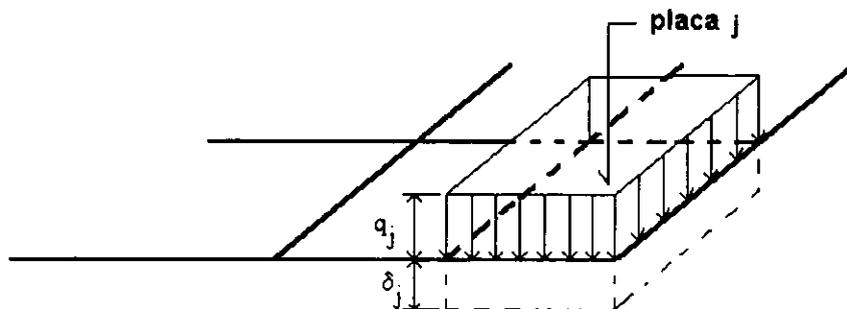


Fig.2.1.4 Discretización de los esfuerzos de contacto y hundimientos, por medio de "losetas"

Las descargas de la estructura se traducen en esfuerzos de contacto (reacciones) sobre las placas, si bien la distribución de éstos es no uniforme.

El efecto de estas reacciones es incrementar los esfuerzos efectivos verticales en la masa de un suelo saturado, generando un proceso de consolidación y el consecuente cambio volumétrico de los estratos. Esto produce los hundimientos de la cimentación.

El hundimiento medio de las placas se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\bar{\delta} = M\bar{q} \quad (2.1.2)$$

donde:

- $\bar{\delta}$ vector de asentamientos de las placas.
- \bar{q} vector de esfuerzos de contacto.
- M matriz de flexibilidad del suelo.

La matriz de flexibilidad del suelo (ref. 19) se construye de la siguiente manera:

- 1) Se supone una carga vertical unitaria aplicada en alguna de las placas
- 2) Empleando la teoría de la elasticidad (ref. 1, anexo A), se calcula el incremento de esfuerzo que esta carga ficticia produce bajo los centroides de cada una de las placas, al centro de cada estrato definido. Con esto se forma una matriz de influencias de esfuerzo, como:

$$I = \begin{matrix} \begin{bmatrix} I_{11}^A & I_{11}^B & I_{11}^C & \dots & I_{11}^M \\ I_{21}^A & I_{21}^B & I_{21}^C & \dots & I_{21}^M \\ I_{31}^A & I_{31}^B & I_{31}^C & \dots & I_{31}^M \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ I_{N1}^A & I_{N1}^B & I_{N1}^C & \dots & I_{N1}^M \end{bmatrix} & \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \cdot \\ \cdot \\ N \end{matrix} \\ \begin{matrix} A & B & C & \dots & M \end{matrix} & \end{matrix}$$

M.- número de estratos

N.- número de placas

(A es el estrato más superficial de suelo)

En la ecuación anterior, el primer subíndice indica bajo que placa se calcula la influencia de esfuerzos y el segundo la placa donde está aplicada la carga uniforme unitaria. El superíndice, el estrato donde se calcula la influencia.

3) Con las compresibilidades volumétricas unitarias de los estratos (anexo B), se construye un vector "A" que las contenga, o sea:

$$\bar{\alpha} = \begin{Bmatrix} \alpha_A \\ \alpha_B \\ \alpha_C \\ \cdot \\ \cdot \\ \alpha_N \end{Bmatrix}$$

4) Se multiplica "I^T" por "ᾱ" para obtener un vector de desplazamientos ficticios que conforma uno de los renglones de la matriz de flexibilidades del suelo. De la misma manera se calculan los otros renglones. Todos estos vectores se "ensamblan" para obtener la matriz de flexibilidad final, o sea:

$$M = \begin{bmatrix} (I^T \bar{\alpha})_1^T \\ (I^T \bar{\alpha})_2^T \\ \cdot \\ \cdot \\ (I^T \bar{\alpha})_m^T \end{bmatrix} \quad (2.1.3)$$

m = número de placas

La expresión (2.1.2) se conoce como "ecuación matricial de asentamientos" (EMA, ref. 19).

2.1.c Módulo de cimentación y módulo unitario

Como se estableció anteriormente, en los análisis estructurales convencionales la respuesta del suelo ante cargas se modela empleando elementos de interfaz como pueden ser resortes de respuesta elástica lineal, trabajando independientemente. El parámetro que define a estos últimos elementos se conoce como módulo de cimentación, K_i (Fig. 2.1.1). Sin embargo, si se considera al suelo como un medio continuo, habrá interacción entre los resortes, dando como resultado que los valores de K_i , en los diferentes puntos de la cimentación, dependan de la distribución de esfuerzos de contacto. Como esta distribución no se conoce a priori, se debe llevar a cabo un procedimiento iterativo que conduzca a sus valores reales; esto equivale a establecer lo que se conoce como la "compatibilidad" de deformaciones, la cual concilia las deformaciones de la cimentación con los hundimientos del suelo.

Los esfuerzos de contacto varían de punto a punto, sin embargo el problema se resuelve en forma discreta mediante el uso de placas, obteniendo los esfuerzos de contacto q_j , y los asentamientos δ_j , medios por cada placa (figura 2.1.3). Cabe señalar que, el asentamiento δ_j no solamente es producido por el esfuerzo q_j sino también por la influencia del resto de las placas.

La relación entre q_j y δ_j (Fig. 2.1.4) se conoce como módulo unitario, k_j ; este último se puede relacionar con el módulo K_i , mediante la expresión:

$$K_i = \sum_{j=1}^n k_j a_{ij}$$

donde:

- n = número de placas, y
- k = módulo unitario correspondiente a la placa j .
- a_{ij} = área tributaria de la placa j para el nodo i (puede valer cero, Fig. 2.1.5).

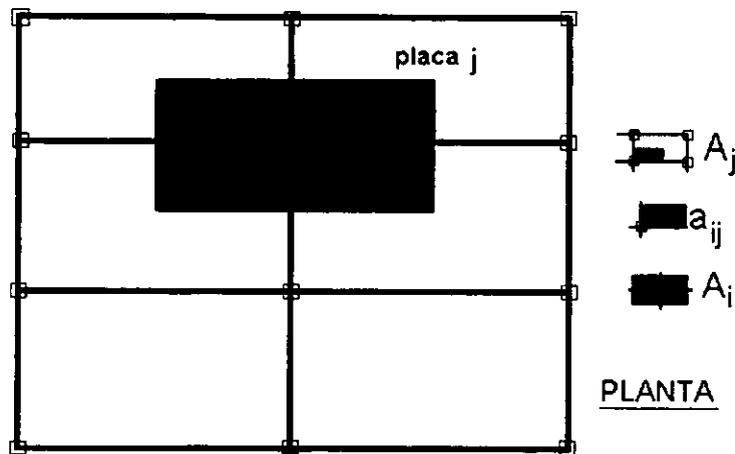


Fig. 2.1.5 Concepto de áreas tributarias

o sea:

$$K_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{q_j}{\delta_j} \right) a_{ij} \quad (2.1.4)$$

Con esta última expresión se establece el procedimiento iterativo para determinar los valores "reales" de K_i ; por ejemplo, se puede comenzar suponiendo los valores de q_j iguales todos al peso por unidad de área de la estructura + cimentación, obteniéndose los correspondientes δ_j (ec. 2.1.2) y K_i (ec. 2.1.4). Mediante el análisis estructural (ec. 2.1.1), se obtendrán las reacciones en los resortes, R_i . Esto permitirá evaluar los valores corregidos de q_j mediante las expresiones:

$$q_i = \frac{R_i}{A_i}; \quad Q_j = \sum_{i=1}^m q_i a_{ij} \quad \text{y} \quad q_{jc} = \frac{Q_j}{A_j}$$

donde:

A_i = área tributaria total del nodo i (Fig. 2.1.5).

A_j = área de la placa j .

m número de nodos de la retícula de cimentación que contribuyen al valor de q_{jc} correspondiente a la placa j.

o sea:

$$q_{jc} = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{R_i}{A_i} a_{ij}}{A_j} = \sum_{i=1}^m \left[\frac{R_i}{A_i} \left(\frac{a_{ij}}{A_j} \right) \right]$$

Si las a_{ij} se expresan como una fracción, f_{ij} , de A_j , se obtiene:

$$q_{jc} = \sum_{i=1}^m f_{ij} \frac{R_i}{A_i}; \text{ pero } A_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} = \sum_{j=1}^n f_{ij} A_j$$

de donde:

$$q_{jc} = \sum_{i=1}^m \left(f_{ij} \frac{R_i}{\sum_{j=1}^n f_{ij} A_j} \right) \quad (2.1.5)$$

Con EMA(ec. 2.1.2) se obtienen las δ_j , con la ec. (2.1.4) las K_i , con EMI(ec. 2.1.1) las R_i y con la ec. (2.1.5) las q_{jc} ; así continúa el proceso hasta que se logra la compatibilidad. Una vez obtenida ésta, se corrigen los valores de α_{jk} en función de las q_j y nuevamente se repite el proceso iterativo anteriormente descrito, hasta obtener la precisión deseada. Obtenidos los módulos de cimentación y haciendo uso de algún programa de análisis estructural es posible determinar los elementos mecánicos de la retícula de cimentación.

2.2 Método de Deméneghi

En este método, las reacciones en las barras (fig. 2.2.1) se obtienen directamente sustituyendo la ecuación (2.1.2) en la (2.1.1). Conduce prácticamente a los mismos resultados que el anteriormente descrito.

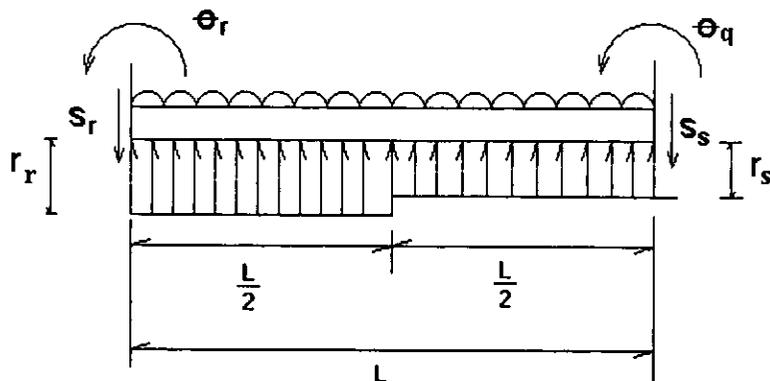


Fig. 2.2.1 Elementos mecánicos en los extremos de una barra

Las matrices de rigidez y los vectores de empotramiento dependen de las condiciones de apoyo de la barra. A continuación se describen para una barra con una articulación a la izquierda (nodo r) y un apoyo continuo a la derecha (nodo s).

La matriz de rigidez es:

$$K_b = \begin{bmatrix} \theta_q & \delta_r & \delta_s \\ 3EI/L & -3EI/L^2 & 3EI/L^2 \\ -3EI/L^2 & 3EI/L^3 & -3EI/L^3 \\ 3EI/L^2 & -3EI/L^3 & 3EI/L^3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_q \\ \delta_r \\ \delta_s \end{Bmatrix}$$

El vector de cargas de empotramiento vale:

$$P_i = \begin{Bmatrix} -wL^2/8 + (7/128)L^2r_r + (9/128)L^2r_s \\ -3wL/8 + (41/128)Lr_r + (7/128)L^2r_s \\ -5wL/8 + (23/128)Lr_r + (57/128)Lr_s \end{Bmatrix}$$

De la ecuación (2.1.1) se obtiene un sistema de ecuaciones en términos de reacciones y desplazamientos, que representa el equilibrio de fuerzas cortantes y momentos flexionantes.

El asentamiento del suelo que producen las reacciones r_k , en un punto i y a la profundidad media de un estrato j , vale:

$$\delta_i = \sum_{j=1}^n M_{z-y} H_{ij} \sum_{k=1}^m I_{ijk} r_k d_k / a_k \quad 2.2.1$$

Al aplicar la expresión anterior se obtiene un sistema de ecuaciones, que sustituido en (2.1.1), da la solución para las reacciones del suelo sobre las barras.

2.3 Método del elemento finito

El método del elemento finito es una técnica refinada de análisis, donde el incremento de esfuerzos en la masa de suelo debido a sobrecargas no se determina de considerar un medio semi-infinito (como en el caso de la solución de Boussinesq), sino a partir de suponer que los desplazamientos del medio son función de las coordenadas del sistema de referencia (por ejemplo lineal).

En el caso elástico se supone, además, que el trabajo que desarrollan las descargas externas es igual al cambio en la energía elástica interna (o sea, no hay pérdidas de energía por cambios de calor o de masa), tal vez sea esta suposición la que menos se ajusta al caso de un suelo fino saturado, donde se tienen pérdidas de masa por flujo de agua.

Adicionalmente, cuando se analiza la influencia de los esfuerzos cortantes sobre los de contacto (problema que no se puede resolver con las técnicas anteriormente vistas), se observa que la liga entre los materiales es demasiado fuerte como para ser "real" y es necesario introducir una corrección a través de los llamados "elementos de interfaz".

La solución que proporciona esta herramienta también resulta discreta, obteniéndose los desplazamientos en puntos determinados y esfuerzos medios sobre las "caras" de cada elemento (fig. 2.3.1), usando las siguientes expresiones:

$$[K]_{3nx \ 3n} \{\delta\}_{3nx \ 1} = \{F\}_{3nx \ 1}$$

donde:

[K]= matriz de rigidez global

{ δ } = vector de desplazamientos de los nodos

{F} = vector de fuerzas externas sobre los nodos

n = número de nodos de la malla de elementos finitos.

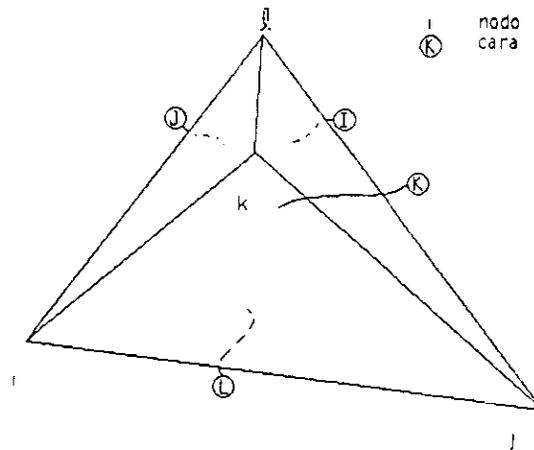


Fig. 2 3 1 Elemento finito tetraédrico

Para cada elemento finito se tiene:

$$[K]_e = [B]^T [D] [B] V$$

donde:

$$[D] = \frac{E}{(1+\nu)(1-\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1 & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix}$$

V.- volumen del elemento.

E.- Módulo de elasticidad del material de cada elemento.

ν .- Relación de Poisson.

$$[B] = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} b_j & 0 & 0 & b_k & 0 & 0 & b_l & 0 & 0 \\ 0 & c_j & 0 & 0 & c_k & 0 & 0 & c_l & 0 \\ 0 & 0 & d_j & 0 & 0 & d_k & 0 & 0 & d_l \\ c_j & b_j & 0 & c_k & b_k & 0 & c_l & b_l & 0 \\ d_j & 0 & b_j & d_k & 0 & b_k & d_l & 0 & b_l \\ 0 & d_j & c_j & 0 & d_k & c_k & 0 & d_l & c_l \end{bmatrix}$$

$$b_j = \begin{vmatrix} 1 & y_j & z_j \\ 1 & y_k & z_k \\ 1 & y_l & z_l \end{vmatrix}; \quad b_k = - \begin{vmatrix} 1 & y_j & z_j \\ 1 & y_l & z_l \\ 1 & y_k & z_k \end{vmatrix}; \quad b_l = \begin{vmatrix} 1 & y_j & z_j \\ 1 & y_k & z_k \\ 1 & y_l & z_l \end{vmatrix}$$

$$c_I = \begin{vmatrix} x_I & 1 & z_I \\ x_K & 1 & z_K \\ x_I & 1 & z_I \end{vmatrix}; c_J = -\begin{vmatrix} x_I & 1 & z_I \\ x_K & 1 & z_K \\ x_I & 1 & z_I \end{vmatrix}; c_K = \begin{vmatrix} x_I & 1 & z_I \\ x_J & 1 & z_J \\ x_I & 1 & z_I \end{vmatrix}; c_L = -\begin{vmatrix} x_I & 1 & z_I \\ x_I & 1 & z_I \\ x_K & 1 & z_K \end{vmatrix}$$

$$d_I = \begin{vmatrix} x_I & y_I & 1 \\ x_K & y_K & 1 \\ x_I & y_I & 1 \end{vmatrix}; d_J = -\begin{vmatrix} x_I & y_I & 1 \\ x_K & y_K & 1 \\ x_I & y_I & 1 \end{vmatrix}; d_K = \begin{vmatrix} x_I & y_I & 1 \\ x_J & y_J & 1 \\ x_I & y_I & 1 \end{vmatrix}; d_L = -\begin{vmatrix} x_I & y_I & 1 \\ x_I & y_I & 1 \\ x_K & y_K & 1 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & x_I & y_I & z_I \\ 1 & x_I & y_I & z_I \\ 1 & x_K & y_K & z_K \\ 1 & x_I & y_I & z_I \end{vmatrix}$$

La rigidez global de la malla de elementos finitos se determina "acoplando" las rigideces de cada elemento.

La matriz de rigidez depende de la geometría y propiedades elásticas de los elementos de la malla. Una vez construida ésta, se determina el vector de fuerzas y se resuelve el sistema 2.3.1 para obtener los desplazamientos de los nodos.

Para calcular el estado de esfuerzos y deformaciones se utilizan los desplazamientos conocidos de cada elemento, como:

$$\{\varepsilon\}_e = [B]\{\delta\}_e$$

y

$$\{\sigma\}_e = [D]\{\varepsilon\}_e$$

donde:

$$\{\delta\}_e = \begin{Bmatrix} \delta_{xI} \\ \delta_{yI} \\ \delta_{zI} \\ \delta_{xJ} \\ \delta_{yJ} \\ \delta_{zJ} \\ \delta_{xK} \\ \delta_{yK} \\ \delta_{zK} \\ \delta_{xL} \\ \delta_{yL} \\ \delta_{zL} \end{Bmatrix}; \{\varepsilon\}_e = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \end{Bmatrix}; \{\sigma\}_e = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{xz} \\ \tau_{yz} \end{Bmatrix}$$

2.4 Propuesta de Rivera y Zea

Para tomar en cuenta el efecto del incremento de esfuerzos laterales en la deformación vertical, la ecuación (2.1.3) se puede modificar de la siguiente manera:

$$M = \begin{bmatrix} \left\{ [I_z - \nu_a (I_x + I_y)]^T \bar{\alpha} \right\}_1^T \\ \left\{ [I_z - \nu_a (I_x + I_y)]^T \bar{\alpha} \right\}_2^T \\ \vdots \\ \left\{ [I_z - \nu_a (I_x + I_y)]^T \bar{\alpha} \right\}_m^T \end{bmatrix} \quad (2.4.1)$$

donde

I_z .- Matriz de influencias de esfuerzo en dirección vertical

I_x .- Matriz de influencias de esfuerzo en dirección "x"

I_y .- Matriz de influencias de esfuerzo en dirección "y"

ν_a .- Matriz de relaciones de Poisson de los estratos corregida por anisotropía

La relación de Poisson no es una constante de los materiales, sino que depende de los niveles de deformación, esfuerzo confinante y velocidad de aplicación de la carga. De esto surge la necesidad de que se realicen pruebas de consolidación en cámaras triaxiales en pastillas de suelo (en el caso estático), donde sea posible medir los desplazamientos laterales de las muestras ensayadas.

Desde el punto de vista de cómputo, la ventaja de la ecuación (2.4.1) es que la matriz M sigue siendo del mismo orden que la original (2.1.3), por lo que no aumenta la memoria de almacenamiento de los datos. Por lo demás, el procedimiento de solución puede ser el mismo que el propuesto por Zeevaert (inciso 2.1) o Deméneghi (inciso 2.2).

En el anexo C se dan más detalles del procedimiento descrito y en los anexos A y B se describe el cálculo del incremento de esfuerzos en la masa de suelo, vertical y lateral, respectivamente.

CAPÍTULO 3

PROGRAMACION DEL METODO DE ZEEVAERT Y EJEMPLO DE CASOS ESPECIALES

3.1 Programación del Método de Zeevaert

El programa ISRET, escrito en FORTRAN (anexo D), que se propone para el análisis de interacción suelo-retícula de cimentación, está diseñado de manera flexible con el fin de que el usuario interactúe con él; por eso queda en sus manos el buen uso y provecho, lo cual se facilitará al seguir los pasos que aquí se sugieren.

Pasos:

- 1.- Se debe preparar la malla de placas, nodos y barras como se indica en el anexo D, pudiéndose emplear las herramientas de preprocesado descritas.
- 2.- Se tienen que calcular las compresibilidades de los estratos, tomando en cuenta la evolución de los esfuerzos efectivos en la masa de suelo, durante la construcción y operación de la obra (ref. 18). Para ello, primero deben calcularse los esfuerzos medios (anexo A) y las compresibilidades medias por estrato (ref. 18, anexo F). En el anexo E se describe un programa para el ajuste de parámetros de consolidación que deben tomarse en cuenta en el cálculo de las compresibilidades.
- 3.- Calcular con el programa preprocesador (PRISRET, anexo D) las matrices tanto de flexibilidades del suelo como de rigideces de las estructuras. De estas últimas, primero se realiza el cálculo sin tomar en cuenta la flexibilidad del suelo (ec. 2.1.1), pues posteriormente se hace el ensamble.
- 4.- Se deben tener los datos de las bajadas de cargas; ya sea como descargas por columnas o en forma uniformemente distribuidas (tomado en cuenta posibles excentricidades de carga).
- 5.- Correr el programa ISRET con las siguientes posibilidades (las cuales se recomienda seguir paso a paso si no se es un experto en interacción):
 - a) **Cimentación totalmente flexible:** Esta opción conduce a una estimación preliminar del asentamiento medio que pudiera tener la cimentación de la estructura analizada. Para esto puede emplearse la sección del programa denominada "*vector de cargas*". Se debe garantizar el equilibrio para tener una buena predicción de ese asentamiento. Desde luego en el caso de cimentaciones con muy poca o nula rigidez, la opción dará la solución definitiva, ayuda también en el caso del cálculo de expansiones, pero en lugar de usar la compresibilidad volumétrica, se utilizan la expansibilidad volumétrica de los estratos, cuya estimación se realiza mediante los módulos de respuesta elástica obtenidos de pruebas de compresión simple con un ciclo de carga-descarga (ref. 18).

- b) **Cimentación totalmente rígida:** Después de que se cuenta con una predicción del asentamiento medio es necesario conocer la distribución de cargas correspondiente; la opción anterior es difícil de emplear para esto. La sección "*vector de desplazamientos*" es la óptima en este caso. Primero se debe declarar un asentamiento medio que no tome en cuenta excentricidades de carga (éstas deberán considerarse posteriormente). El resultado de lo anterior es una distribución de reacciones que en general no cumple con el equilibrio, pero está muy cerca de ello. Como el programa ya cuenta con un valor "pivote" (el asentamiento medio que se proporcionó) entonces la corrección se realiza con la opción "*corrección del asentamiento con resultante de cargas*"; lo que hace el programa es corregir linealmente los asentamientos "pivote" ya dados mediante el factor de corrección que resulta de dividir la carga real entre la carga calculada. El programa realiza 5 iteraciones para llegar al valor "real", si todavía no se alcanza el equilibrio es: ó porque faltan iteraciones o porque hubo un error en la entrada de datos (esto lo decide el usuario). Los cálculos no necesariamente tienen que dar simetría.

Si ya se logró el equilibrio se salvarán los resultados para sumarlos después mediante hoja de cálculo a los que se obtienen con la excentricidad de cargas cuyo procedimiento es similar al anterior; o sea, primero se hace girar la cimentación o cimentaciones alrededor de su centroide un grado, ya sea en sentido "x", "y" o el que se elija convenientemente, mediante la opción "*girar*" o a través de datos; la distribución de reacciones correspondiente no cumple con el equilibrio con respecto a los momentos "reales" pero se puede emplear el giro dado, como "pivote" para encontrar la distribución "real" simplemente empleando ahora de la opción "*corregir desplazamientos por momentos*".

- c) **Cimentación semiflexible;** Si es posible contar con la rigidez de la cimentación, entonces esta opción se prefiere a las dos anteriores. No es necesario tener una predicción de asentamientos o reacciones, pero si conviene plantearla con objeto de que el programa converja rápidamente. El programa realiza 10 iteraciones para llegar a la convergencia.

La rigidez de la cimentación dependerá de la forma de su sección a partir del centro geométrico; en el caso de zapatas aisladas ligadas con contratrabes, la sección de las contratrabes es lo que debe tomarse en cuenta; en el caso de zapatas corridas, la forma de Te, "T", invertida es lo que conviene; para cajones, las secciones más comunes son en forma de canal, "[", y en forma de dos patines acostados sin alma, "=", en los que el centroide queda a la mitad entre los dos patines y la longitud del elemento es el ancho de la "placa" que los involucre. En los ejemplos que se presentan en los siguientes incisos se eligió un valor arbitrario (en ocasiones de uno) para la rigidez, por simplicidad.

- d) Por último, si es preciso recalcular las compresibilidades de los estratos (anteriormente dadas como valores medios representativos de los estratos), debe accionarse el programa PRISRET (anexo D).

3.2 Ejemplo de Casos Especiales

El propósito de plantear los siguientes ejemplos es establecer una metodología para su análisis, que pueda servir como herramienta de cálculo mediante el empleo de los programas de computadora que se proponen.

Para todos los casos analizados, la estratigrafía y propiedades a emplear se muestran en las figuras 3.1. a 3.8. Lo más deseable sería tener una gráfica de parámetros de consolidación por cada estrato que se defina, sin embargo, para ejemplificar se adoptarán las curvas de parámetros de consolidación de las figuras citadas para aplicarlos en los estratos definidos en el perfil estratigráfico de la figura 3.1, de la siguiente manera:

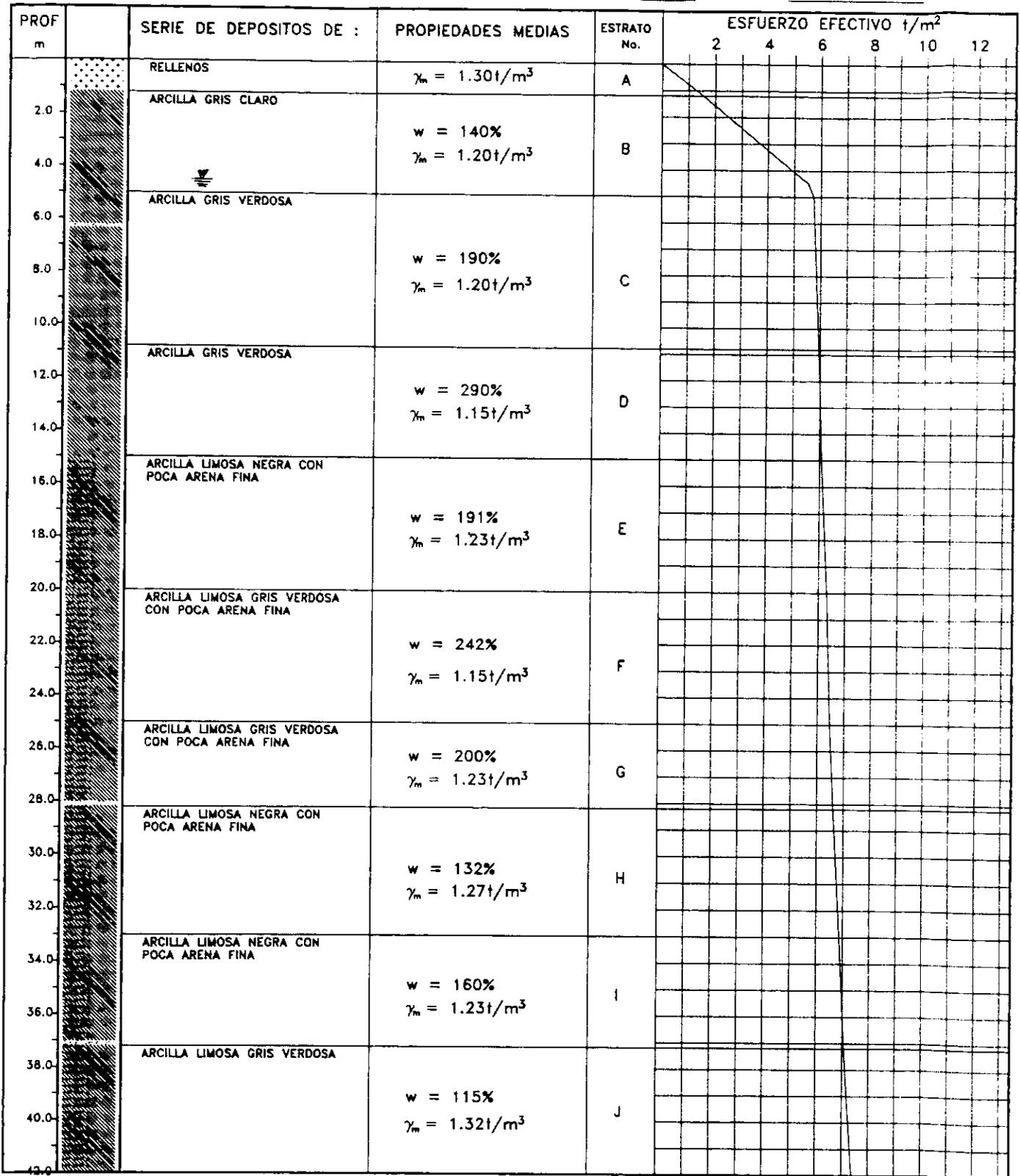
Figura:	Estrato(s) :
3.2	B y C
3.3	D
3.4	E
3.5	F y G
3.6	H
3.7	I
3.8	J

Por otro lado, cabe hacer notar que en los ejemplos que involucran giros de la cimentación, en general sólo se consideran los momentos de primer orden, como los producidos por excentricidad de cargas, influencia de otras estructuras, geometría irregular, etc. pero se desprecian los que se generan por inclinación de la estructura debido a asentamientos (momentos de orden superior). Si la altura del edificio de que se trate es de consideración será necesario tomar en cuenta el de segundo orden en un momento dado.

PERFIL ESTRATIGRAFICO

SONDEO: 3

N.A.F.: 4.5 m



SIMBOLOGIA:



GRAVA



LIMO



MATERIA ORGANICA



ARENA



ARCILLA



RELLENO

FIG.: 3.1

PARAMETROS DE CONSOLIDACION

SONDEO 3, PROF.: 5.60-5.80 m

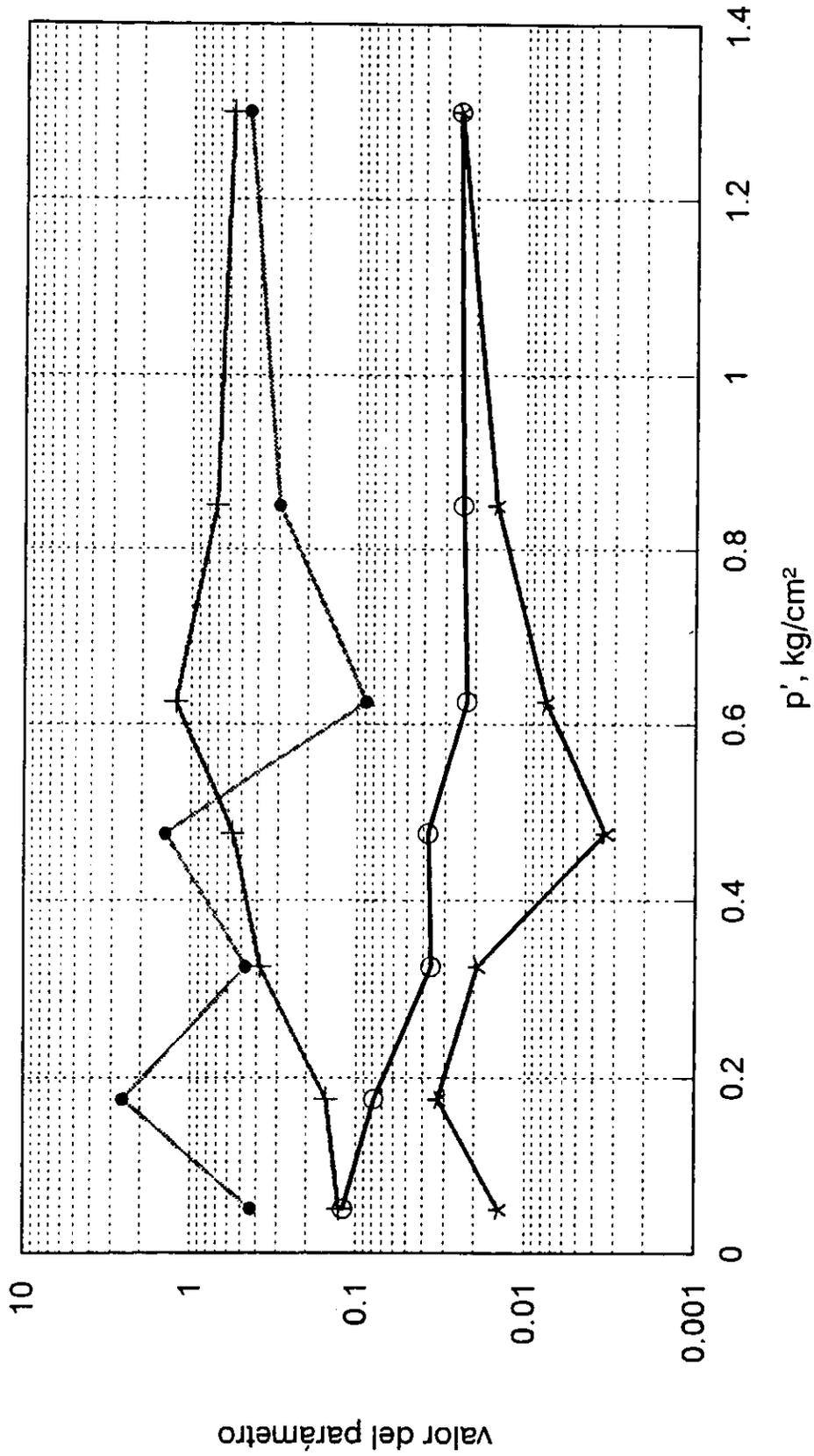


Fig. 3.2

PARAMETROS DE CONSOLIDACION

SONDEO 3, PROF.: 10.60-10.80 m

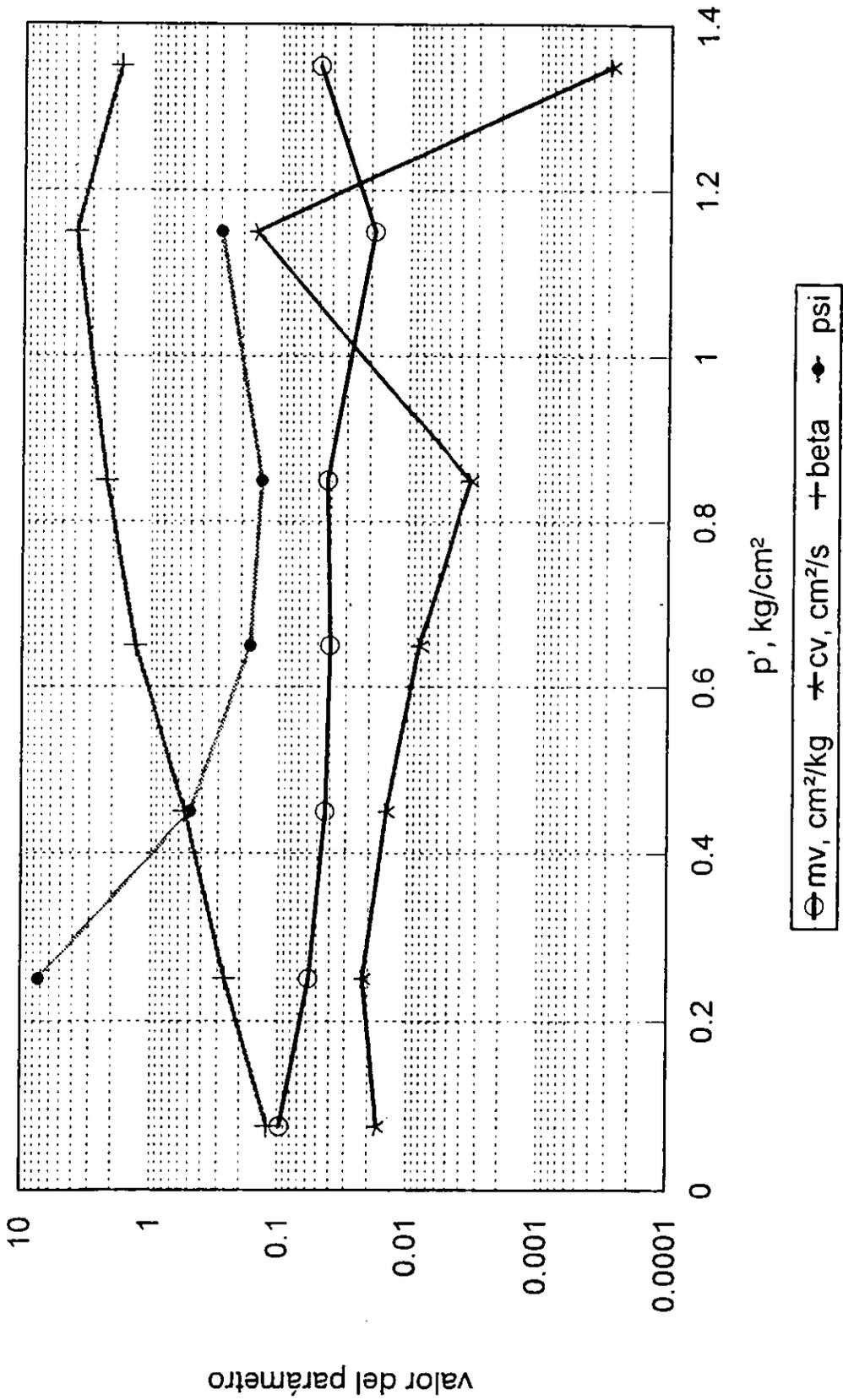


Fig. 3.3

PARAMETROS DE CONSOLIDACION

SONDEO 3, PROF.: 17.60-17.80 m

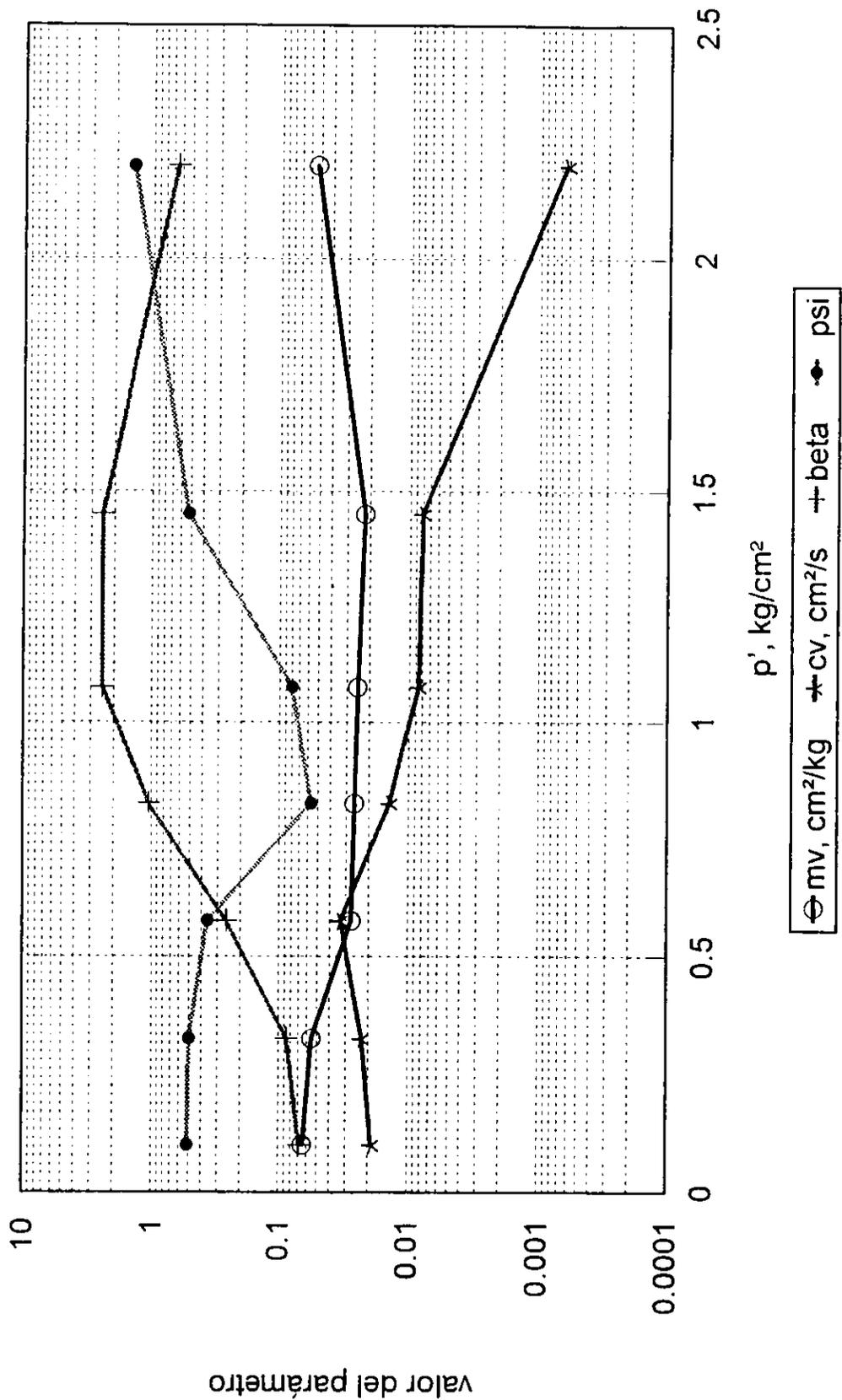


Fig. 3.4

PARAMETROS DE CONSOLIDACION

SONDEO 3, PROF.: 23.60-23.80 m

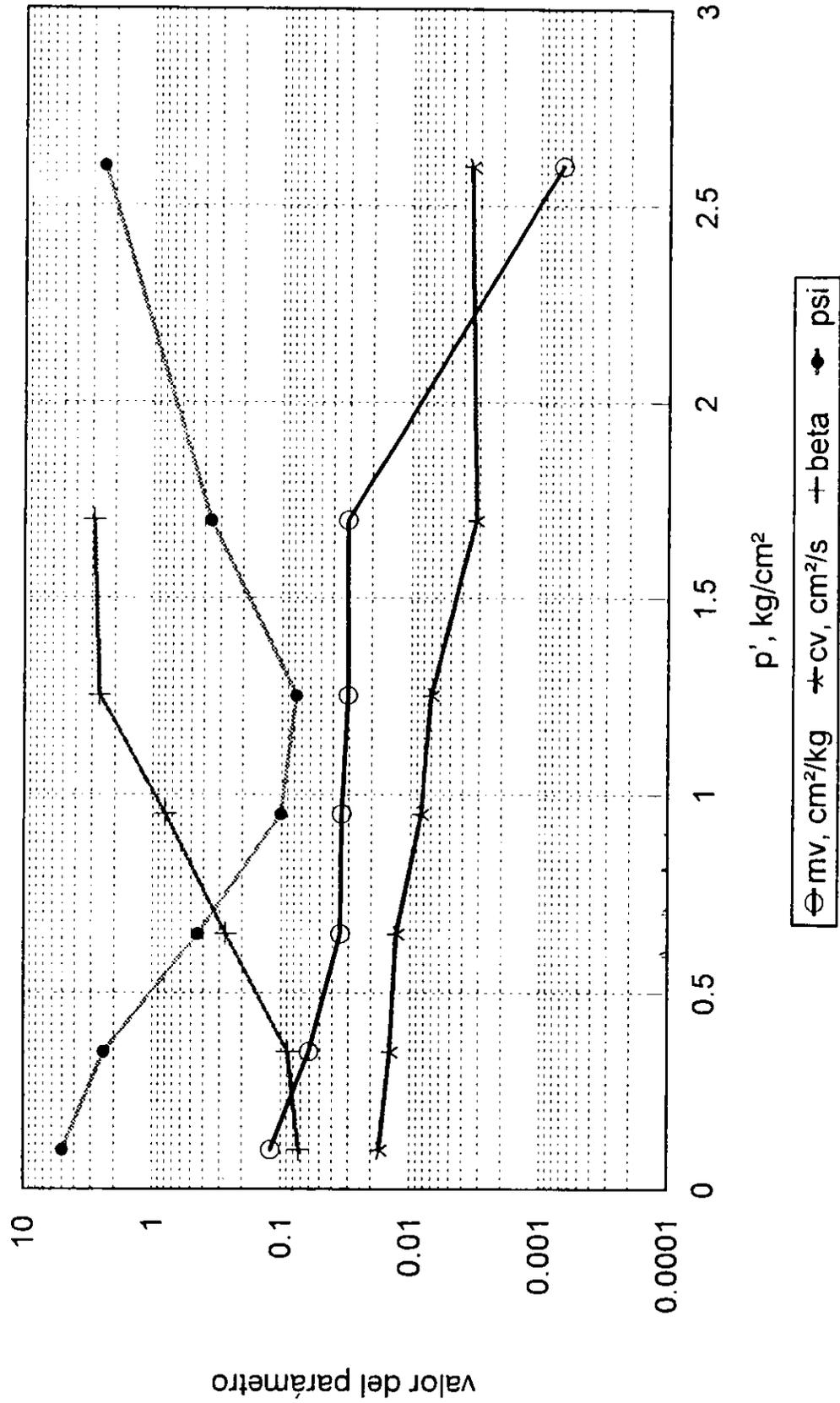


Fig. 3.5

PARAMETROS DE CONSOLIDACION

SONDEO 3, PROF.: 30.60-30.80 m

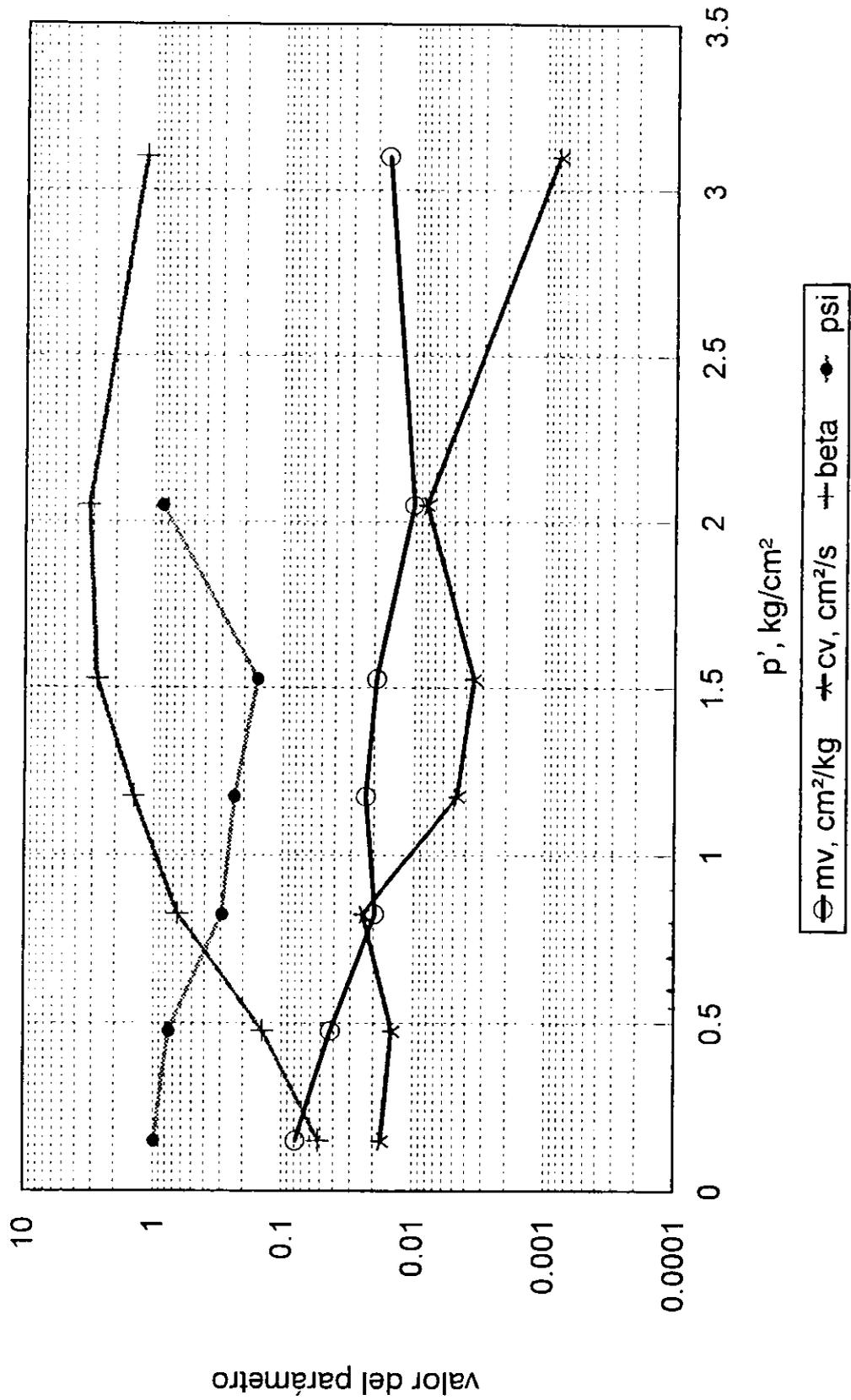


Fig. 3.6

PARAMETROS DE CONSOLIDACION

SONDEO 3, PROF.: 36.60-36.80 m

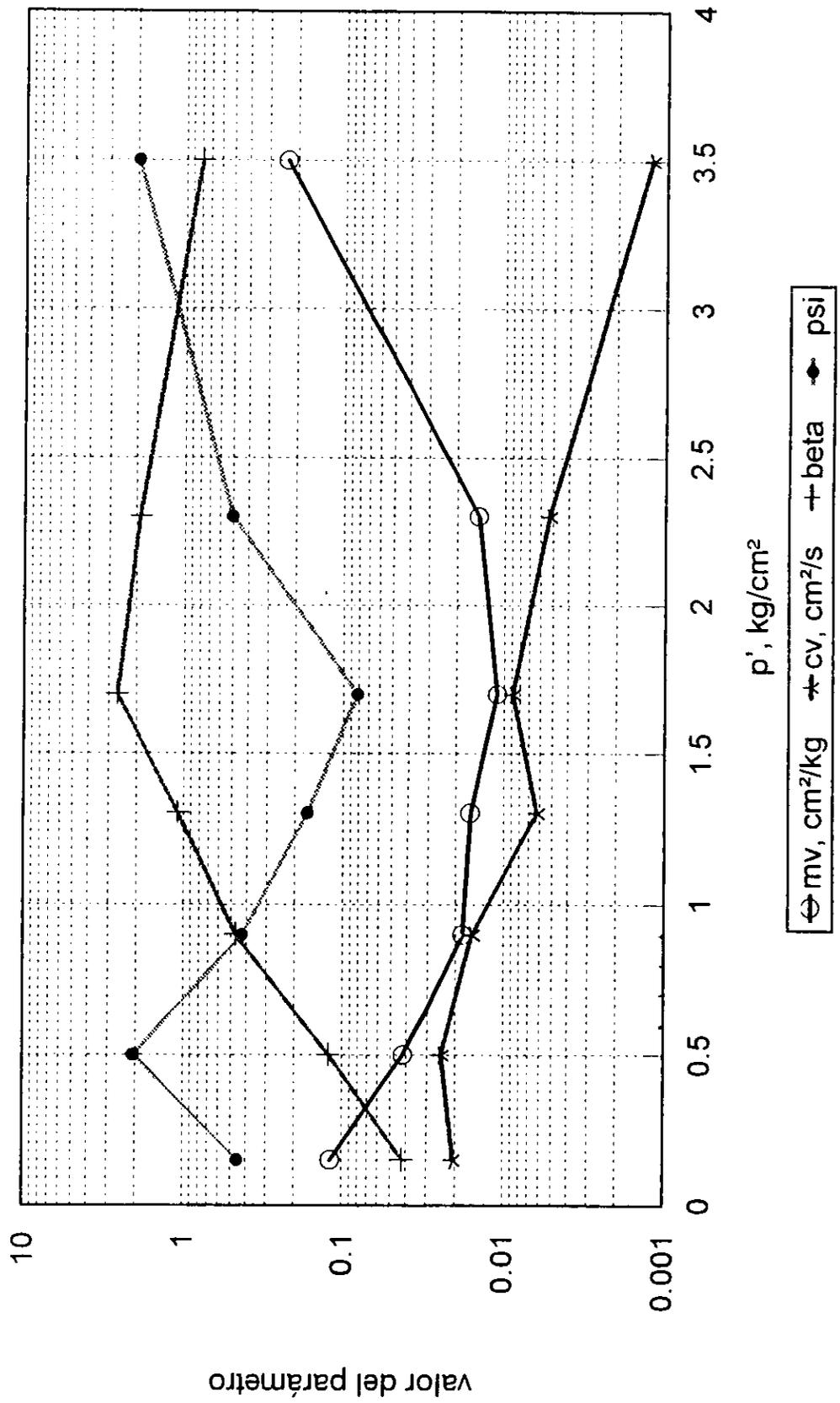


Fig. 3.7

PARAMETROS DE CONSOLIDACION

SONDEO 3, PROF.: 40.60-40.80 m

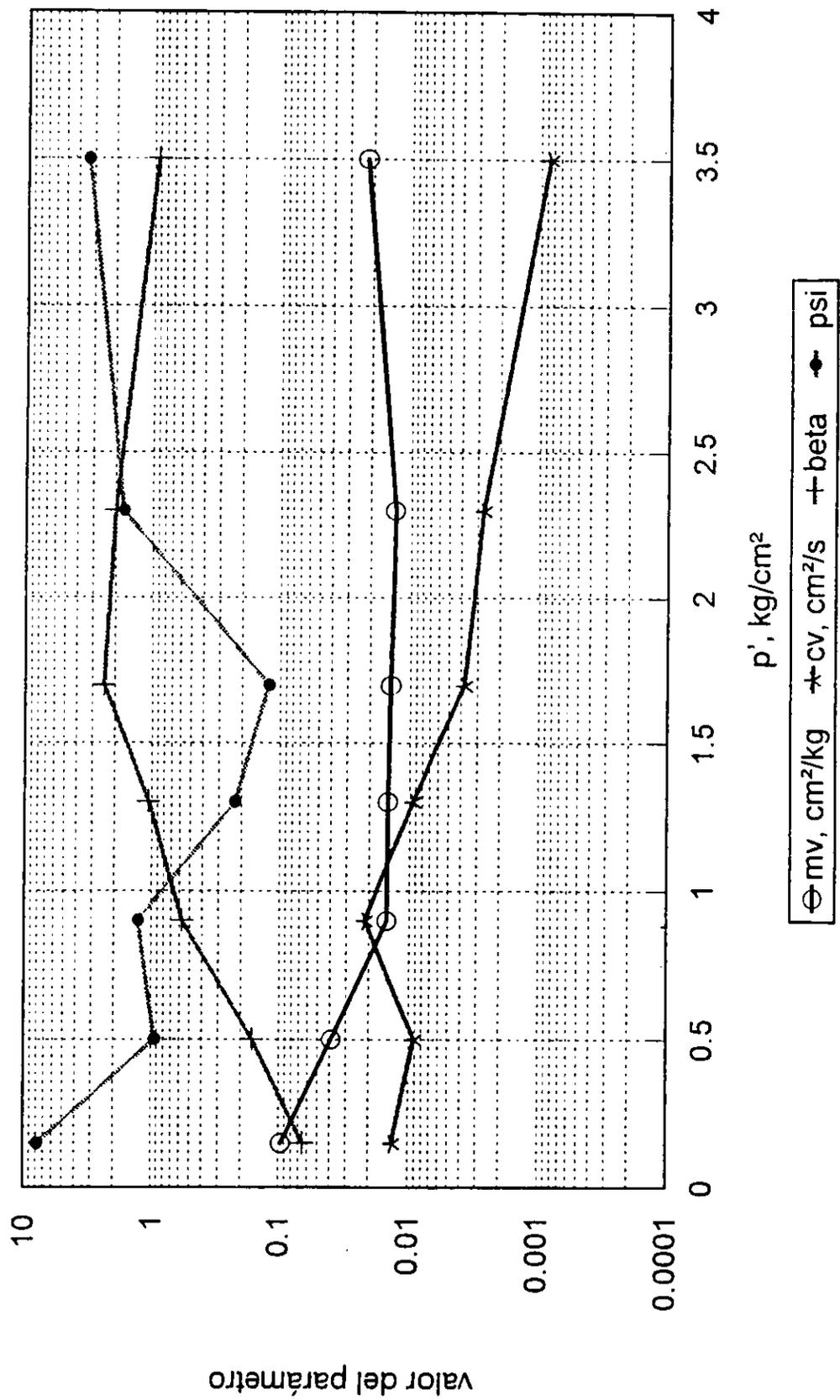


Fig. 3.8

3.2.1 Ejemplo 1. Excentricidad de Cargas

Se presenta un caso idealizado con descargas excéntricas, o sea la resultante de descargas no pasa por el centro geométrico de la cimentación. Este caso es muy común en las estructuras reales, lo cual afecta la configuración de reacciones y desplazamientos en la cimentación, si las cargas no fueran excéntricas. La figura 3.2.1A muestra los datos de descargas por columna y en forma linealmente distribuida.

Solución:

La modelación de la planta de cimentación mediante placas, nodos y barras se indica en las figuras 3.2.1B y 3.2.1C., en tanto que el cálculo de las compresibilidades medias de los estratos se muestra en la tabla 3.2.1A.

Cimentación muy Rígida

Si la cimentación es muy rígida el caso se puede simplificar suponiendo una carga uniformemente distribuida más un momento de volteo producido por la excentricidad en las cargas. Para ello es necesario evaluar la excentricidad con las expresiones siguientes:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i x_i}{\sum_{i=1}^n F_i}; \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i y_i}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

$$e_x = x_g - \bar{x}; \quad e_y = y_g - \bar{y}$$

donde:

F_i fuerza cuyas coordenadas son x_i y y_i .

Los momentos de volteo serán:

$$M_x = e_y \sum_{i=1}^n F_i; \quad M_y = e_x \sum_{i=1}^n F_i$$

La aplicación de las expresiones anteriores para el ejemplo propuesto conduce a la tabla 3.2.1B.

El procedimiento a emplear es:

- 1.- Se calcula el desplazamiento medio para “cimentación totalmente flexible”.
- 2.- Se obtiene la resultante de reacciones a partir del desplazamiento medio anterior, “para cimentación rígida”; bajo esta condición, la resultante de reacciones no satisface el

equilibrio, por lo que será necesario corregir el asentamiento medio inicial hasta que la resultante de reacciones sea igual a la resultante de cargas, con la expresión:

$$\delta_{i+1} = \frac{R_c}{R_r} \delta_i \quad (3.1)$$

donde:

R_c : resultante de cargas

R_r : resultante de reacciones

3.- La resultante de cargas no coincide con la línea de acción de la resultante final de reacciones obtenida en el punto anterior, debido a la excentricidad de las cargas, lo que da origen a momentos de volteo M_x' y M_y' y, por ende, giros de la cimentación. La excentricidad se analiza suponiendo un giro unitario alrededor del centro geométrico de la cimentación rígida (triángulo de desplazamientos, figuras 3.2.1D y E), primero en sentido "x" y luego en sentido "y" y se obtiene la configuración de reacciones que lo produce, así como el momento de volteo de esas reacciones. Si el momento debido a las reacciones resulta diferente del "real", se corrige el giro propuesto con la siguiente expresión, hasta obtener la precisión deseada:

$$\delta_{i+1} = \frac{M_r}{M_c} \delta_i \quad (3.2)$$

donde:

M_r : momento real

M_c : momento calculado

3.- Se superponen los diagramas de reacciones y desplazamientos obtenidos en los puntos 1 y 2, y se corrigen las compresibilidades volumétricas, si es necesario, repitiendo el proceso anterior, hasta lograr la convergencia.

Cimentación semiflexible

Si la cimentación es semiflexible, su condición se puede tomar en cuenta mediante la técnica de barras de rigidez equivalente descrita en el capítulo anterior. Para el caso en estudio la figura 3.1g muestra la numeración de barras y nodos correspondiente. Los momentos de inercia se calculan en la tabla 3.2.1b. El módulo de elasticidad del concreto se tomará como $E = 474\,300 \text{ t/m}^2$. En este caso el proceso iterativo es entre las subrutinas que resuelven la respuesta del suelo y la estructura de cimentación. Es aplicable el mismo comentario de la corrección de las compresibilidades del punto anterior.

Uso de los Programas

Para mayor claridad véanse los archivos de datos siguientes:

- | | |
|--|------------|
| a) de placas y nodos; | isret1.dov |
| b) de compresibilidades; | isret1.alf |
| c) de nodos, barras y propiedades de las barras; | isret1.ret |
| d) de descargas por nodos y barras; | isret1.dsc |

al correr el programa PRISRET se generan los siguientes archivos

- d) de flexibilidades del suelo; isret1.fl1
- e) de rigideces de la estructura; isret1.rg1

Con el programa ISRET se realiza lo siguiente:

1.- Se declara el juego de archivos con el que se va a trabajar, simplemente dando su nombre sin extensiones (nombre genérico).

2.- Se activa la sección "*vector de cargas*" y la opción "*cargas iguales*", proporcionando el valor de 2.488 ton/m² que se está aplicando en este caso (o sea, no se toma en cuenta por el momento la excentricidad en las cargas). Con esto se obtiene un asentamiento medio de 0.187 m. La distribución de reacciones es uniforme en este caso, pero los asentamientos no tendrán una distribución así.

3.- Se abre la sección "*vector de asentamientos*", donde se activa la opción asentamientos iguales y se proporciona el valor de 0.187 m de hundimiento medio obtenido anteriormente. La resultante de reacciones calculada con este hundimiento es de 5701.3 ton, la cual no es correcta, por lo que se usa la opción "*corregir por resultante de cargas*", donde se proporciona el valor real de 5500.7 t. El asentamiento promedio final es de 0.18 m, para cimentación rígida. Los resultados son parciales y deberán salvarse en algún archivo.

4.- Se elige la opción "*girar en y*", para tomar en cuenta la excentricidad alrededor de este eje. Se proporciona el valor de 1 (grado, giro unitario), para el cual, la distribución de reacciones que se obtiene no genera un momento alrededor del eje "y" igual al real, por lo que debe usarse la opción "*corregir por momentos*" dando el valor de -31264.37 t-m que tiene la cimentación en este ejemplo. Estos resultados parciales deben salvarse en algún archivo.

5.- Para tomar en cuenta la excentricidad alrededor del eje "x", se procede como en el párrafo anterior, eligiendo la opción "*girar en x*" y luego "*corregor por momentos*" dando el

valor real del momento de $-904.97 \text{ t}\cdot\text{m}$ (tabla 3.2.1B). Los resultados se salvarán en otro archivo.

Para que los resultados parciales de los dos párrafos anteriores tengan sentido, se deben sumar a los que se obtuvieron suponiendo hundimiento uniforme, mediante hoja de cálculo.

6.- Se elige la opción “análisis con retícula estructural plana” y se salvan los resultados en otro archivo.

Resultados

En las figuras 3.2.1E a 3.2.1M se presentan los resultados (sin corregir compresibilidades), obtenidos con el programa ISRET, para los diferentes casos analizados de este ejemplo.

Existe una fuerte dependencia de la rigidez de la cimentación, como se observa en los diagramas de reacciones (figs. 3.2.1E y 3.2.1F), hundimientos y módulos unitarios (figs. 3.2.1G y 3.2.1H).

La cimentación es más crítica con excentricidad que sin ella, como se puede deducir de los diagramas 3.2.1H y 3.2.1K, en las esquinas de la cimentación.

Son de notarse las grandes diferencias entre los tres casos analizados como cimentación totalmente flexible, rígida (sin y tomando en cuenta la excentricidad) y semiflexible, en cuanto a la distribución de reacciones (figuras 3.2.1E, 3.2.1H, 3.2.1K y 3.2.1N), asentamientos (figuras 3.2.1F, 3.2.1I, 3.2.1L y 3.2.1Ñ) y módulos unitarios (figuras 3.2.1G, 3.2.1J, 3.2.1M y 3.2.1O) se refiere. Así también la forma de resolución es diferente aunque parta de una misma teoría.

CARGAS PUNTALES EN TONELADAS
 CARGAS LINEALES EN t/m.
 (INCLUYEN PESO DE LA CIMENTACION)

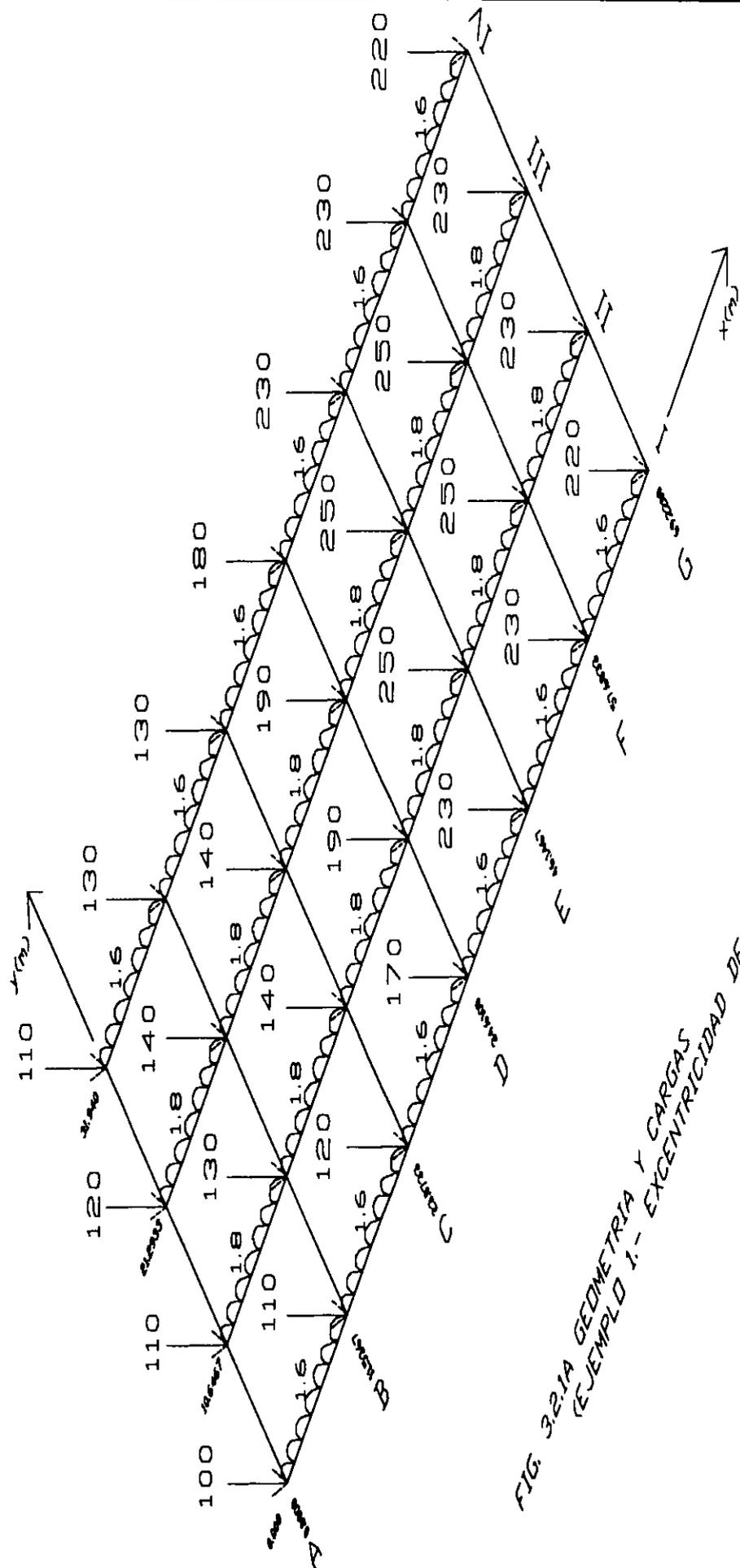


FIG. 3.21A GEOMETRIA Y CARGAS
 (EJEMPLO 1.- EXCENTRICIDAD DE CARGAS)

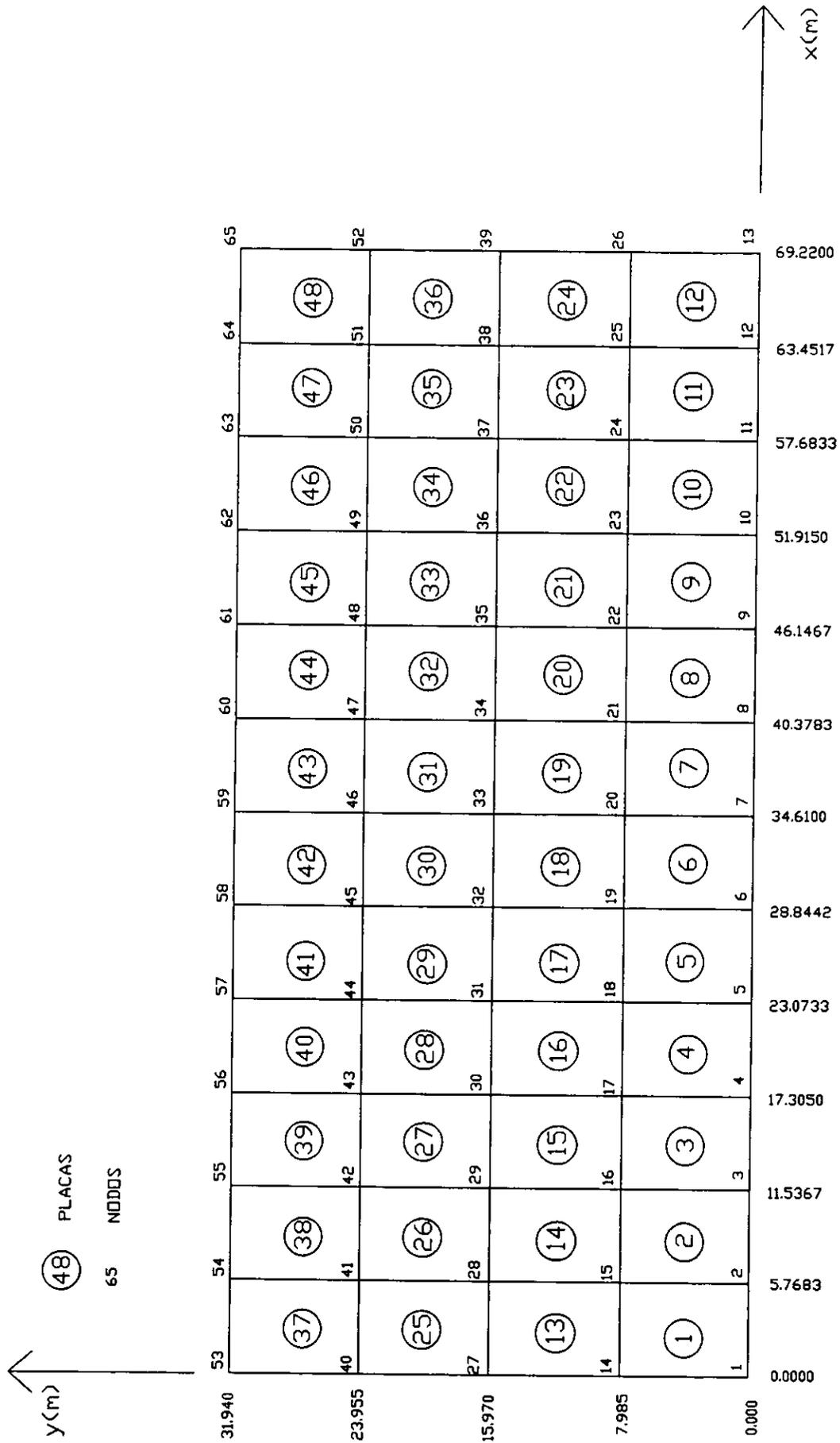


FIG. 3.2.1B MODELACION MEDIANTE PLACAS Y NODOS
 (EJEMPLO 1.- EXCENTRICIDAD DE CARGAS)

49 Puntos

Y(m)

37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
13	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

X(m)

PLANTILLA AEREA PARA LA ESTIMACION DE PUNAJOS DE AREAS VEGETALES

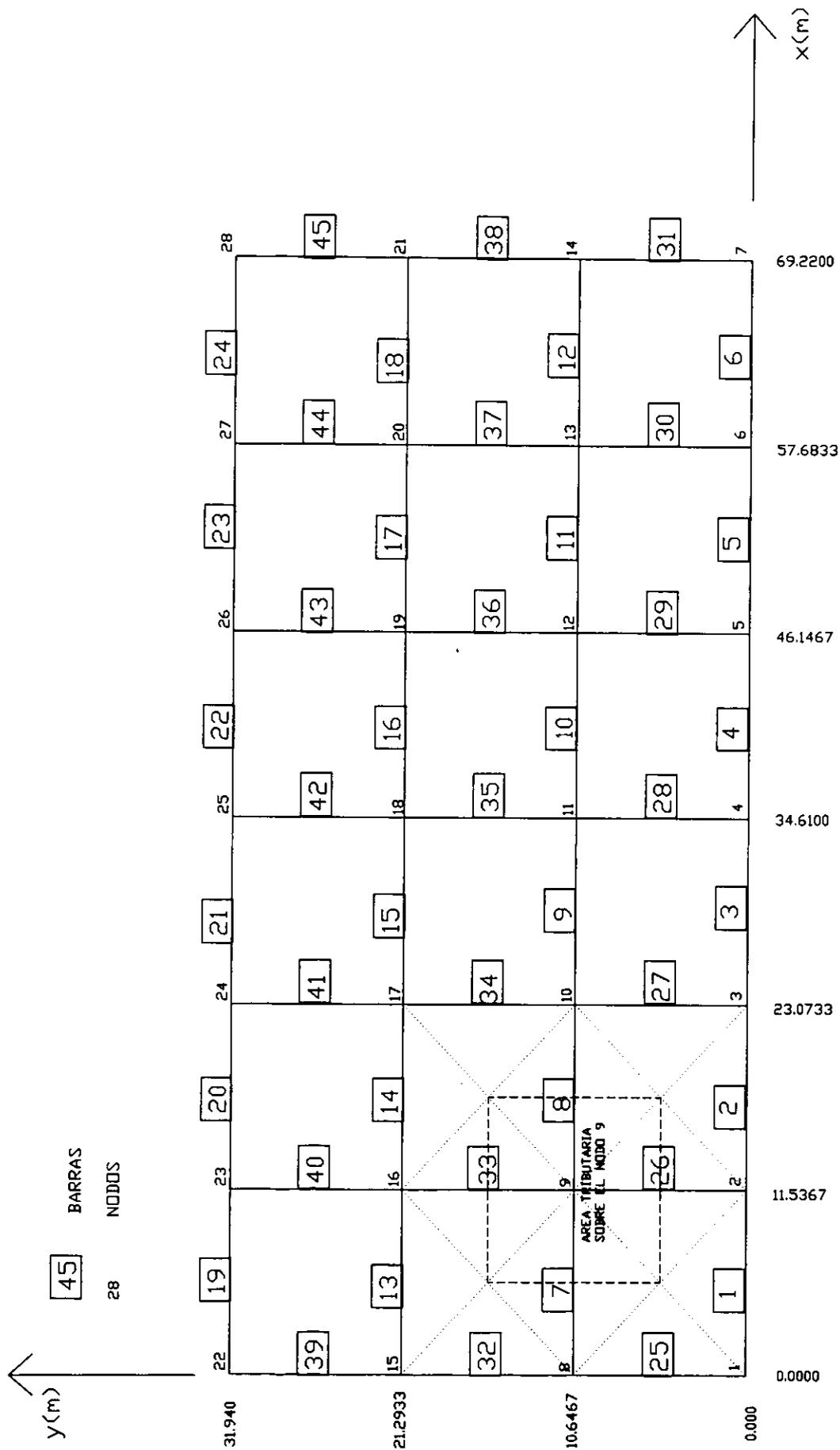
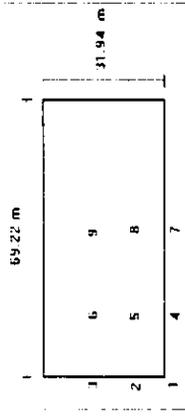


Fig. 3.2.1c MODELACION MEDIANTE BARRAS Y NODOS
(EJEMPLO 1. DE EXCENTRICIDAD DE CARGAS)

ANALISIS DE INFLUENCIAS MEDIAS DE ESFUERZO (DISTRIBUCION DE BOUSSINESQ)
 PROF. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 INF. MED.



1.8	0.288	0.536	0.537	0.536	0.998	0.999	0.536	0.998	0.999	0.60311
6.4	0.259	0.478	0.499	0.504	0.931	0.971	0.507	0.936	0.976	0.56500
11.4	0.251	0.418	0.459	0.480	0.804	0.882	0.493	0.822	0.902	0.51211
16.0	0.243	0.370	0.412	0.450	0.691	0.771	0.473	0.723	0.806	0.45922
21.0	0.232	0.327	0.362	0.412	0.585	0.651	0.444	0.628	0.697	0.40456
25.0	0.222	0.297	0.326	0.380	0.514	0.566	0.416	0.560	0.617	0.36456
29.0	0.211	0.271	0.294	0.350	0.453	0.494	0.387	0.500	0.545	0.32889
33.5	0.199	0.245	0.263	0.317	0.395	0.426	0.353	0.440	0.474	0.29311
38.0	0.186	0.223	0.237	0.287	0.347	0.370	0.321	0.388	0.414	0.26211

EST. #	H	He	σ_0	$\Delta\sigma$	σ	σ	mv	cv	β	ξ	Tv	Kvpo	$\Delta\sigma/\sigma_0$	ρ	F(Tv)	α	α	EST. #	α
A	cm	cm	t/m ²	t/m ²	t/m ²	kg/cm ²	cm ² /kg	cm ² /kgs			(t=15 años)			(comp.)		(comp.)	(comp.)		(comp.)
B	380	190	3.900	1.501	4.650	0.465	0.0370	0.0040	0.5400	1.3000	52.4144	0.9934	0.3848	0.6934	1.0	19.43	0.01943	B1	0.00972
C	600	600	5.850	1.406	6.553	0.655	0.0110	0.0084	1.0500	0.1020	11.0376	0.3439	0.2403	0.8056	1.0	7.15	0.00715	B2	0.00972
D	400	400	6.000	1.274	6.637	0.664	0.0400	0.0080	1.4000	0.1700	23.6520	0.9811	0.2124	0.6099	1.0	19.33	0.01933	C1	0.00357
E	500	500	6.200	1.143	6.771	0.677	0.0270	0.0220	0.4750	0.1700	41.6275	0.4309	0.1843	0.7543	1.0	14.57	0.01457	C2	0.00357
F	500	500	6.400	1.007	6.903	0.690	0.0350	0.0120	0.3050	0.3500	22.7059	0.2903	0.1573	0.8104	1.0	18.30	0.01830	D1	0.00967
G	300	300	6.530	0.907	6.984	0.698	0.0345	0.0115	0.3100	0.3150	60.4440	0.4036	0.1389	0.7524	1.0	10.93	0.01093	D2	0.00967
H	500	500	6.700	0.818	7.109	0.711	0.0260	0.0200	0.3700	0.4100	37.8432	0.4506	0.1221	0.7273	1.0	13.72	0.01372	E	0.01457
I	400	400	6.970	0.729	7.335	0.733	0.0250	0.0190	0.2700	0.8000	56.1735	0.4488	0.1046	0.7226	1.0	10.47	0.01047	F	0.01830
J	500	500	7.200	0.652	7.526	0.753	0.0155	0.0200	0.5250	1.2000	37.8432	0.8750	0.0906	0.5756	1.0	8.36	0.00836	G	0.01093

- H.- espesor del estrato
- He.- espesor efectivo
- σ_0 .- esfuerzo vertical efectivo inicial
- $\Delta\sigma$.- incremento de esfuerzo vertical efectivo
- σ .- esfuerzo medio vertical efectivo

TABLA 3.2.1A CALCULO DE PARAMETROS DE COMPRESIBILIDAD

NODO #	FUERZA (t)	x (m)	y (m)	F*x (t-m)	F*y (t-m)
1	100.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	110.00000	11.53670	0.00000	1269.03700	0.00000
3	120.00000	23.07330	0.00000	2768.79600	0.00000
4	170.00000	34.61000	0.00000	5883.70000	0.00000
5	230.00000	46.14670	0.00000	10613.74100	0.00000
6	230.00000	57.68330	0.00000	13267.15900	0.00000
7	220.00000	69.22000	0.00000	15228.40000	0.00000
8	110.00000	0.00000	10.64670	0.00000	1171.13700
9	130.00000	11.53670	10.64670	1499.77100	1384.07100
10	140.00000	23.07330	10.64670	3230.26200	1490.53800
11	190.00000	34.61000	10.64670	6575.90000	2022.87300
12	250.00000	46.14670	10.64670	11536.67500	2661.67500
13	250.00000	57.68330	10.64670	14420.82500	2661.67500
14	230.00000	69.22000	10.64670	15920.60000	2448.74100
15	120.00000	0.00000	21.29330	0.00000	2555.19600
16	140.00000	11.53670	21.29330	1615.13800	2981.06200
17	140.00000	23.07330	21.29330	3230.26200	2981.06200
18	190.00000	34.61000	21.29330	6575.90000	4045.72700
19	250.00000	46.14670	21.29330	11536.67500	5323.32500
20	250.00000	57.68330	21.29330	14420.82500	5323.32500
21	230.00000	69.22000	21.29330	15920.60000	4897.45900
22	110.00000	0.00000	31.94000	0.00000	3513.40000
23	130.00000	11.53670	31.94000	1499.77100	4152.20000
24	130.00000	23.07330	31.94000	2999.52900	4152.20000
25	180.00000	34.61000	31.94000	6229.80000	5749.20000
26	230.00000	46.14670	31.94000	10613.74100	7346.20000
27	230.00000	57.68330	31.94000	13267.15900	7346.20000
28	220.00000	69.22000	31.94000	15228.40000	7026.80000
1-2	18.45872	5.76835	0.00000	106.47636	0.00000
2-3	18.45872	17.30505	0.00000	319.42907	0.00000
3-4	18.45872	28.84165	0.00000	532.37994	0.00000
4-5	18.45872	40.37835	0.00000	745.33266	0.00000
5-6	18.45872	51.91505	0.00000	958.28537	0.00000
6-7	18.45872	63.45165	0.00000	1171.23624	0.00000
8-9	20.76606	5.76835	10.64670	119.78590	221.09001
9-10	20.76606	17.30505	10.64670	359.35771	221.09001
10-11	20.76606	28.84165	10.64670	598.92743	221.09001
11-12	20.76606	40.37835	10.64670	838.49924	221.09001
12-13	20.76606	51.91505	10.64670	1078.07104	221.09001
13-14	20.76606	63.45165	10.64670	1317.64077	221.09001
15-16	20.76606	5.76835	21.29330	119.78590	442.17795
16-17	20.76606	17.30505	21.29330	359.35771	442.17795
17-18	20.76606	28.84165	21.29330	598.92743	442.17795
18-19	20.76606	40.37835	21.29330	838.49924	442.17795
19-20	20.76606	51.91505	21.29330	1078.07104	442.17795
20-21	20.76606	63.45165	21.29330	1317.64077	442.17795
22-23	18.45872	5.76835	31.94000	106.47636	589.57152
23-24	18.45872	17.30505	31.94000	319.42907	589.57152
24-25	18.45872	28.84165	31.94000	532.37994	589.57152
25-26	18.45872	40.37835	31.94000	745.33266	589.57152
26-27	18.45872	51.91505	31.94000	958.28537	589.57152
27-28	18.45872	63.45165	31.94000	1171.23624	589.57152

suma =	5500.70 t	sumas =	221643.51	88751.10 t-m
x* =	40.2937 m	y* =	16.1345 m	
ex =	-5.6837 m	ey =	-0.1645 m	
My =	-31264.37 t-m	Mx =	-904.97 t-m	

TABLA 3.2.1B CALCULO DE LA EXCENRICIDAD (EJEMPLO 1. EXCENRICIDAD DE CARGAS)

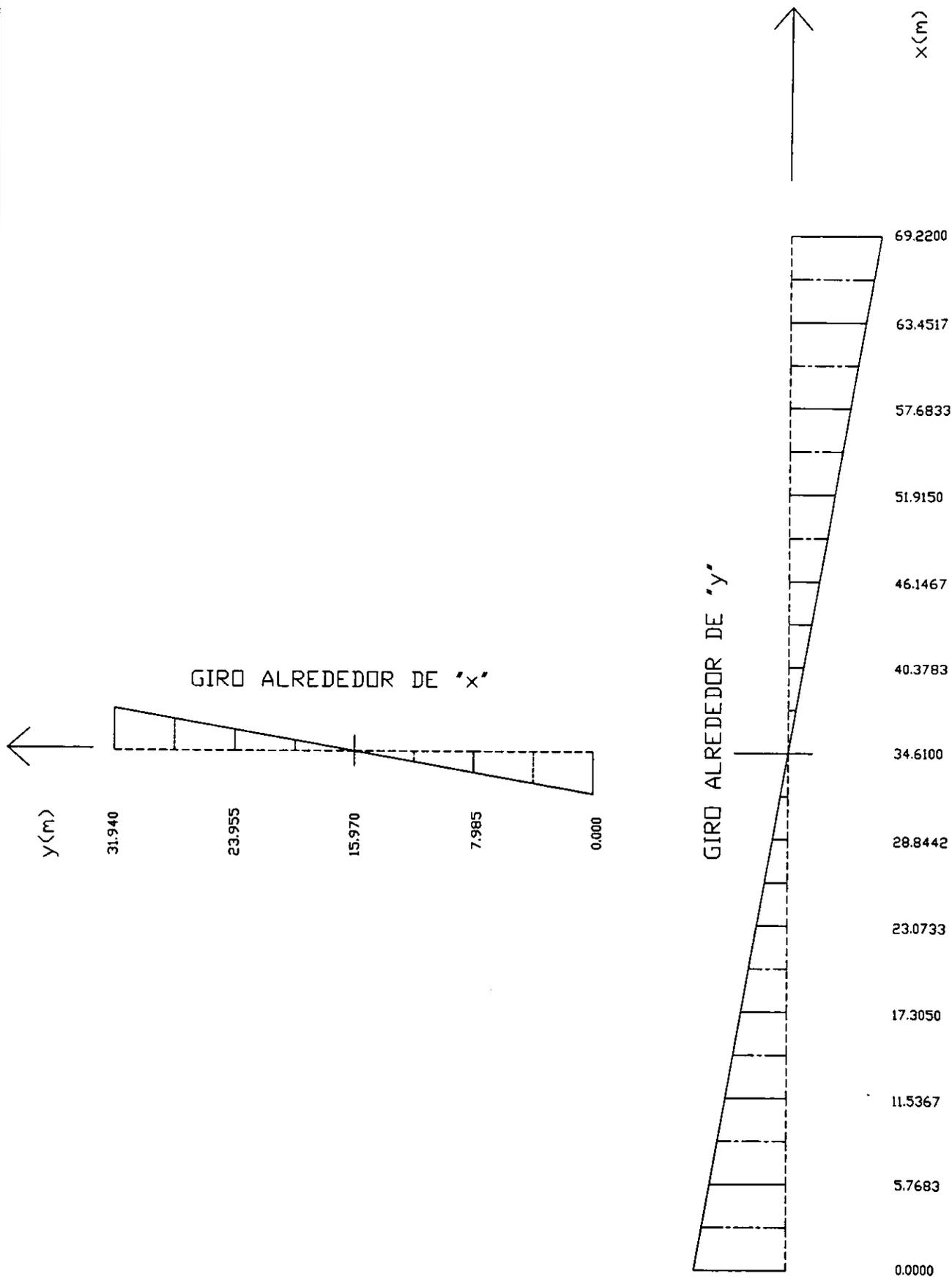


FIG. 3.2.1D GIROS DE LAS PLACAS POR MOMENTOS DE VOLTEO

EJEMPLO 1.- EXCENTRICIDAD DE CARGAS

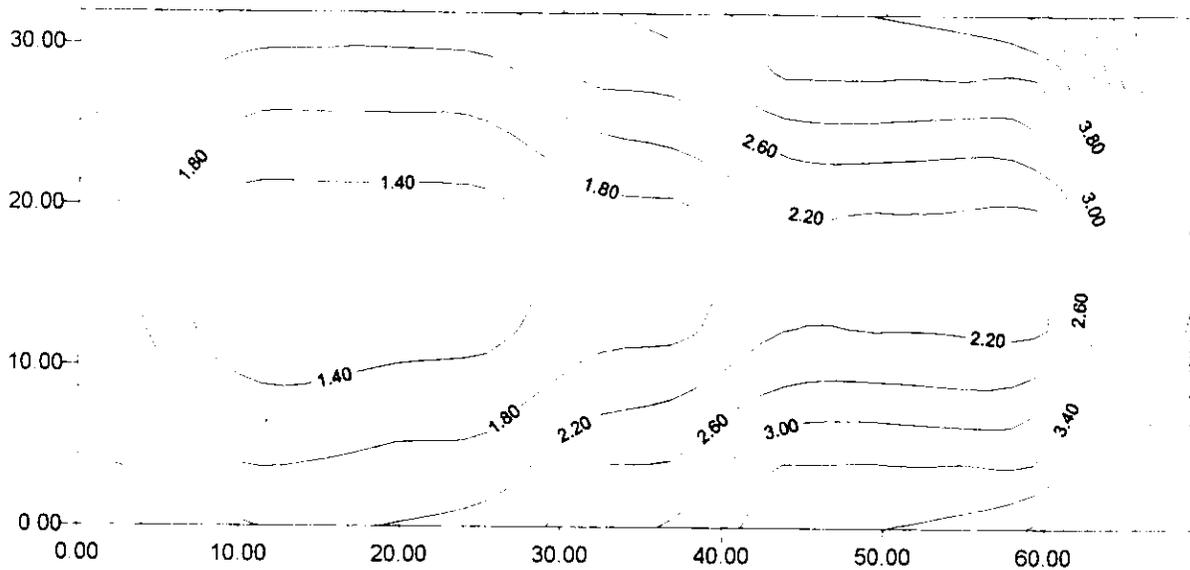


FIG. 3.2.1E DISTRIBUCION DE CARGAS SOBRE LA CIMENTACION t/m^2

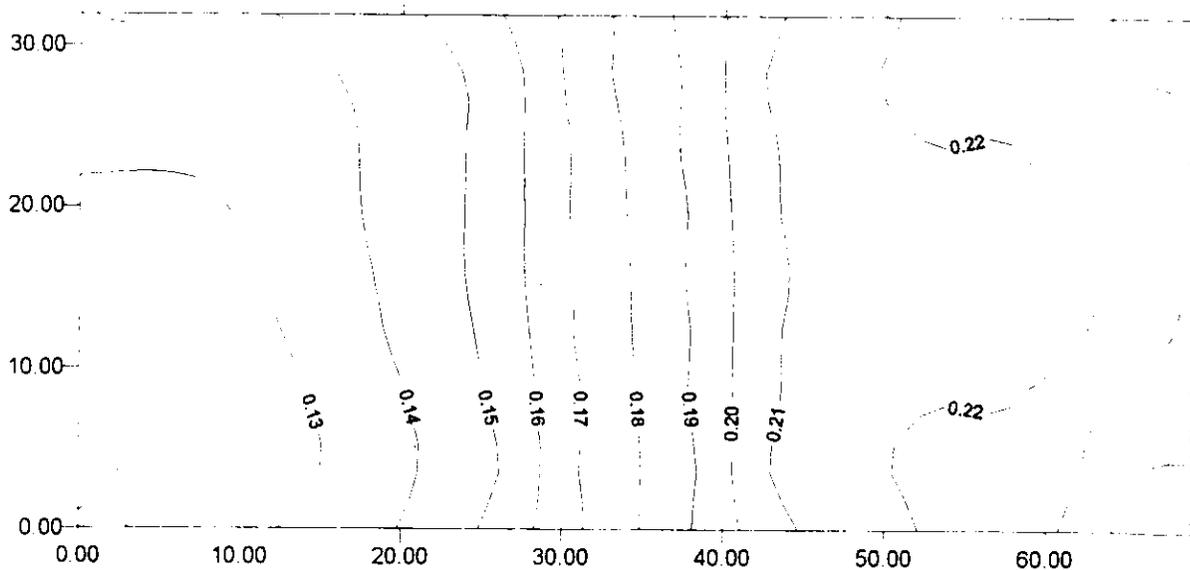


FIG. 3.2.1F HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION SIN RIGIDEZ

EJEMPLO 1.- EXCENTRICIDAD DE CARGAS

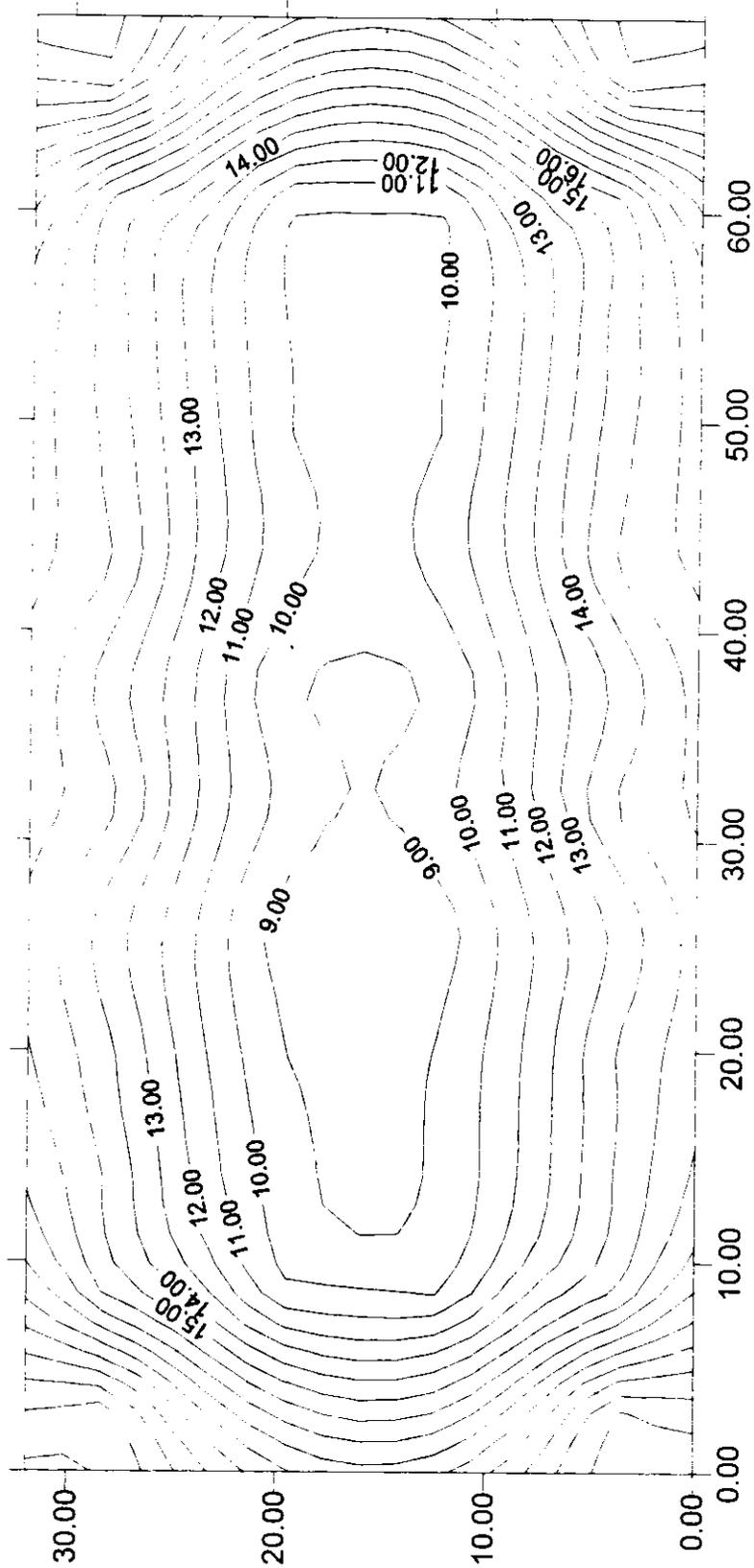


FIG. 3.2.1G MODULOS UNITARIOS (1/m²), CIMENTACION SIN RIGIDEZ

EJEMPLO 1.- EXCENTRICIDAD DE CARGAS

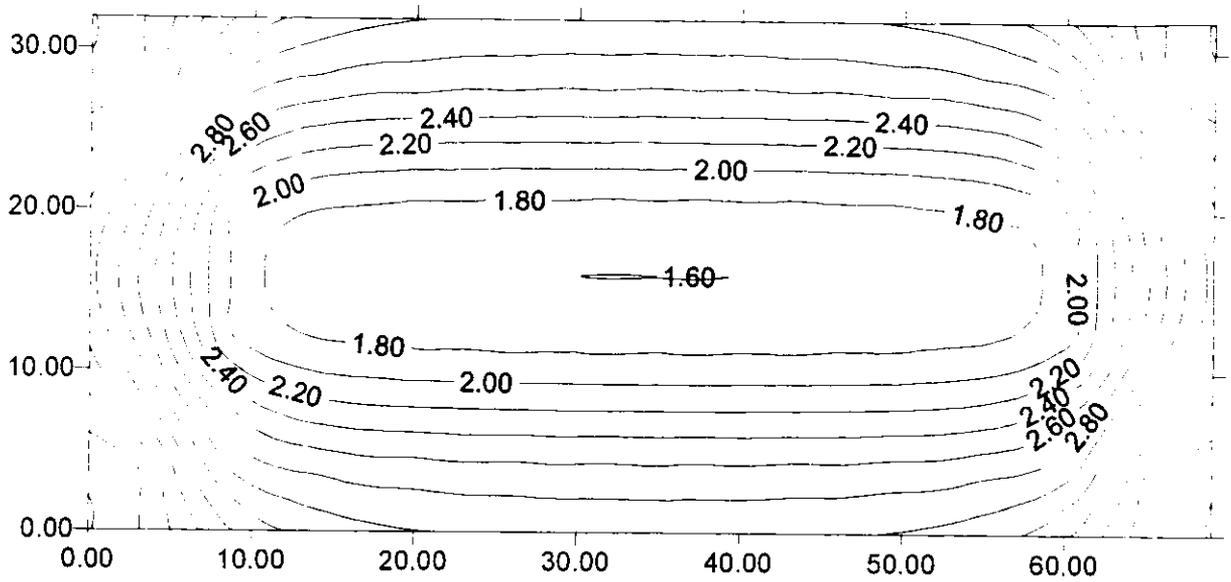


FIG. 3.2.1H ESFUERZOS DE CONTACTO kg/cm^2 , CIMENTACION MUY RIGIDA, SIN TOMAR EN CUENTA LA EXCENTRICIDAD DE CARGAS.

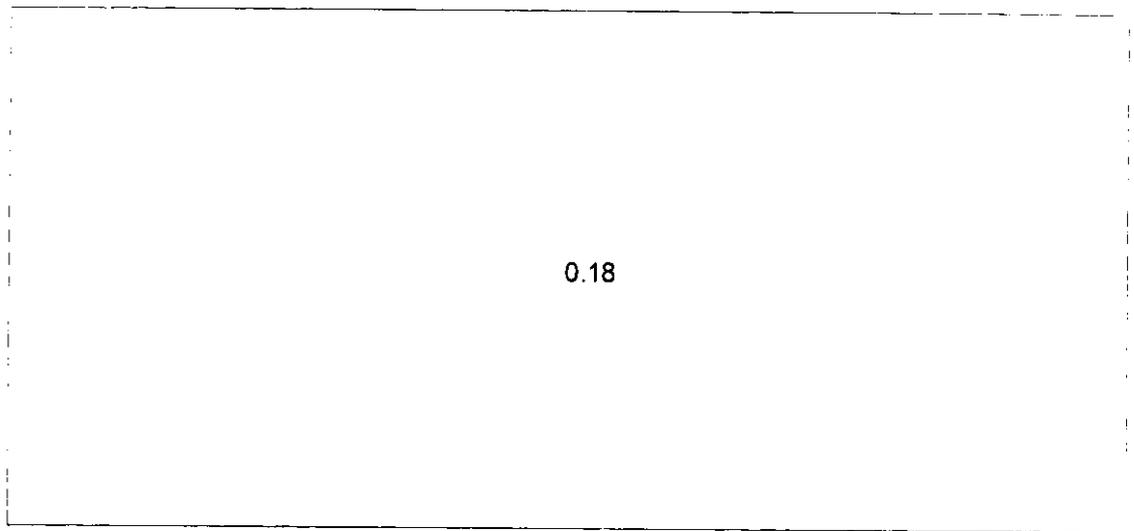


FIG. 3.2.1I HUNDIMIENTO UNIFORME (m), CIMENTACION MUY RIGIDA, SIN TOMAR EN CUENTA LA EXCENTRICIDAD DE CARGAS.

EJEMPLO 1.- EXCENTRICIDAD DE CARGAS

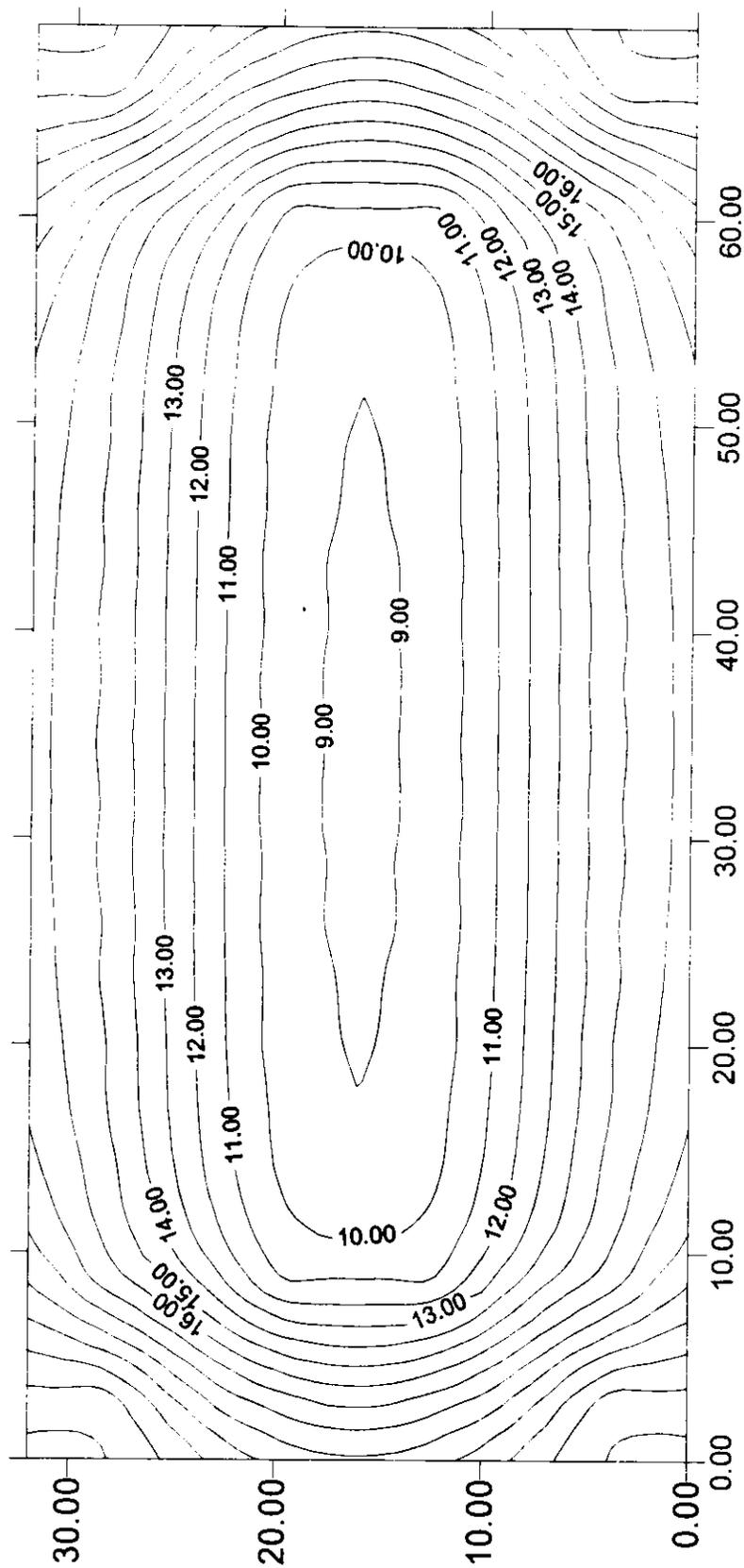


FIG. 3.2.1J MODULOS UNITARIOS ($1/m^3$), CIMENTACION MUY RIGIDA
SIN TOMAR EN CUENTA LA EXCENTRICIDAD DE CARGAS.

EJEMPLO 1.- EXCENRICIDAD DE CARGAS

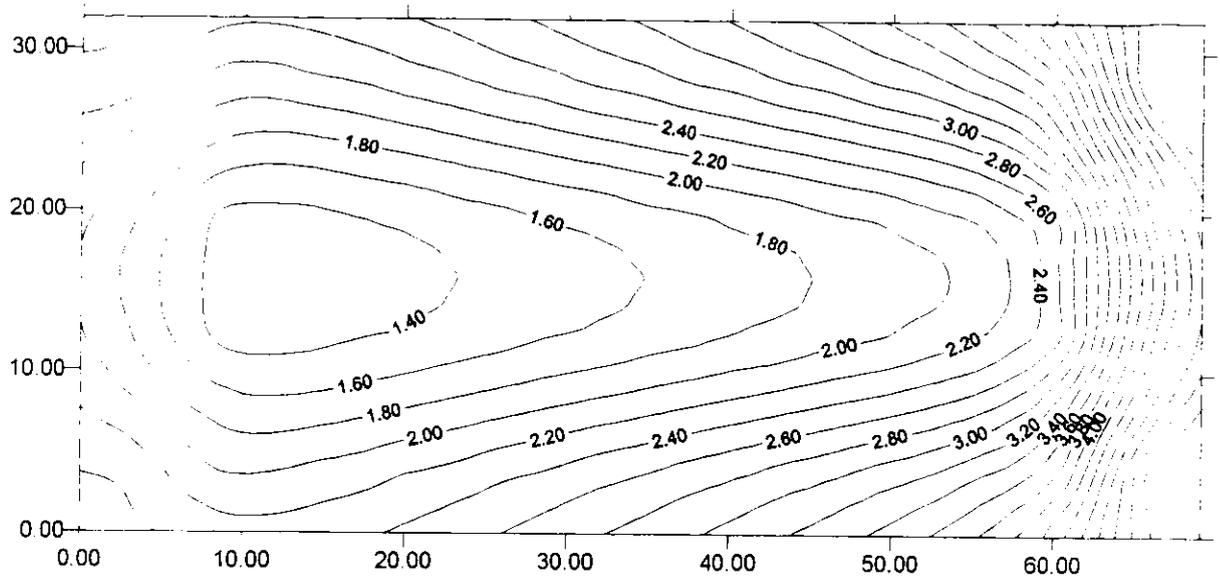


FIG.3.2.1K ESFUERZOS DE CONTACTO t/m^2 , CIMENTACION MUY RIGIDA, TOMANDO EN CUENTA LA EXCENRICIDAD DE CARGAS

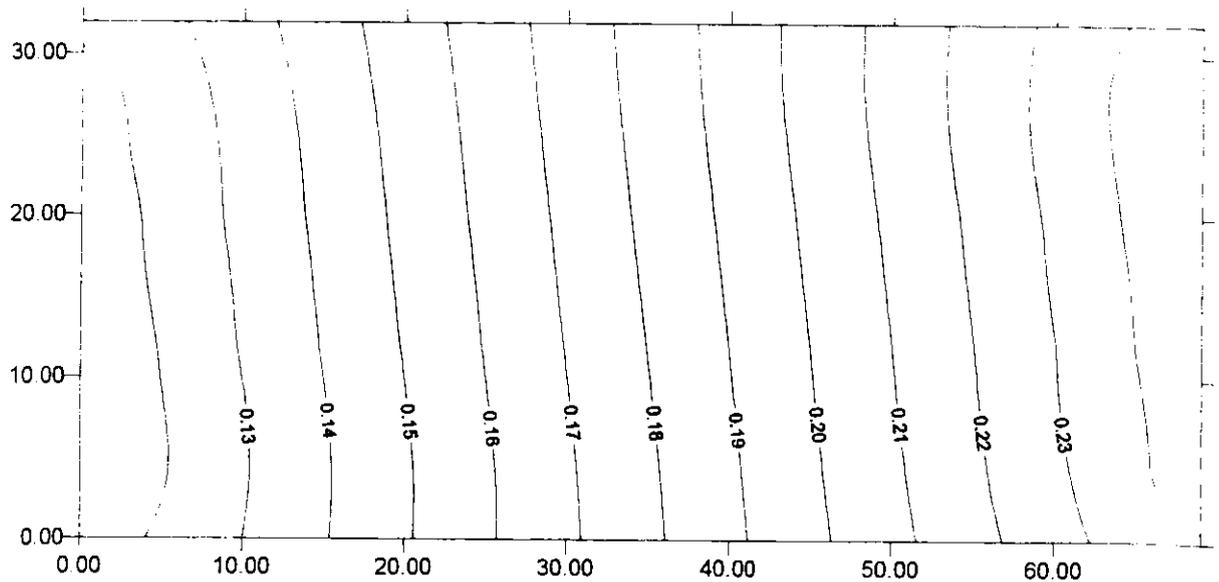


FIG. 3.2.1L HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION MUY RIGIDA TOMANDO EN CUENTA LA EXCENRICIDAD DE CARGAS

EJEMPLO 1.- EXCENTRICIDAD DE CARGAS

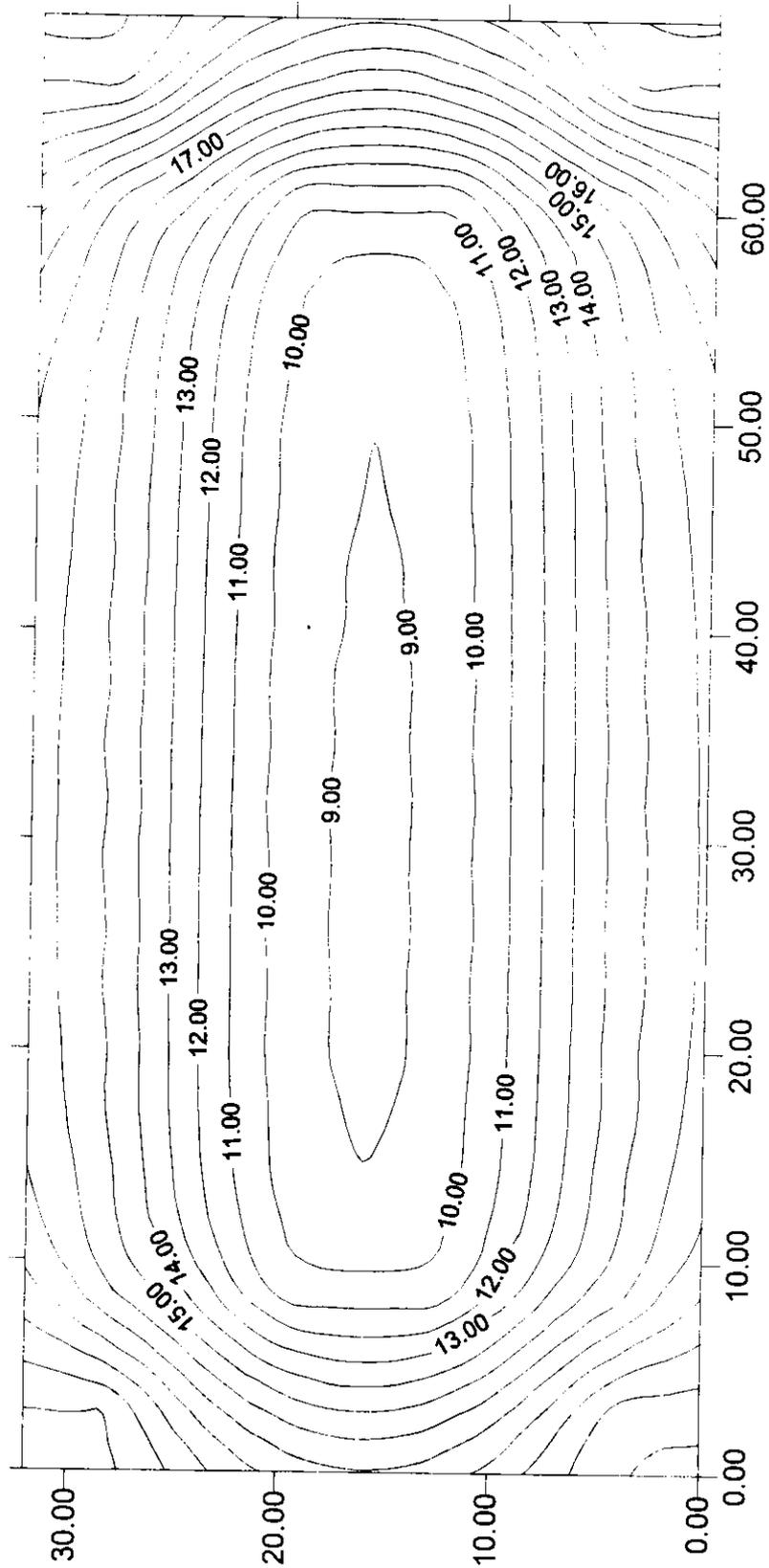


FIG. 3.2. 1M MODULOS UNITARIOS (1/m²), CIMENTACION MUY RIGIDA
TOMANDO EN CUENTA LA EXCENTRICIDAD DE CARGAS

EJEMPLO 1.- EXCENTRICIDAD DE CARGAS

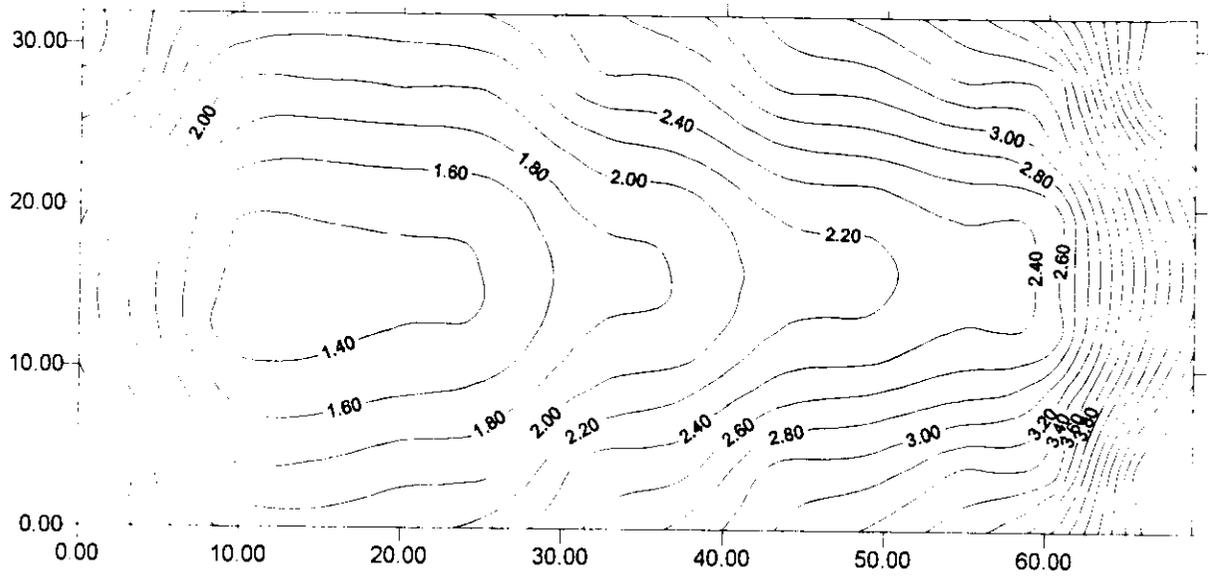


FIG. 3.2.1N ESFUERZOS DE CONTACTO (t/m^2), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

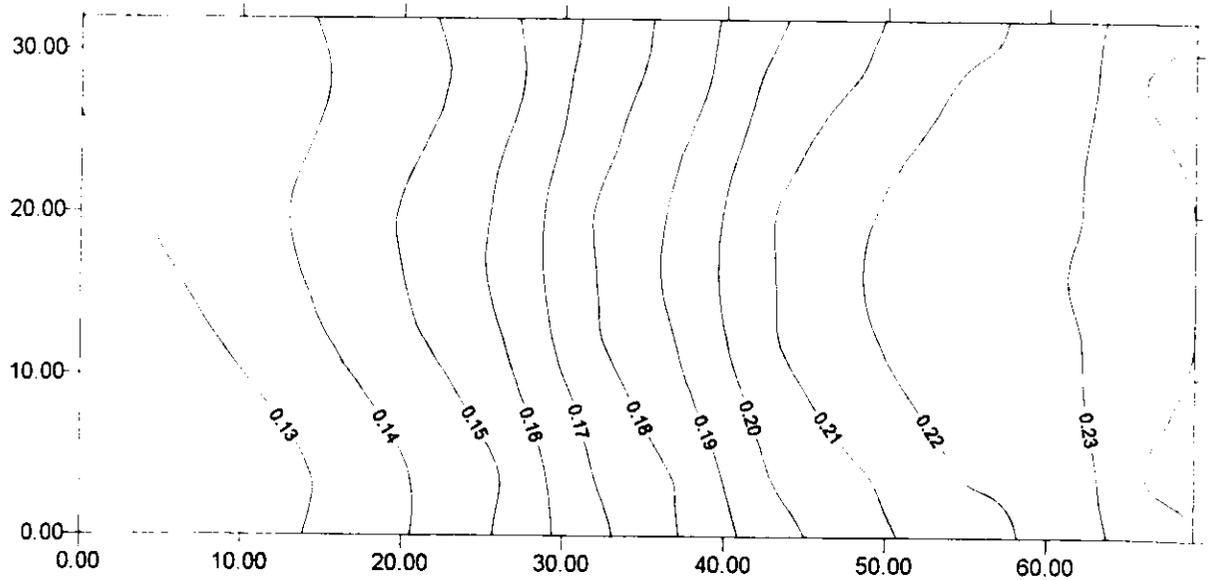


FIG. 3.2.1Ñ HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

EJEMPLO 1.- EXCENTRICIDAD DE CARGAS

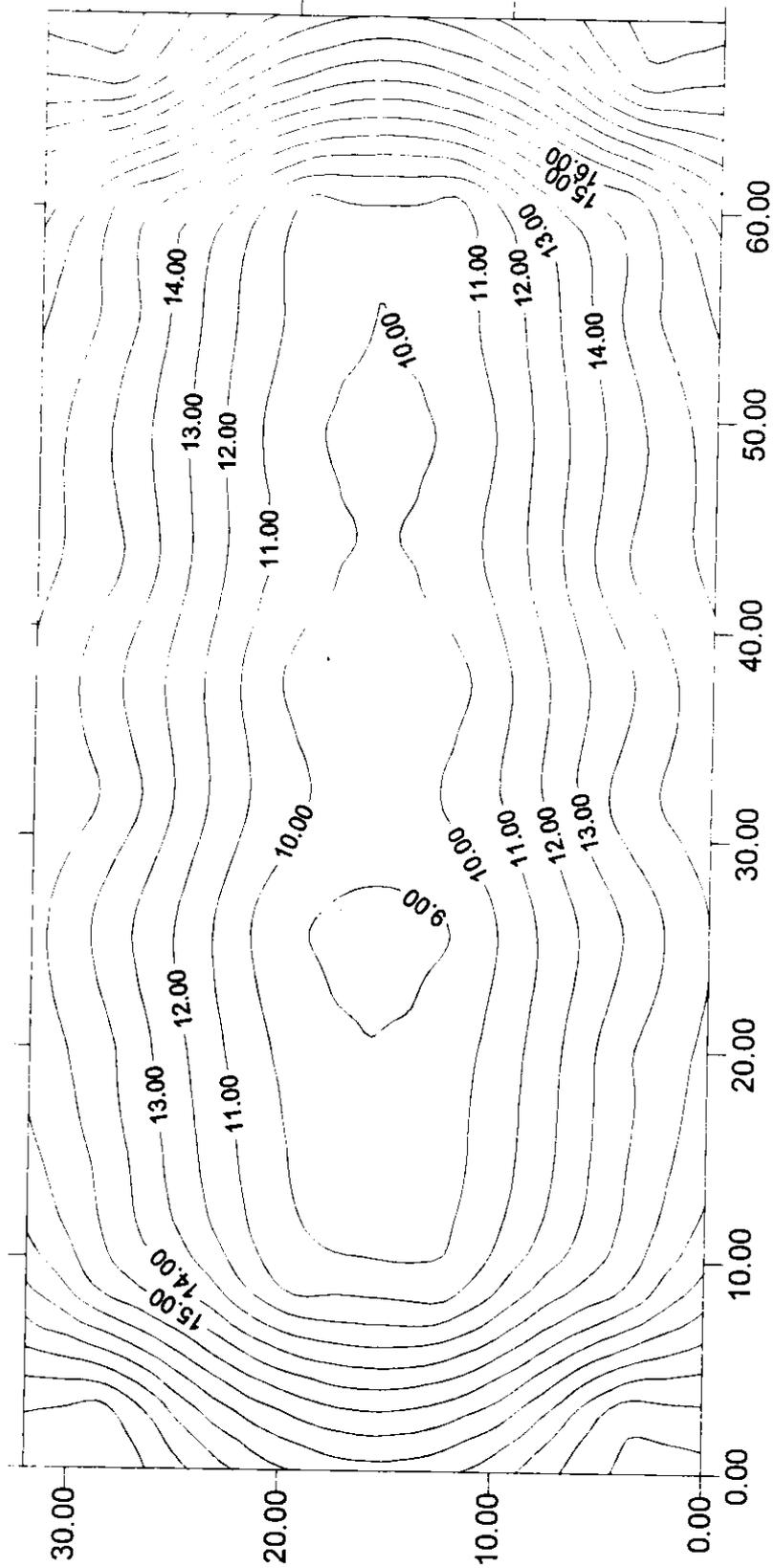


FIG. 3.2.10 MODULOS UNITARIOS (v/m^2), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

3.2.2. Ejemplo 2. Estructuras adyacentes

También es muy común encontrar estructuras poco separadas; aunque la influencia de una sobre otra no siempre se toma en cuenta en el cálculo de asentamientos, en algunas situaciones resulta muy importante su estudio. Una posibilidad es que se construya una estructura al lado de otra u otras antiguas; la otra, es que se construyan 2 o más al mismo tiempo. Por facilidad se presenta un ejemplo del segundo tipo, ya que en el primero se tendrían que ir corrigiendo las compresibilidades para tomar en cuenta que algunas zonas de los estratos ya han sido consolidadas bajo las cargas de las cimentaciones antiguas, en cierto grado según el tiempo en que hayan actuado las cargas antiguas. La figura 3.2.2A muestra las descargas por unidad de área. Las compresibilidades se obtendrán a partir de las figuras 3.2 a 3.8., mediante la tabla 3.2.2A. La modelación de las plantas de cimentación mediante placas de área se indica en la figura 3.2.2B.

Cimentaciones muy rígidas

Si las cimentaciones adyacentes son muy rígidas el caso se puede simplificar suponiendo un desplazamiento uniforme más un volteo producido por la influencia de una estructura sobre otra. Para ello es necesario evaluar el asentamiento uniforme en las dos estructuras que produce el equilibrio de fuerzas.

El procedimiento a emplear es:

- 1.- Se calculan los desplazamientos medios de cada una de las cimentaciones sin tomar en cuenta su rigidez.
- 2.- A cada cimentación se le supone un hundimiento uniforme igual al medio obtenido en el punto anterior, calculando las correspondientes resultantes de reacciones. Éstas, en general, no satisfacen el equilibrio, por lo que será necesario la corrección del hundimiento uniforme mediante la expresión 3.1, hasta que se cumpla el equilibrio de fuerzas verticales.
- 3.- Las reacciones obtenidas en el punto anterior no coinciden con la línea de acción de la resultante de cargas, lo que da origen a momentos de volteo y por ende, giros de las cimentaciones. Estos giros se calculan con un procedimiento iterativo, partiendo de un valor unitario que se va corrigiendo (ec. 3.2), hasta que se cumpla que el momento producido por las reacciones (de los giros) sean iguales a los obtenidos en el punto anterior, pero con signo contrario.

La suma total de resultantes de reacciones de los puntos 2 y 3, tiene una pequeña diferencia con respecto a la resultante de cargas, la cual puede despreciarse o tomarse en cuenta repitiendo los pasos 2 y 3.

4.- Se superponen los diagramas de reacciones y desplazamientos obtenidos en los puntos 2 y 3, y se corrigen las compresibilidades volumétricas si es necesario para repetir el proceso, hasta lograr la convergencia.

Cimentaciones semiflexibles

Si la cimentación es semiflexible, su condición se puede tomar en cuenta mediante la técnica de barras de rigidez equivalente descrita anteriormente. Para el caso en estudio la figura 5.2.1g muestra la numeración de barras y nodos correspondiente. Los momentos de inercia equivalentes se calculan en la tabla 3.2b. El módulo de elasticidad del concreto se tomará como $E = 474\,300\text{ t/m}^2$. En este caso el proceso iterativo es entre las subrutinas que resuelven el suelo y las estructura de cimentación. Se aplica en este caso el mismo comentario de la corrección de las compresibilidades del punto anterior.

Uso de los Programas

archivos:

a) de datos de las placas y nodos;	isret2.dov
b) de datos de compresibilidades;	isret2.alf
c) de datos de nodos, barras y propiedades de las barras;	isret2.ret
d) de descargas por nodos;	isret2.des
e) de flexibilidades del suelo;	isret2.mf1
f) de rigideces de la estructura;	isret2.rg1
	isret2.rg2

Con el programa ISRET se realiza lo siguiente:

1.- Se declara el juego de archivos con el que se va a trabajar, simplemente dando su nombre genérico.

2.- Se activa la sección “*vector de cargas*” y la opción “*cargas iguales*” y se proporciona el valor de 3.0 ton/m^2 que se está aplicando en este caso (o sea, no se toma en cuenta por el momento la rigidez de las estructuras). Con esto se obtiene un asentamiento medio para cada cimentación de 0.2665 y 0.2602 m, respectivamente. La distribución de reacciones es uniforme (Fig. 3.2.2A) en este caso, pero los asentamientos no tienen una distribución así, como se muestra en la figura 3.2.2D. Los resultados se salvaron en el archivo isret2.in1. En la figura 3.2.2E se grafican los módulos unitarios correspondientes.

3.- Se abre la sección “*vector de asentamientos*”, donde se activa la opción “*asentamientos iguales*” y se proporcionan los valores de 0.2665 y 0.2602 m de hundimientos medios obtenidos anteriormente. La resultante de reacciones calculada con este hundimiento es de

6870.78 y 4581.94 ton para cada cimentación, las cuales no son iguales a la reales, pero se corrige el error mediante la opción “*corregir por resultante de cargas*”, donde se proporcionan los valores reales de 6632.66 y 4421.78 ton. Los resultados de reacciones y hundimientos se salvaron en el archivo isret2.in2 y corresponden a una cimentación totalmente rígida sin tomar en cuenta la influencia de una sobre otra, lo cual produce un momento de volteo en desequilibrio en cada cimentación.

Se eligen las opciones “*vector de desplazamientos*” y “*calcular momentos*” donde se proporcionan los datos de los centros geométricos de las plantas de cimentación, obteniéndose para la planta más grande $M_x = 4038.355$ t-m y $M_y = -3195.484$ t-m, y para la más pequeña $M_x = -4159.133$ y $M_y = 835.542$.

Se elige la opción “*girar en y*” para eliminar el momento alrededor de este eje. Se proporciona el valor de 1 (grado), para el cual la distribución de reacciones como cimentación rígida que sufre un giro, generan un momento alrededor del eje “y” (sobre su eje de giro o centroide) que no es igual al real, pero esto se puede corregir con la opción “*corregir por momento*” dando los valores reales de 3195.484 y 835.542 t-m que tienen respectivamente las cimentaciones en este ejemplo. Con objeto de que estos resultados tengan sentido se deben sumar a los que se obtuvieron suponiendo hundimiento uniforme en el punto anterior, para esto se salvaron en el archivo isret2.in3 y se sumaron al archivo isret2.in2 mediante la hoja de cálculo isret2.wk1. Los resultados de esta suma se graficaron en las figuras 3.2.2F, 3.2.2G y 3.2.2H.

4.- Se elige la opción “*análisis con retícula plana*”. Los resultados se salvaron con la opción correspondiente en el archivo isret2.in4 y se graficaron en las figuras 3.2.2I, 3.2.2J y 3.2.2K.

Se observa que, si se trata de suelo blando, la influencia de estructuras adyacentes se traduce en giros hacia la parte central de la zona cargada, esto se cumple ya sea para el caso de cimentación flexible, rígida o semiflexible. Si se alejan las estructuras dicha influencia se ira disipando.

En las figuras 3.2.2L a 3.2.2N aparecen los resultados del análisis de estas cimentaciones empleando el método del elemento finito, adoptando $\nu=0$; la modelación del suelo se hizo considerando elementos isoparamétricos de 8 nodos, en tanto que la cimentación se modeló mediante barras de rigidez equivalente; las propiedades elásticas del suelo se calcularon con el inverso de módulo de compresibilidad volumétrica, m_v . Puede notarse que las configuraciones de esfuerzos de contacto son prácticamente las mismas, variando los asentamientos sólo cualitativamente del orden de 75% menos con elemento finito que con el procedimiento de Zeevaert, esto es muy probable que se deba a la influencia de los esfuerzos cortantes que no son considerados en el método de Zeevaert.

y(m)

⊙ PLACAS
110 NODOS

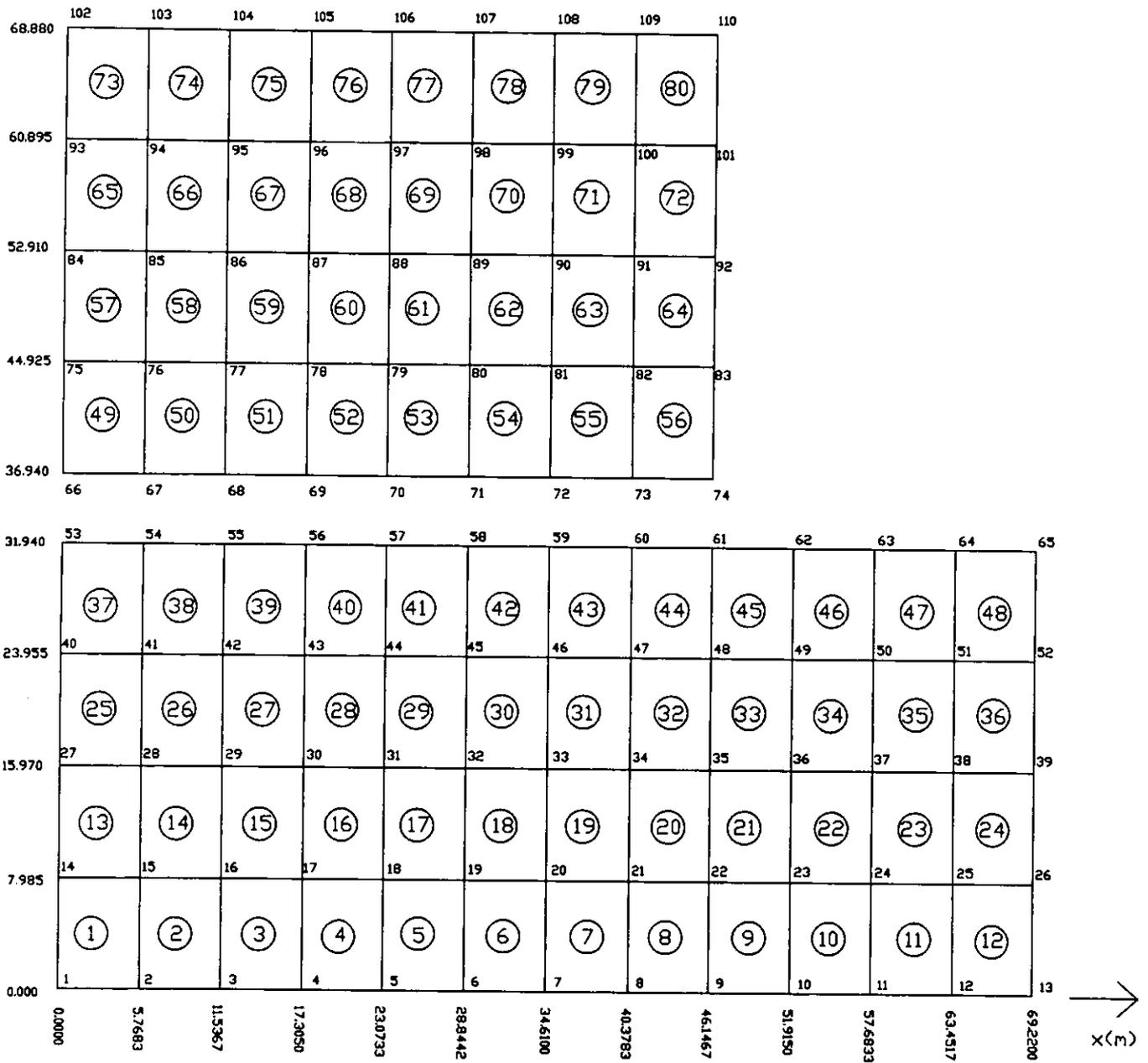
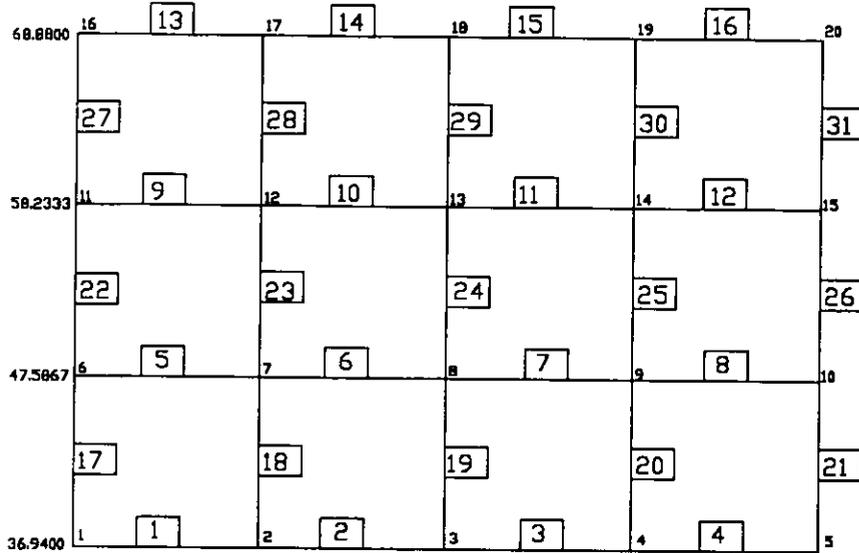


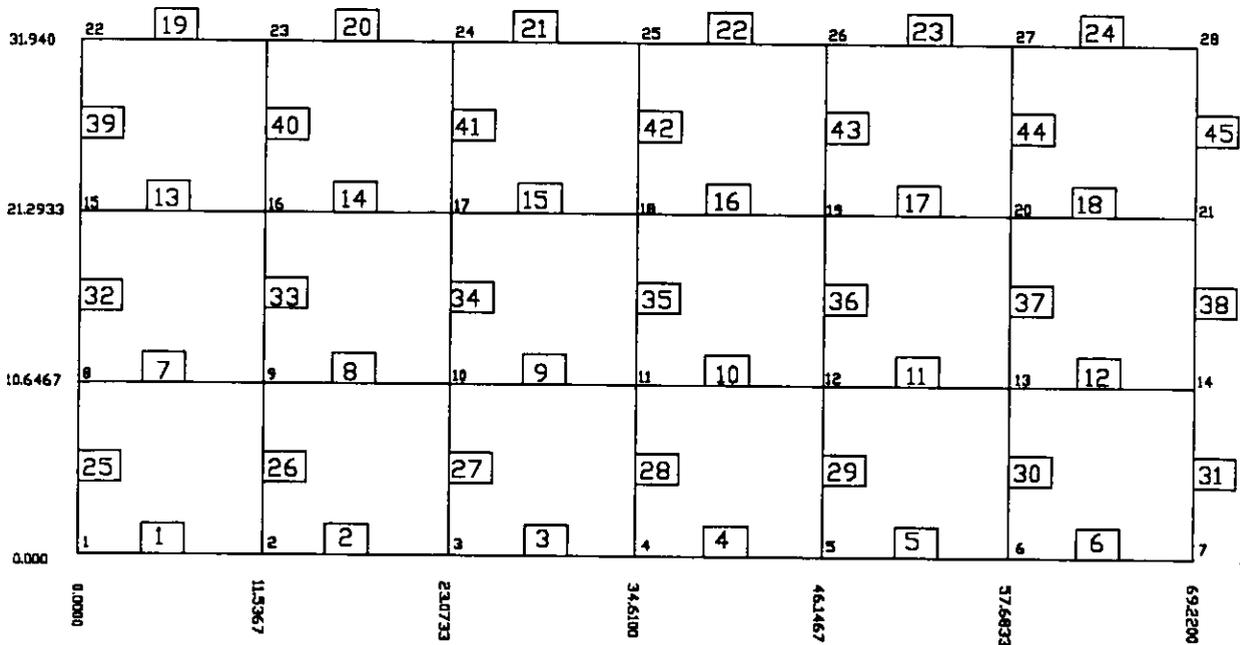
FIG. 3.2.2B MODELACION MEDIANTE PLACAS Y NODOS
(EJEMPLO 2. ESTRUCTURAS ADYACENTES)

y(m)

30 BARRAS
20 NODOS



45 BARRAS
28 NODOS



x(m)

FIG. 3.2.2C MODELACION MEDIANTE BARRAS Y NODOS
(EJEMPLO 2.- ESTRUCTURAS ADYACENTES)

ANALISIS DE INFLUENCIAS MEDIAS DE ESFUERZO (DISTRIBUCION DE BOUSSINESQ)

PROF	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
m	CARGA EN EL AREA MAYOR				INFLUENCIAS SOBRE LOS NODOS DEL AREA MAYOR											
1.75	0.288	0.536	0.536	0.536	0.536	0.288	0.537	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.998	0.537		
6.40	0.259	0.497	0.507	0.507	0.507	0.497	0.259	0.492	0.944	0.961	0.962	0.961	0.944	0.492		
11.40	0.251	0.457	0.489	0.493	0.489	0.457	0.251	0.442	0.812	0.864	0.869	0.864	0.812	0.442		
16.00	0.243	0.417	0.465	0.473	0.465	0.417	0.243	0.394	0.684	0.758	0.77	0.758	0.684	0.394		
21.00	0.232	0.375	0.431	0.444	0.431	0.375	0.232	0.346	0.567	0.65	0.666	0.65	0.567	0.346		
25.00	0.222	0.344	0.402	0.416	0.402	0.344	0.222	0.313	0.491	0.572	0.591	0.572	0.491	0.313		
29.00	0.211	0.315	0.371	0.387	0.371	0.315	0.211	0.284	0.429	0.505	0.525	0.505	0.429	0.284		
33.50	0.199	0.286	0.338	0.353	0.338	0.286	0.199	0.255	0.371	0.439	0.459	0.439	0.371	0.255		
38.00	0.186	0.26	0.306	0.321	0.306	0.26	0.186	0.23	0.325	0.384	0.402	0.384	0.325	0.23		

PROF	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	INFORMED	INCREM ESF MED
m															ESF MED	ESF MED
1.75	0.537	0.998	0.999	0.999	0.999	0.998	0.537	0.288	0.536	0.536	0.536	0.536	0.536	0.288	0.66593	1.99779
6.40	0.492	0.944	0.961	0.962	0.961	0.944	0.492	0.259	0.497	0.507	0.507	0.507	0.497	0.259	0.62779	1.88336
11.40	0.442	0.812	0.864	0.869	0.864	0.812	0.442	0.251	0.457	0.489	0.493	0.489	0.457	0.251	0.57086	1.71257
16.00	0.394	0.684	0.758	0.77	0.758	0.684	0.394	0.243	0.417	0.465	0.473	0.465	0.417	0.243	0.51179	1.53536
21.00	0.346	0.567	0.65	0.666	0.65	0.567	0.346	0.232	0.375	0.431	0.444	0.431	0.375	0.232	0.45086	1.35257
25.00	0.313	0.491	0.572	0.591	0.572	0.491	0.313	0.222	0.344	0.402	0.416	0.402	0.344	0.222	0.40679	1.22036
29.00	0.284	0.429	0.505	0.525	0.505	0.429	0.284	0.211	0.315	0.371	0.387	0.371	0.315	0.211	0.36729	1.10186
33.50	0.255	0.371	0.439	0.459	0.439	0.371	0.255	0.199	0.286	0.338	0.353	0.338	0.286	0.199	0.32771	0.98314
38.00	0.23	0.325	0.384	0.402	0.384	0.325	0.23	0.186	0.26	0.306	0.321	0.306	0.26	0.186	0.29321	0.87964

PROF	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
m	CARGA EN EL AREA MENOR				INFLUENCIAS SOBRE LOS NODOS DEL AREA MAYOR											
1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6.40	0	0.001	0.001	0.001	0	0	0	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0	0		
11.40	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.006	0.008	0.009	0.008	0.006	0.003	0.002		
16.00	0.005	0.006	0.007	0.006	0.005	0.003	0.002	0.013	0.018	0.02	0.018	0.013	0.007	0.004		
21.00	0.01	0.012	0.013	0.012	0.01	0.006	0.004	0.023	0.031	0.034	0.031	0.023	0.014	0.007		
25.00	0.014	0.018	0.019	0.018	0.014	0.01	0.006	0.031	0.041	0.045	0.041	0.031	0.019	0.011		
29.00	0.018	0.023	0.025	0.023	0.018	0.013	0.008	0.038	0.05	0.055	0.05	0.038	0.025	0.014		
33.50	0.023	0.029	0.031	0.029	0.023	0.017	0.011	0.045	0.058	0.063	0.058	0.045	0.03	0.018		
38.00	0.028	0.034	0.036	0.034	0.028	0.021	0.014	0.051	0.064	0.069	0.064	0.051	0.035	0.022		

PROF	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	INFORMED	INCREM ESF MED
m															ESF MED	ESF MED
1.75	0	0	0	0	0	0	0	0.004	0.007	0.007	0.007	0.004	0	0	0.00104	0.00311
6.40	0.006	0.009	0.01	0.009	0.006	0.002	0.001	0.065	0.122	0.127	0.122	0.065	0.007	0.001	0.02014	0.06043
11.40	0.023	0.036	0.039	0.036	0.023	0.009	0.003	0.121	0.213	0.229	0.213	0.121	0.026	0.006	0.04125	0.12375
16.00	0.042	0.064	0.072	0.064	0.042	0.019	0.007	0.147	0.244	0.268	0.244	0.147	0.046	0.013	0.05521	0.16564
21.00	0.061	0.09	0.1	0.09	0.061	0.031	0.013	0.159	0.248	0.277	0.248	0.159	0.064	0.023	0.06621	0.19864
25.00	0.073	0.104	0.115	0.104	0.073	0.039	0.019	0.161	0.241	0.269	0.241	0.161	0.075	0.03	0.07225	0.21675
29.00	0.082	0.113	0.125	0.113	0.082	0.047	0.024	0.159	0.229	0.256	0.229	0.159	0.082	0.037	0.07625	0.22875
33.50	0.088	0.117	0.129	0.117	0.088	0.054	0.029	0.154	0.213	0.236	0.213	0.154	0.087	0.043	0.07864	0.23593
38.00	0.09	0.118	0.128	0.118	0.09	0.058	0.034	0.146	0.197	0.216	0.197	0.146	0.089	0.048	0.07950	0.2385

EST #	H cm	He cm	σo v/m²	σa v/m²	σ v/m²	σ kg/cm²	mv cm²/kg	cv cm²/kgs	β	ξ	Tv (=15 años)	Kvpo	Δσ.σo	p (comp.)	F(Tv)	α (comp) cm³/kg	α (comp) m³/t	EST #	α (comp) m³/t	
B	380	190	3.900	2.001	4.900	0.490	0.0360	0.00365	0.600		1.000	47.8281	1.0132	0.5130	0.7549	1	20.79	0.02079	B1	0.01040
C	600	600	5.850	1.944	6.822	0.682	0.0215	0.00900	1.050		0.120	11.8260	0.4028	0.3323	0.8083	1	14.63	0.01463	B2	0.01040
D	400	400	6.000	1.836	6.918	0.692	0.0400	0.00700	1.500		0.165	20.6955	0.9674	0.3061	0.6588	1	20.74	0.02074	C1	0.00731
E	500	500	6.200	1.701	7.051	0.705	0.0270	0.02000	0.600		0.115	37.8432	0.4371	0.2744	0.7793	1	15.12	0.01512	C2	0.00731
F	500	500	6.400	1.551	7.176	0.718	0.0330	0.01100	0.340		0.300	20.8138	0.2924	0.2424	0.8286	1	17.67	0.01767	D1	0.01037
G	300	300	6.530	1.437	7.249	0.725	0.0330	0.01100	0.370		0.300	57.8160	0.4675	0.2201	0.7515	1	10.92	0.01092	D2	0.01037
H	500	500	6.700	1.331	7.365	0.737	0.0225	0.02050	0.420		0.385	38.7893	0.5050	0.1986	0.7311	1	12.38	0.01238	E	0.01512
I	400	400	6.970	1.219	7.580	0.758	0.0235	0.01800	0.300		0.705	53.2170	0.4757	0.1749	0.7340	1	10.18	0.01018	F	0.01767
J	500	500	7.200	1.118	7.759	0.776	0.0150	0.02050	0.585		1.015	38.7893	0.9396	0.1553	0.5908	1	8.59	0.00859	G	0.01092
																		H	0.01238	
																		I	0.01018	
																		J	0.00859	

TABLA 3.2.2a CALCULO DE PARAMETROS DE COMPRESIBILIDAD

EJEMPLO 2.- ESTRUCTURAS ADYACENTES

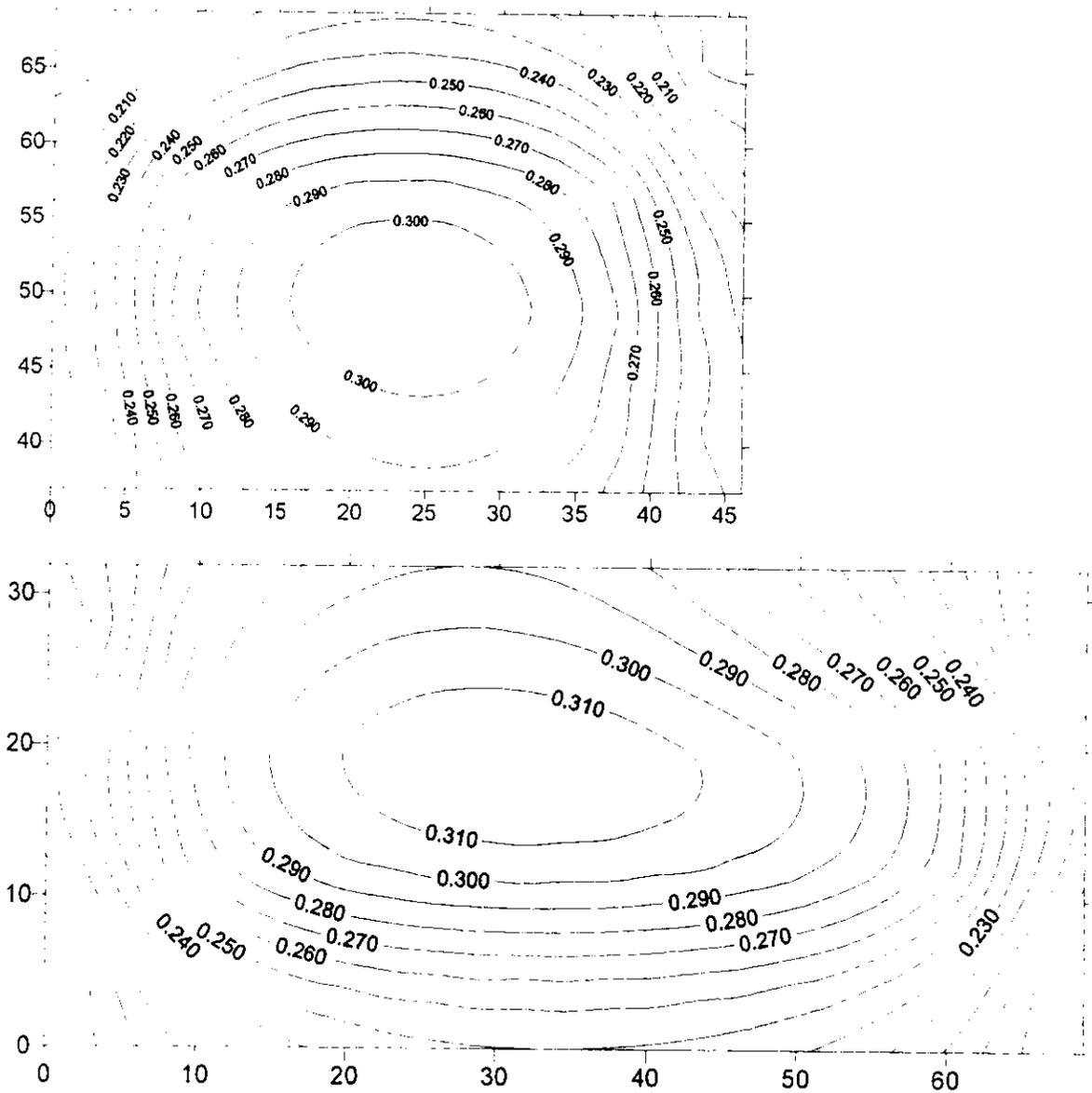


FIG. 3.2.2D HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION SIN RIGIDEZ

EJEMPLO 2.- ESTRUCTURAS ADYACENTES

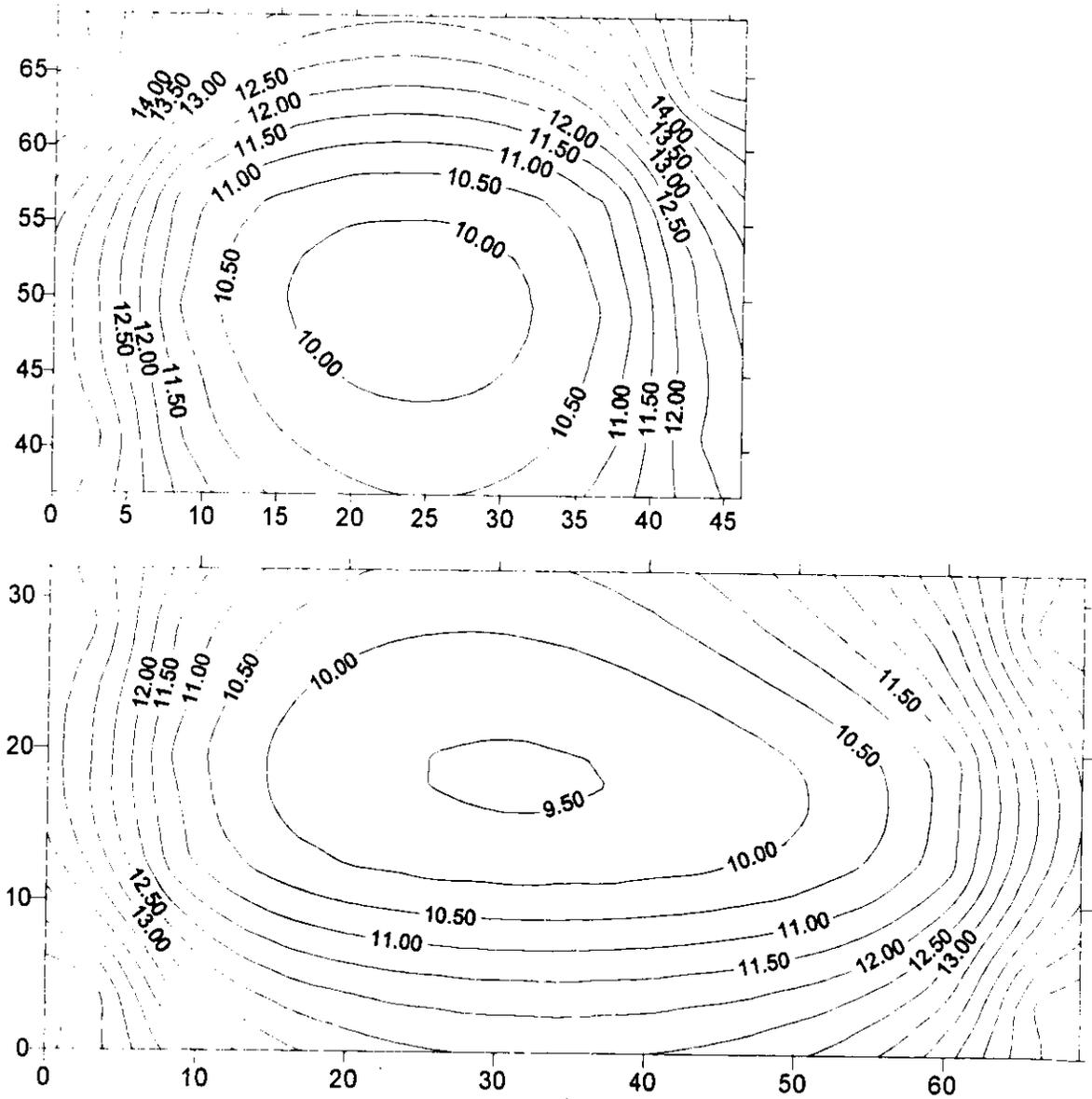


FIG. 3.2.2E MODULOS UNITARIOS ($1/m^2$), CIMENTACION SIN RIGIDEZ

EJEMPLO 2.- ESTRUCTURAS ADYACENTES

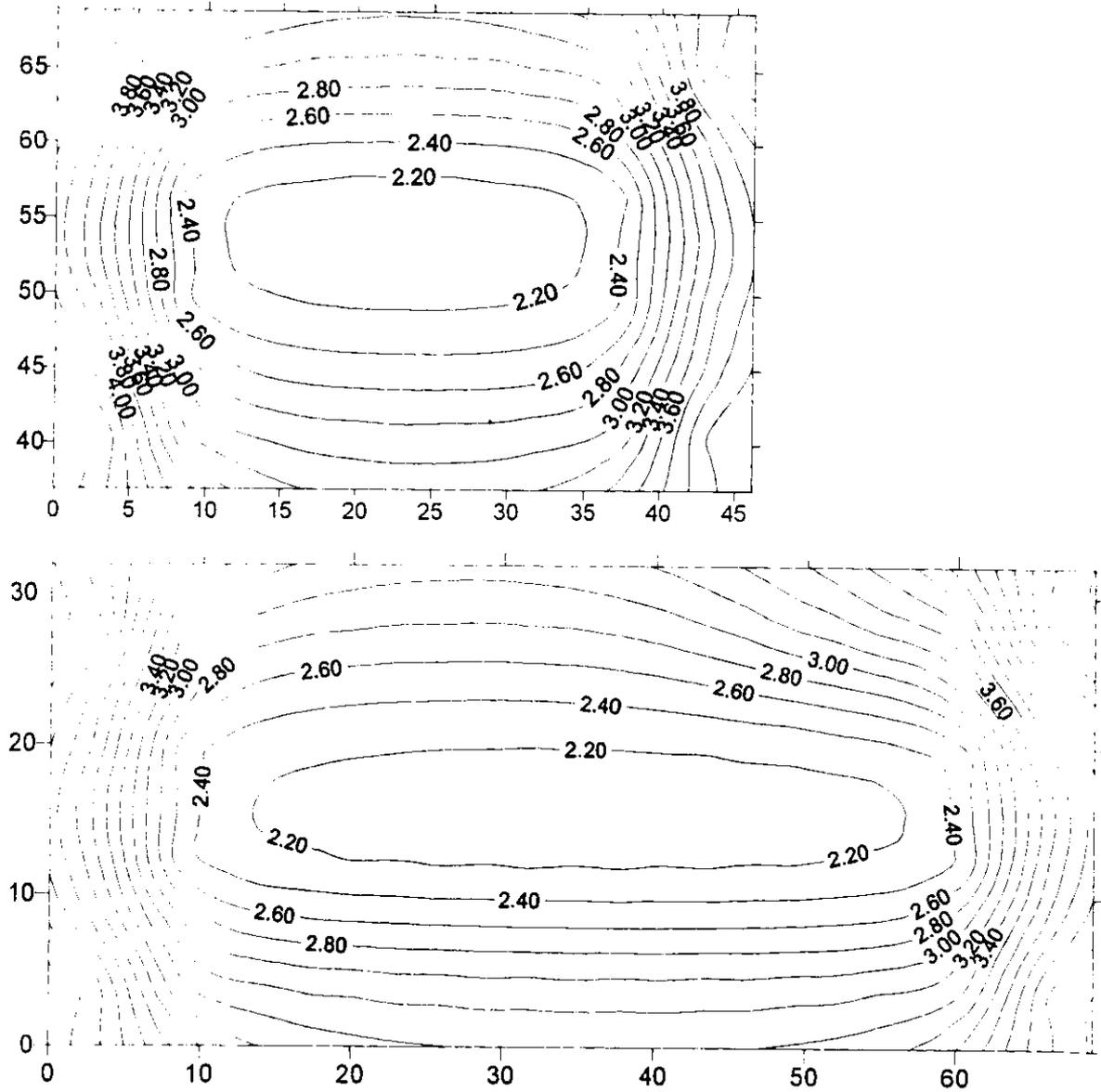


FIG. 3.2.2F ESFUERZOS DE CONTACTO (t/m^2), CIMENTACION RIGIDA

EJEMPLO 2.- ESTRUCTURAS ADYACENTES

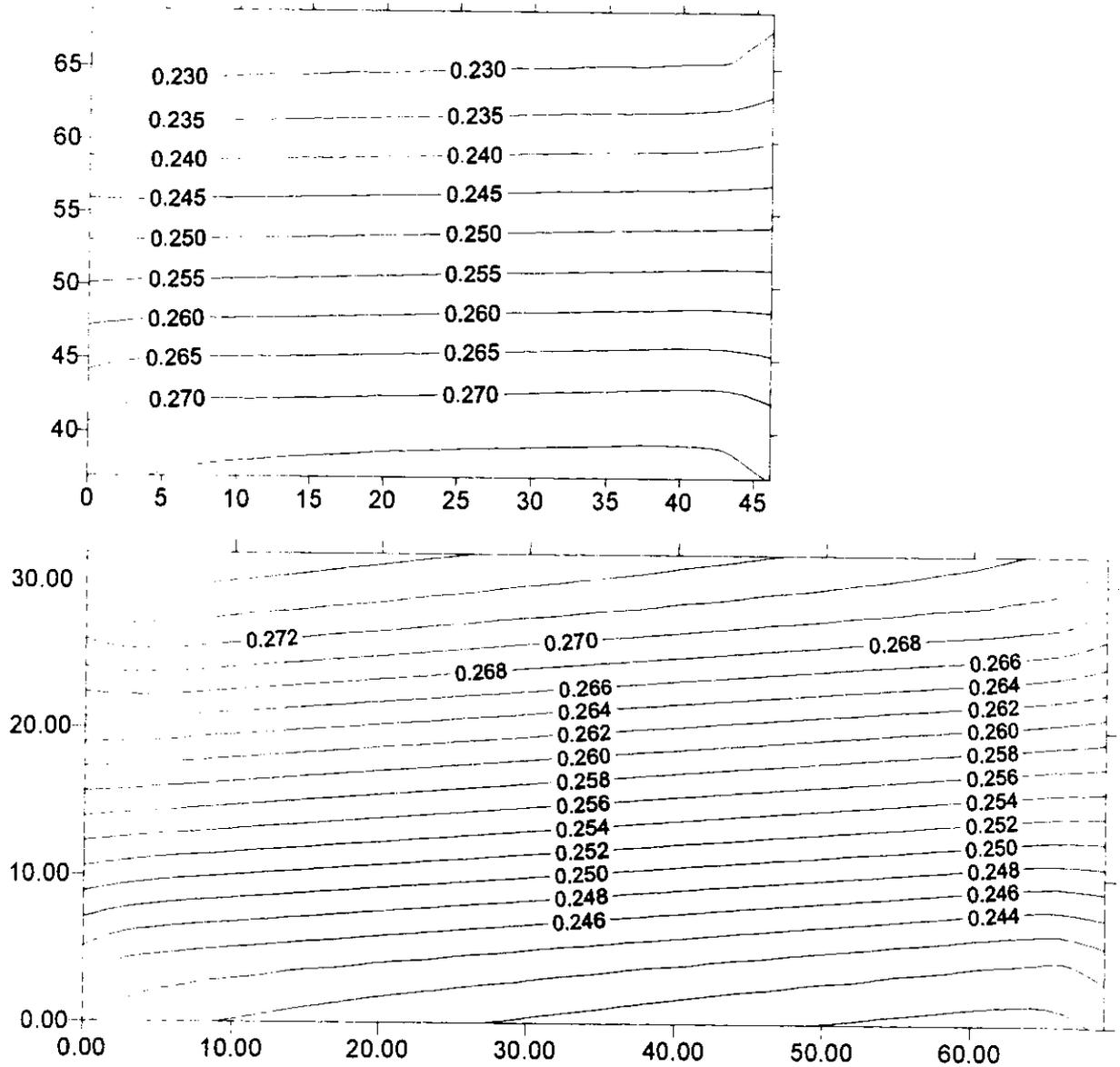


FIG. 3.2.2G HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION RIGIDA

EJEMPLO 2.- ESTRUCTURAS ADYACENTES

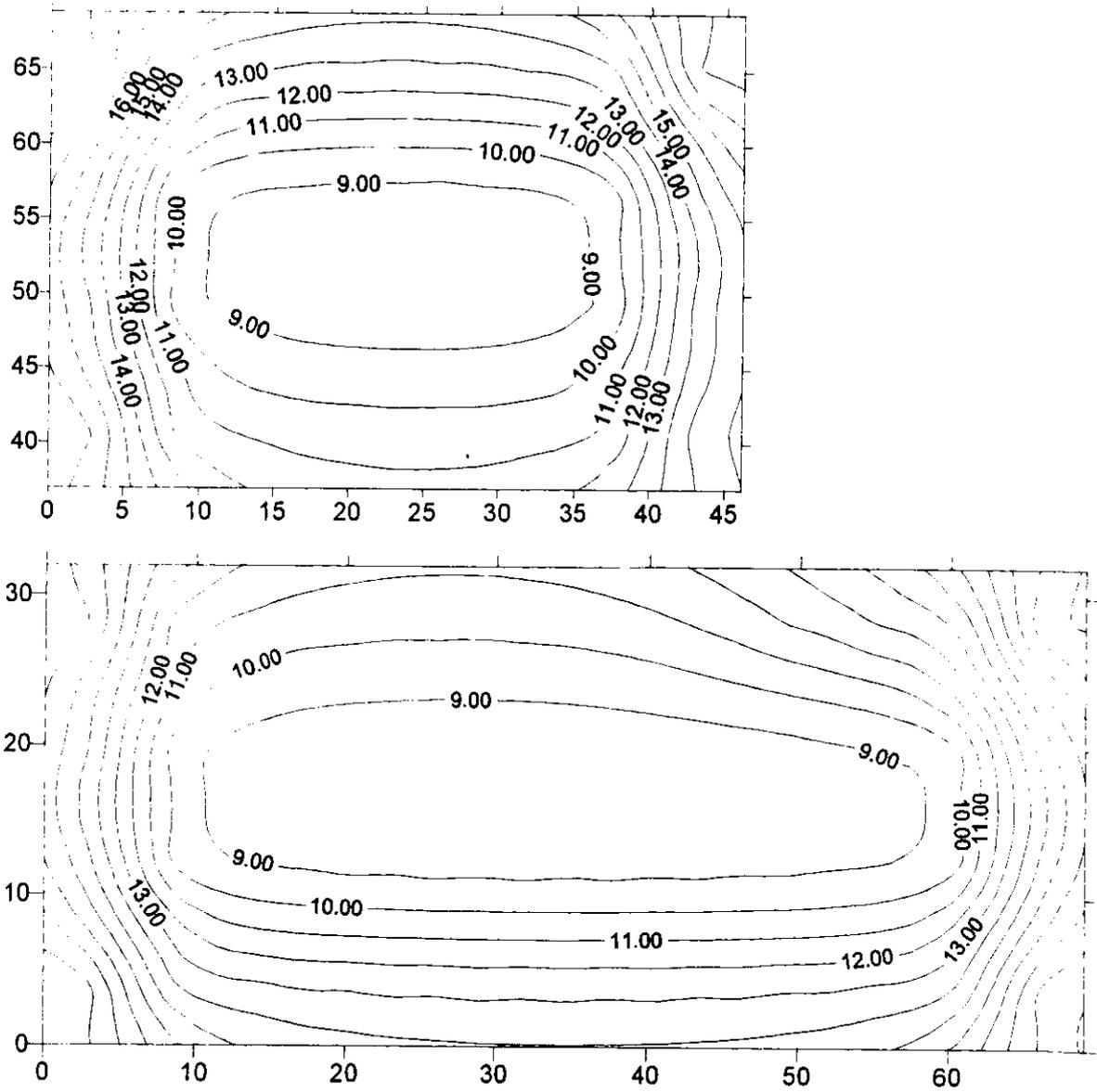


FIG. 3.2.2H MODULOS UNITARIOS (t/m²), CIMENTACION RIGIDA

EJEMPLO 2.- ESTRUCTURAS ADYACENTES

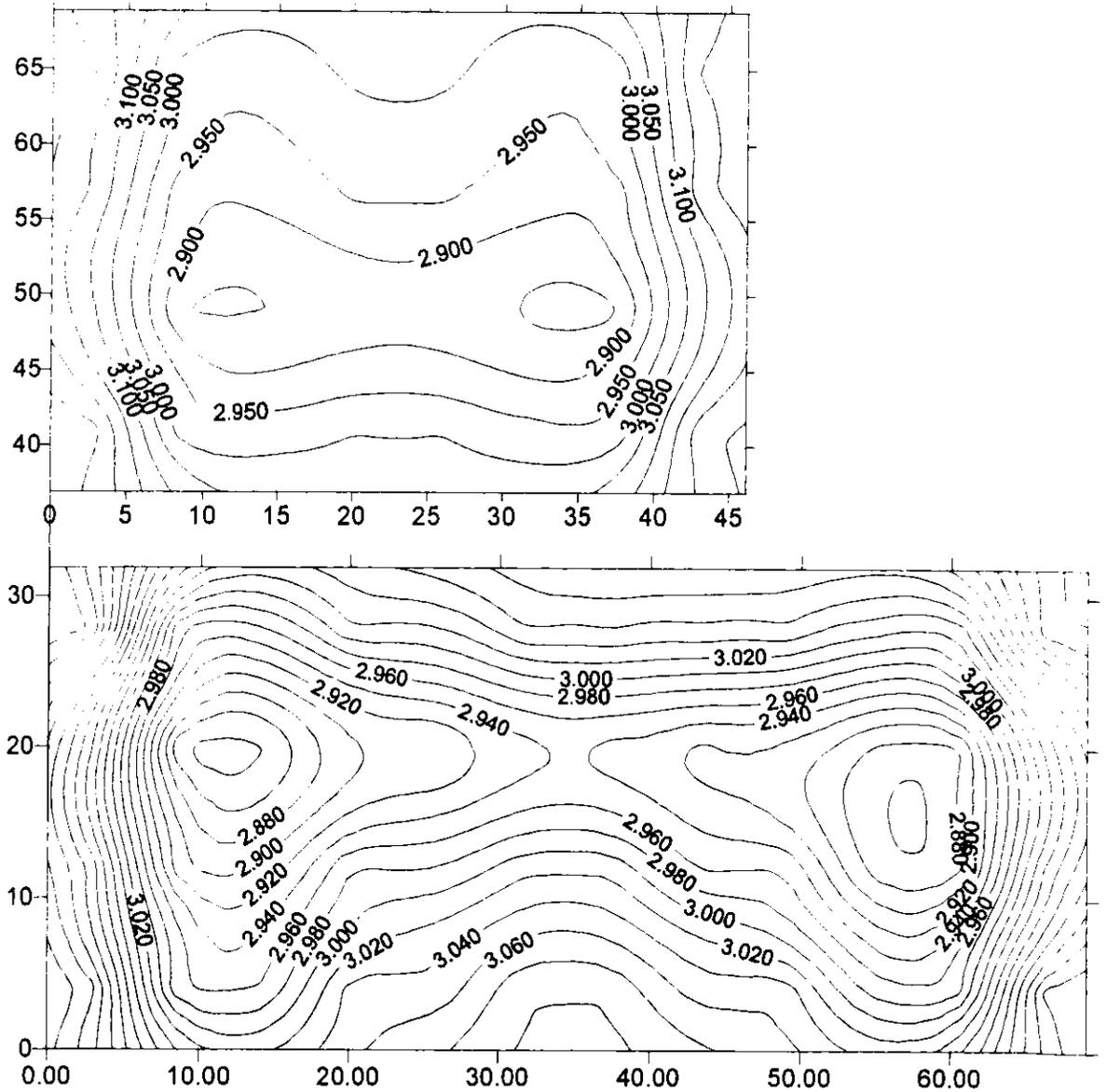


FIG. 3.2.21 ESFUERZOS DE CONTACTO (t/m^2), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

EJEMPLO 2.- ESTRUCTURAS ADYACENTES

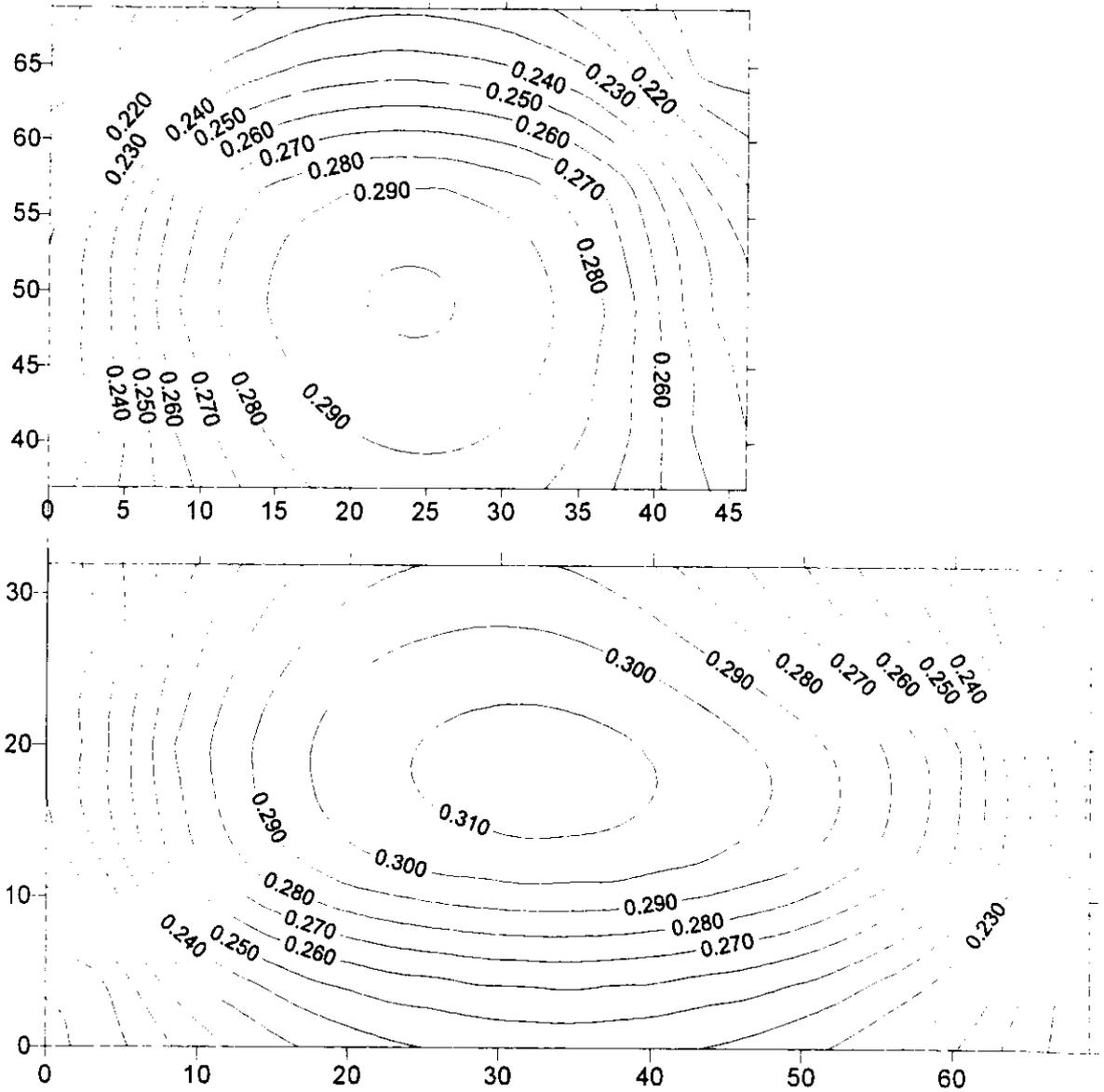


FIG. 3.2.2J HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

EJEMPLO 2.- ESTRUCTURAS ADYACENTES

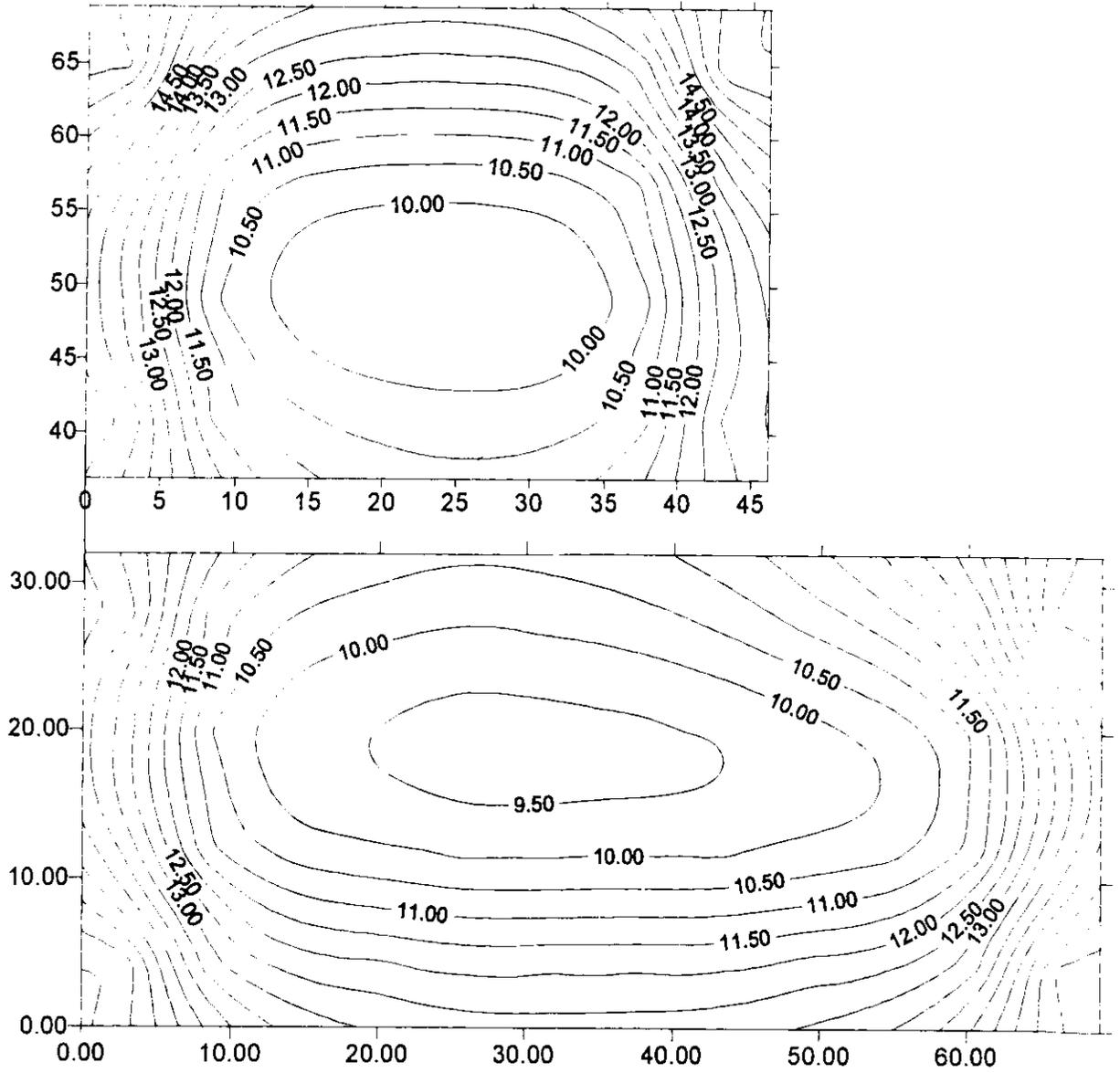


FIG. 3.2.2K MODULOS UNITARIOS (t/m^2), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

EJEMPLO 2.- ESTRUCTURAS ADYACENTES

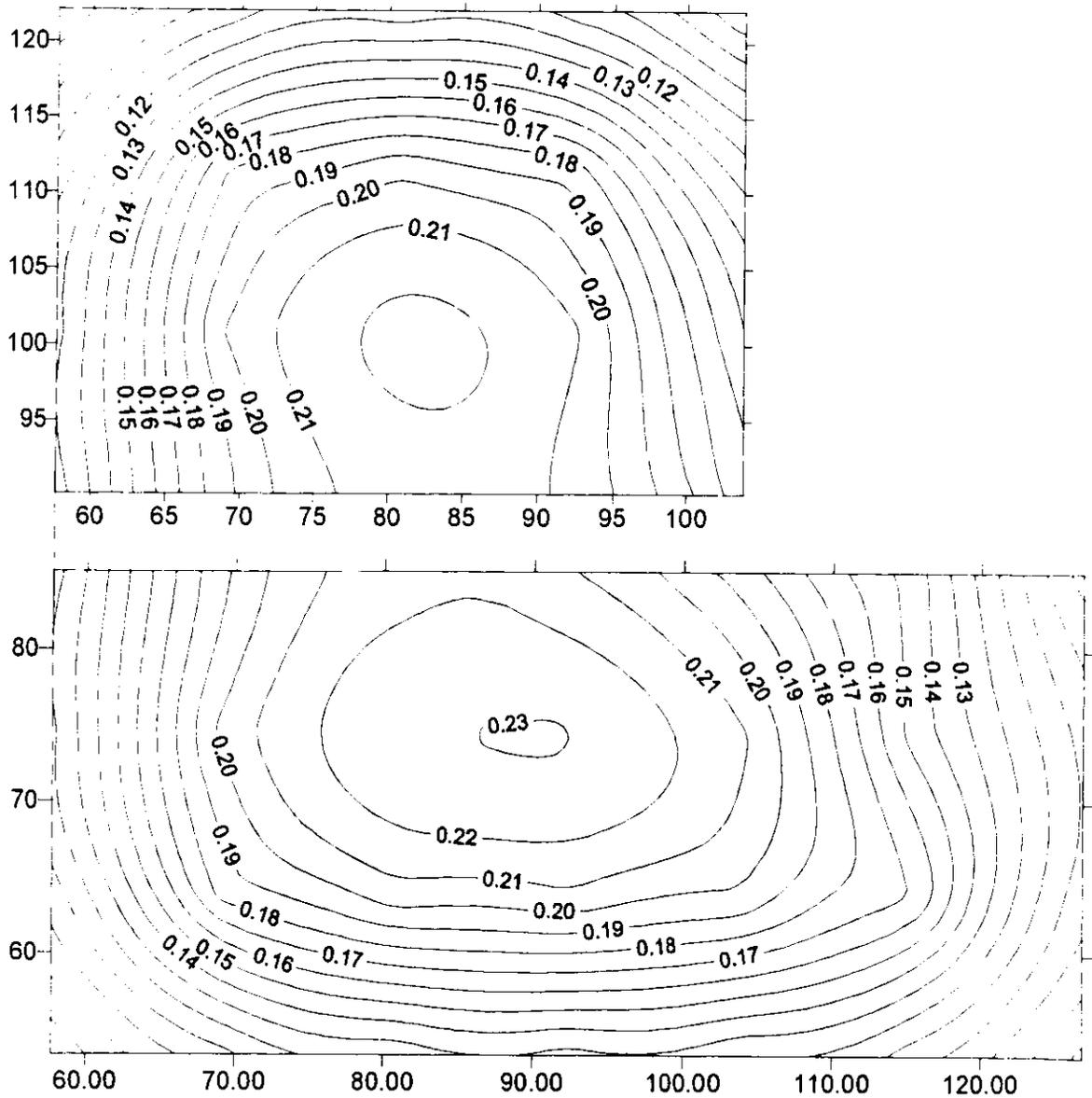


FIG. 3.2.2L HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE
SOLUCION CON "ELEMENTO FINITO"

Ejemplo 2.- Estructuras adyacentes

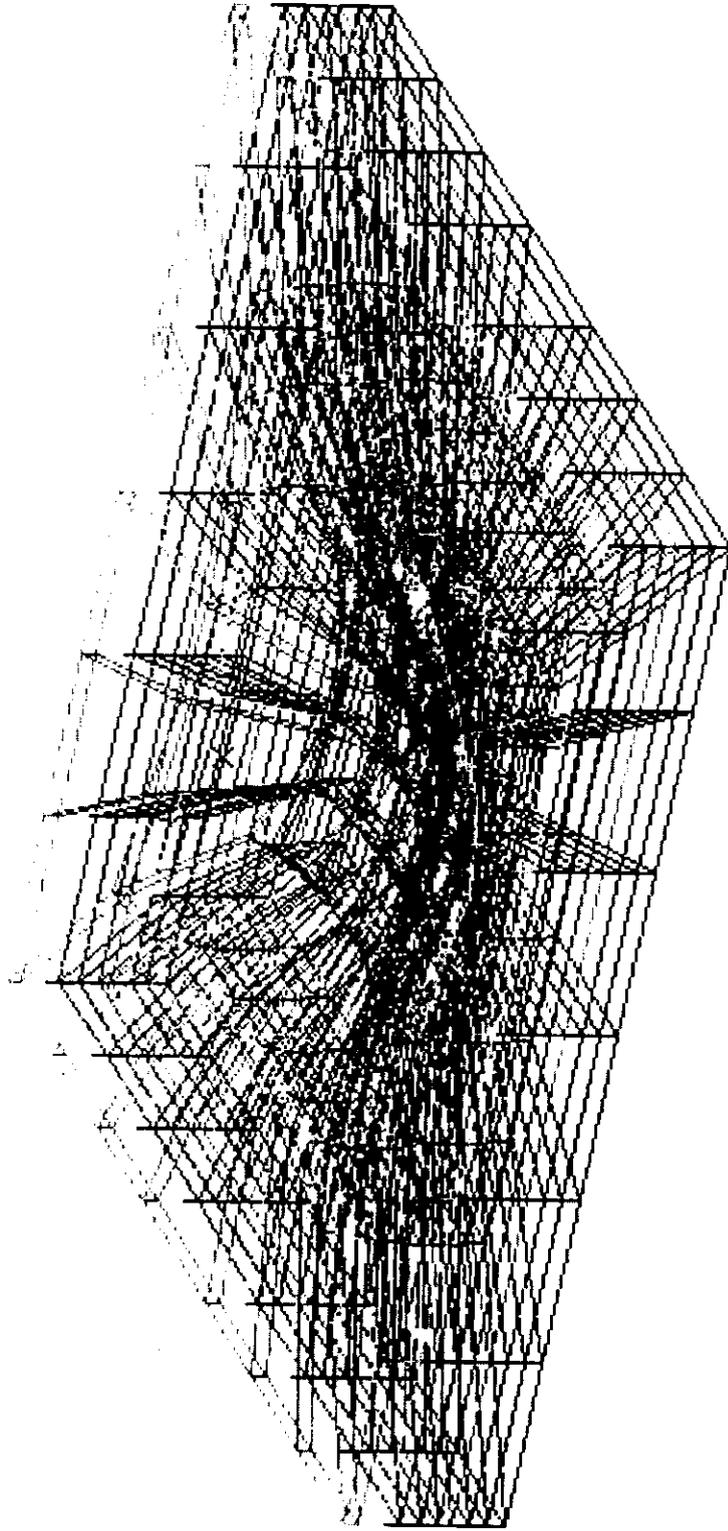


Fig. 3.2.2m Geometría deformada de la malla de elementos finitos (25% de exageración)

0.3817	0.1491	-0.0834	-0.3160	-0.5487
-0.7813	-1.0139	-1.2465	-1.4792	-1.7118
-1.9444	-2.1770	-2.4097	-2.6423	-2.8749
Val Max = 0.381784	Val Min = -2.874954			

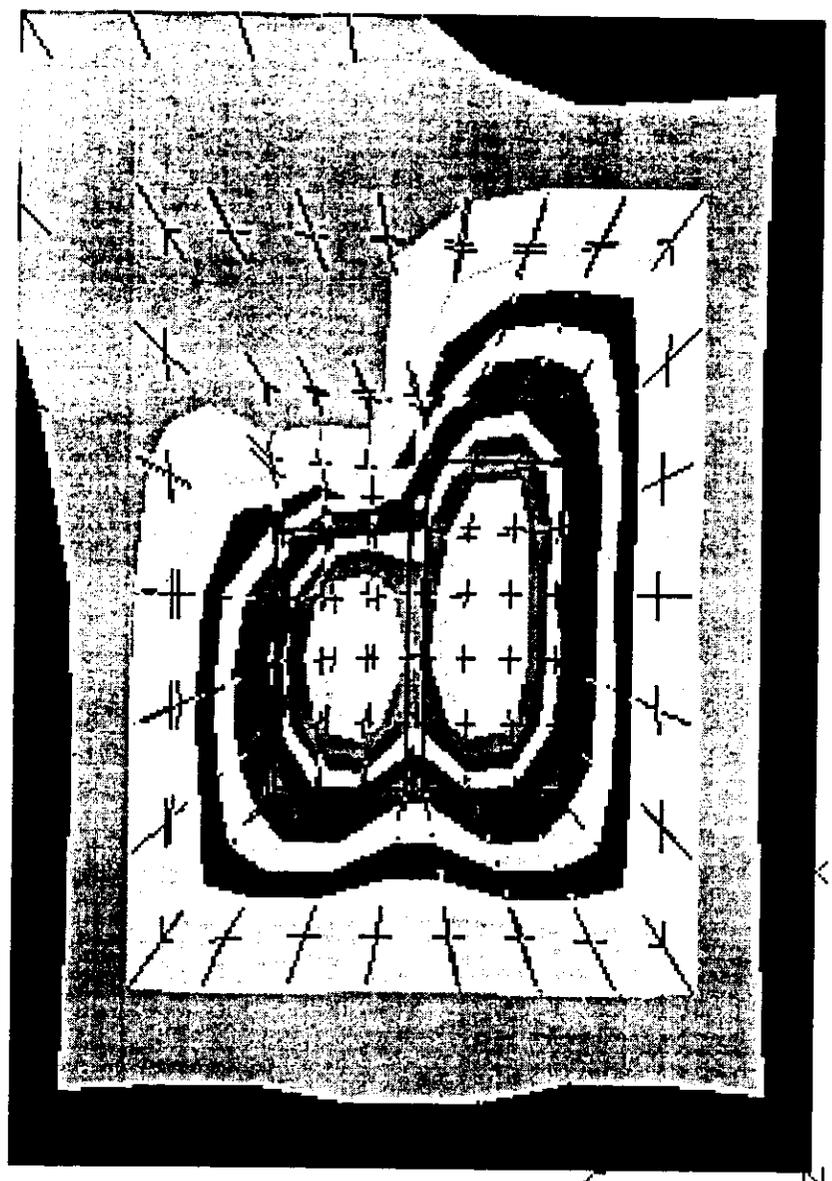


Fig. 3.2.2n Esfuerzos verticales (t/m^2), comentación semirrigida obtenidos con "elemento finito"

3.2.3. Ejemplo 3. Geometría irregular de la cimentación

No siempre las cimentaciones presentan una forma regular, como en el caso de cimentaciones en forma de "L" en planta. A continuación se analiza un caso como este. En la figura 3.2.3A se indican los datos de geometría y cargas.

Cimentación muy Rígida

Si la cimentación es muy rígida el caso se puede simplificar suponiendo una carga uniformemente distribuida más un momento de volteo producido por la excentricidad de las reacciones del suelo. La modelación del área de cimentación mediante placas se indica en la figura 3.2.3B.

El procedimiento a emplear es:

1 y 2.- Se procede como en el primer ejemplo. Bajo estas condiciones la resultante de reacciones no coincide con la línea de acción de la resultante de cargas, generando momentos de volteo Mx' y My' (Fig. 3.2.3L).

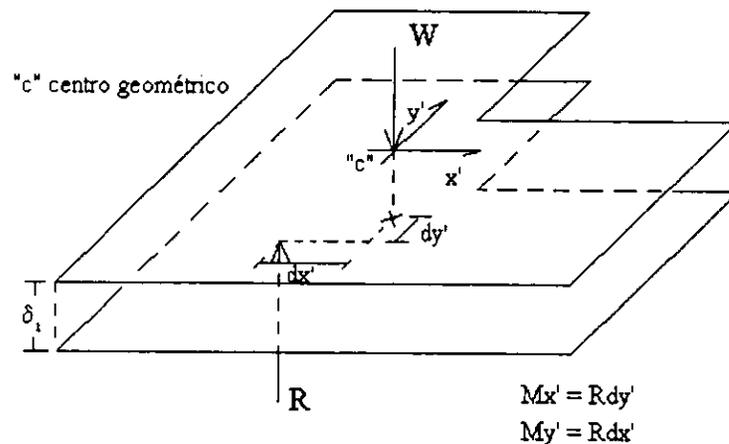


Fig. 3.2.2l Momentos de volteo debidos a que la resultante de reacciones no coincide con la línea de acción de la resultante de cargas

2.- Para tomar en cuenta los momentos de volteo del punto anterior, se aplica un giro unitario alrededor del centro geométrico de la cimentación rígida, primero alrededor del eje x' determinándose de esta manera un momento que no es igual a Mx' , por lo que se debe ir corrigiendo el giro con la ec. 3.2, hasta que los momentos señalados sean iguales. Se sigue un procedimiento similar para tomar en cuenta My' .

3.- Se superponen los diagramas de reacciones y desplazamientos obtenidos en los puntos 2 y 3, y se corrigen las compresibilidades volumétricas si es necesario para repetir el proceso, hasta lograr la convergencia.

Cimentación semiflexible

Si la cimentación es semiflexible, su condición se puede tomar en cuenta mediante la técnica de barras de rigidez equivalente descrita anteriormente. Para el caso en estudio la figura 3.2.3C muestra la numeración de barras y nodos correspondiente. Los momentos de inercia equivalentes se tomaron iguales a la unidad. El módulo de elasticidad del concreto se tomará como $E = 474\,300 \text{ t/m}^2$. En este caso el proceso iterativo es entre las subrutinas que resuelven el suelo y estructura de cimentación. Se aplica en este caso el mismo comentario de la corrección de las compresibilidades del punto anterior.

archivos:

a) de datos de las placas y nodos;	isret3.dov
b) de datos de compresibilidades;	isret3.alf
c) de datos de nodos, barras y propiedades de las barras;	isret3.ret
d) de descargas en los nodos;	isret3.des

al correr el PRISRET se generan los siguientes archivos

d) de flexibilidades del suelo;	isret3.mf1
e) de rigideces de la estructura;	isret3.rgl

Con el programa ISRET se realiza lo siguiente:

- 1.- Se declara el juego de archivos con el que se va a trabajar, simplemente dando su nombre genérico.
- 2.- Se activa la sección "*vector de cargas*" y la opción "*cargas iguales*" y se proporciona el valor de 3.0 ton/m^2 que se está aplicando en este caso (o sea, no se toma en cuenta por el momento la rigidez de las estructuras). Con esto se obtiene un asentamiento medio para cada cimentación de 0.2663 m. La distribución de reacciones es uniforme (Fig. 3.2.3A) en este caso, pero los asentamientos no tienen una distribución así, como se muestra en la figura 3.2.3D. Los resultados se salvaron en el archivo isret3.in1. En la figura 3.2.3E se grafican los módulos unitarios correspondientes.
- 3.- Se abre la sección "*vector de asentamientos*", donde se activa la opción asentamientos iguales y se proporciona el valor de 0.2663 m de hundimiento medio obtenido anteriormente. La resultante de reacciones calculada con este hundimiento es de 10349.34 t, la cual no es igual a la real de 9948.99 t, pero se corrige el error mediante la opción "*corregir por resultante de cargas*", proporcionando el valor real; el hundimiento medio "real" resulta de 0.256 m. Los resultados de reacciones y hundimientos se salvaron en el archivo isret2.in2 y corresponden a una cimentación totalmente rígida sin tomar en cuenta la geometría irregular de la cimentación, lo cual produce momentos de volteo M_x y M_y

iguales a -3219.202 y -3956.849 t-m, siendo las coordenadas del centro geométrico de la cimentación iguales a $x_c=28.8417$ m y $y_c=26.6167$ m.

Se elige la opción "*girar en x*" para eliminar la componente del momento alrededor de este eje. Se proporciona el valor de 1 (grado), para el cual la distribución de reacciones como cimentación rígida que sufre un giro, generan un momento alrededor del eje "x" (sobre su eje de giro o centroide) que no es igual al real, pero esto se puede corregir con la opción "*corregir por momento*" dando el valor real de +3219.202 t-m que tiene la componente del momento.

Se elige la opción "*girar en y*" para eliminar la componente del momento alrededor de este eje. Se proporciona el valor de 1 (grado), para el cual la distribución de reacciones como cimentación rígida que sufre un giro, generan un momento alrededor del eje "y" (sobre su eje de giro o centroide) que no es igual al real, pero esto se puede corregir con la opción "*corregir por momento*" dando el valor real de +3956.849 t-m que tiene la componente del momento.

Para que estos resultados tengan sentido se deben sumar a los que se obtuvieron suponiendo hundimiento uniforme, para esto se salvaron en el archivo isret3.in3 y se sumaron al archivo isret3.in2 mediante la hoja de cálculo isret3.wk1. Los resultados de esta suma se graficaron en las figuras 3.2.3F, 3.2.3G y 3.2.3H.

4.- Se elige la opción "*análisis con retícula plana*". Los resultados se salvaron con la opción correspondiente en el archivo isret3.in4 y se graficaron en las figuras 3.2.3I, 3.2.3J y 3.2.3K.

Una cimentación con geometría irregular como la de este ejemplo se traduce en un desplome de la superestructura y su cimiento, pudiéndose evaluar dicho desplome con la herramienta que aquí se propone y revisar si cumple los requisitos de la reglamentación vigente (refs. 4 y 5).

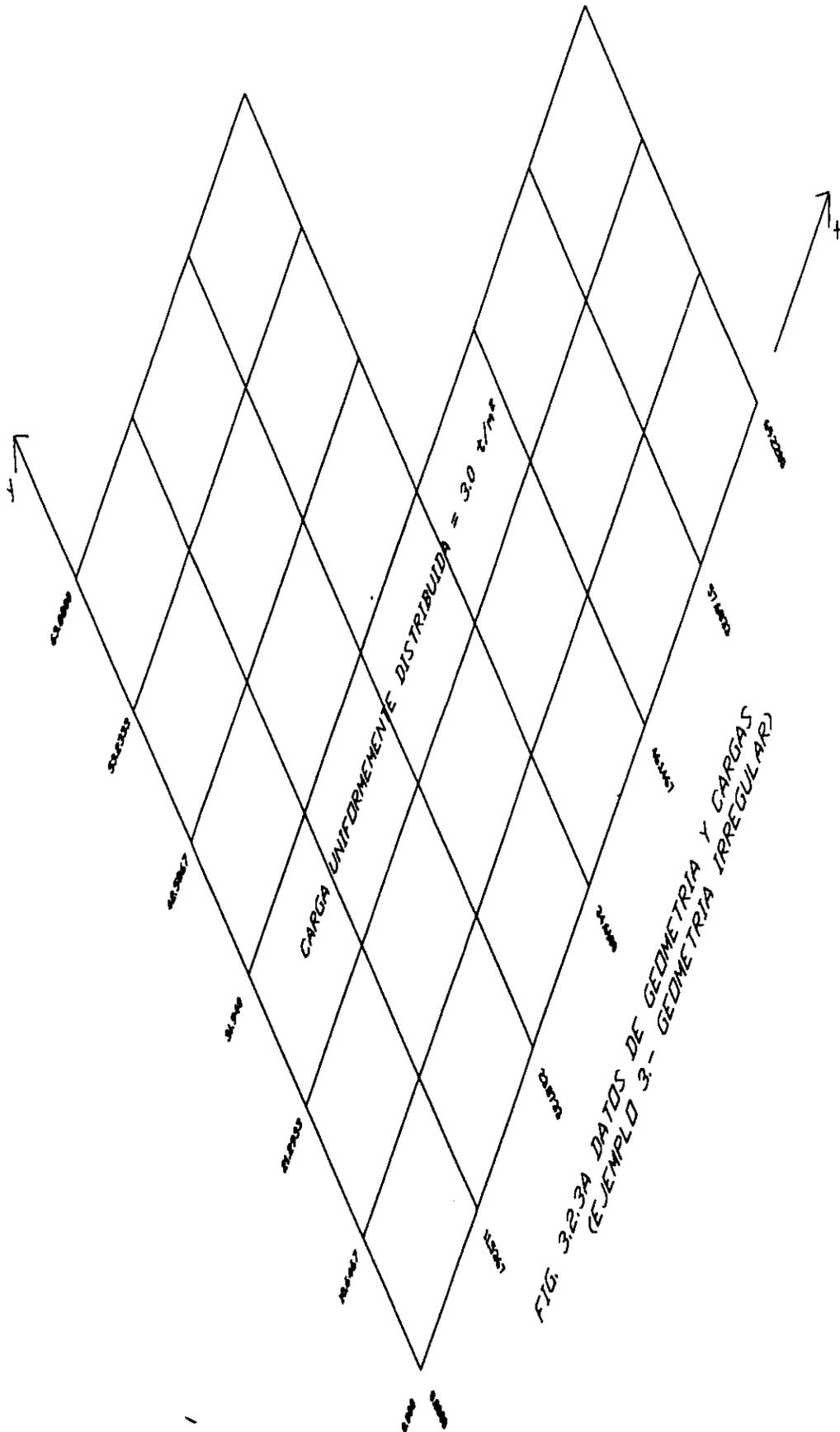


FIG. 3.2.3A DATOS DE GEOMETRIA Y CARGAS
 (EJEMPLO 3.- GEOMETRIA IRREGULAR)

y(m)

72 PLACAS
93 NODOS

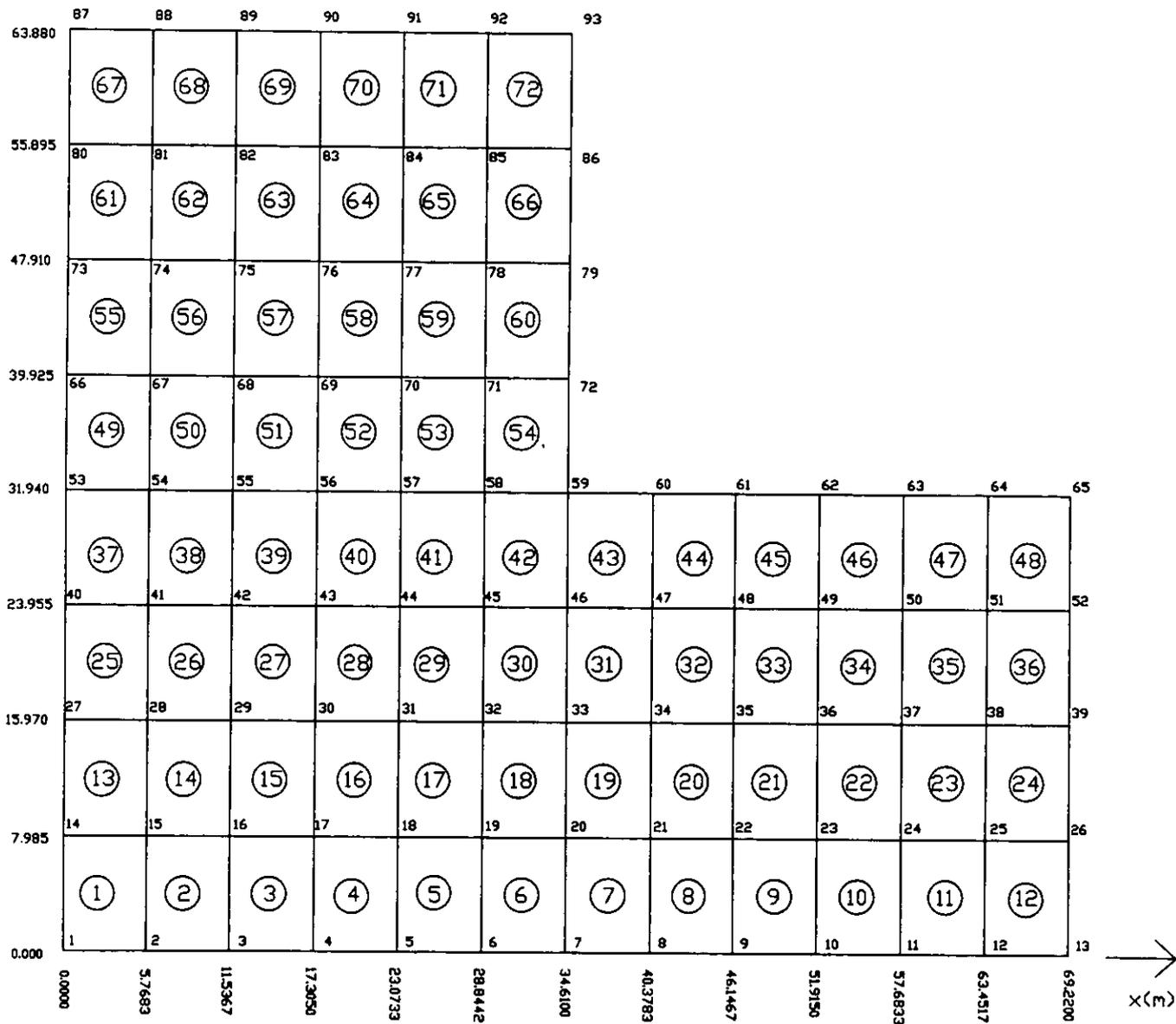


FIG. 3.2.3B MODELACION MEDIANTE PLACAS Y NODOS
(EJEMPLO 3. GEOMETRIA IRREGULAR)

y(m) ↑

66 BARRAS
40 NODOS

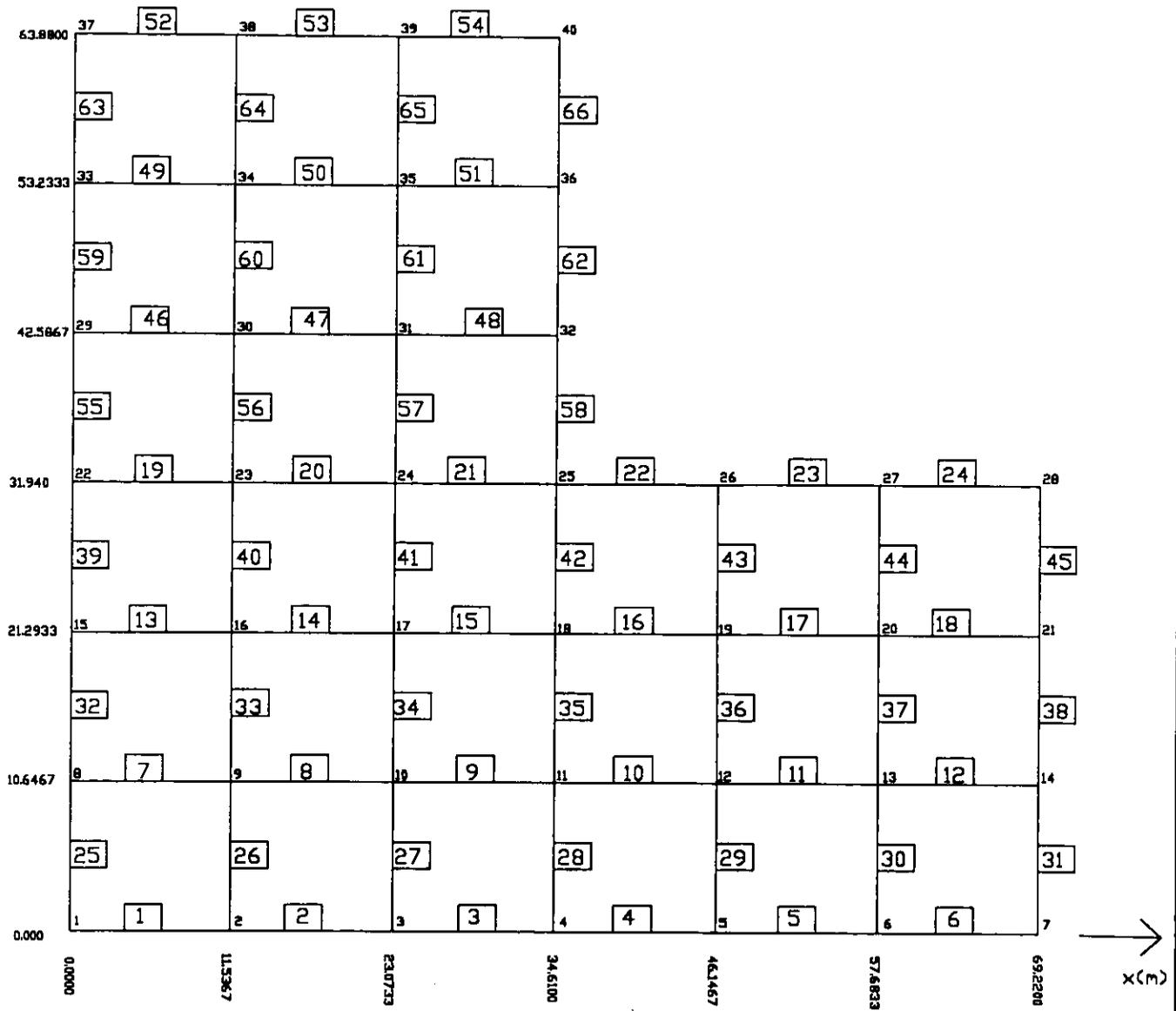


FIG. 3.2.3C MODELACION MEDIANTE BARRAS Y NODOS
(EJEMPLO 3. GEOMETRIA IRREGULAR)

EJEMPLO 3.- GEOMETRIA IRREGULAR

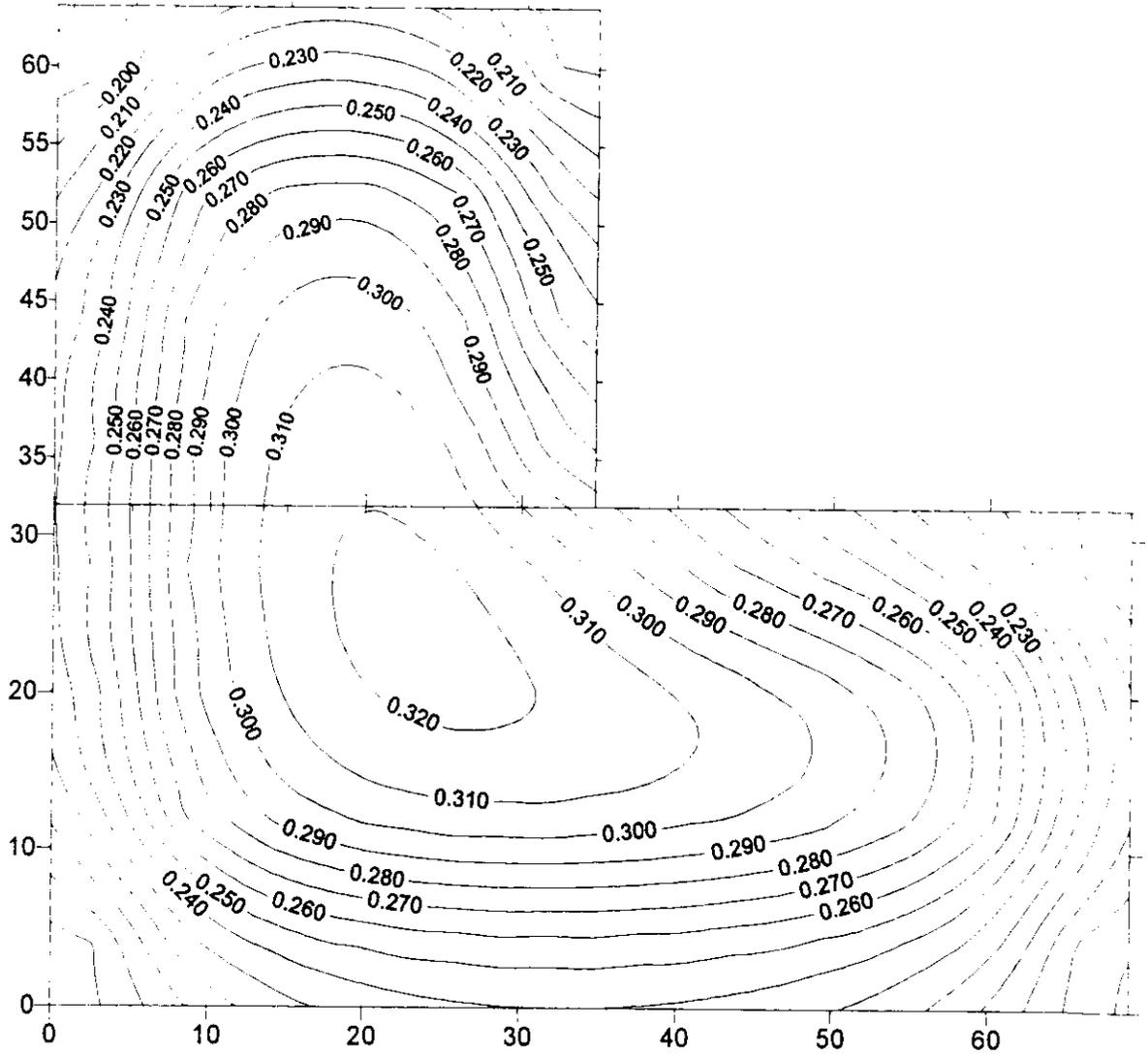


FIG. 3.2.3D HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION SIN RIGIDEZ

EJEMPLO 3.- GEOMETRIA IRREGULAR

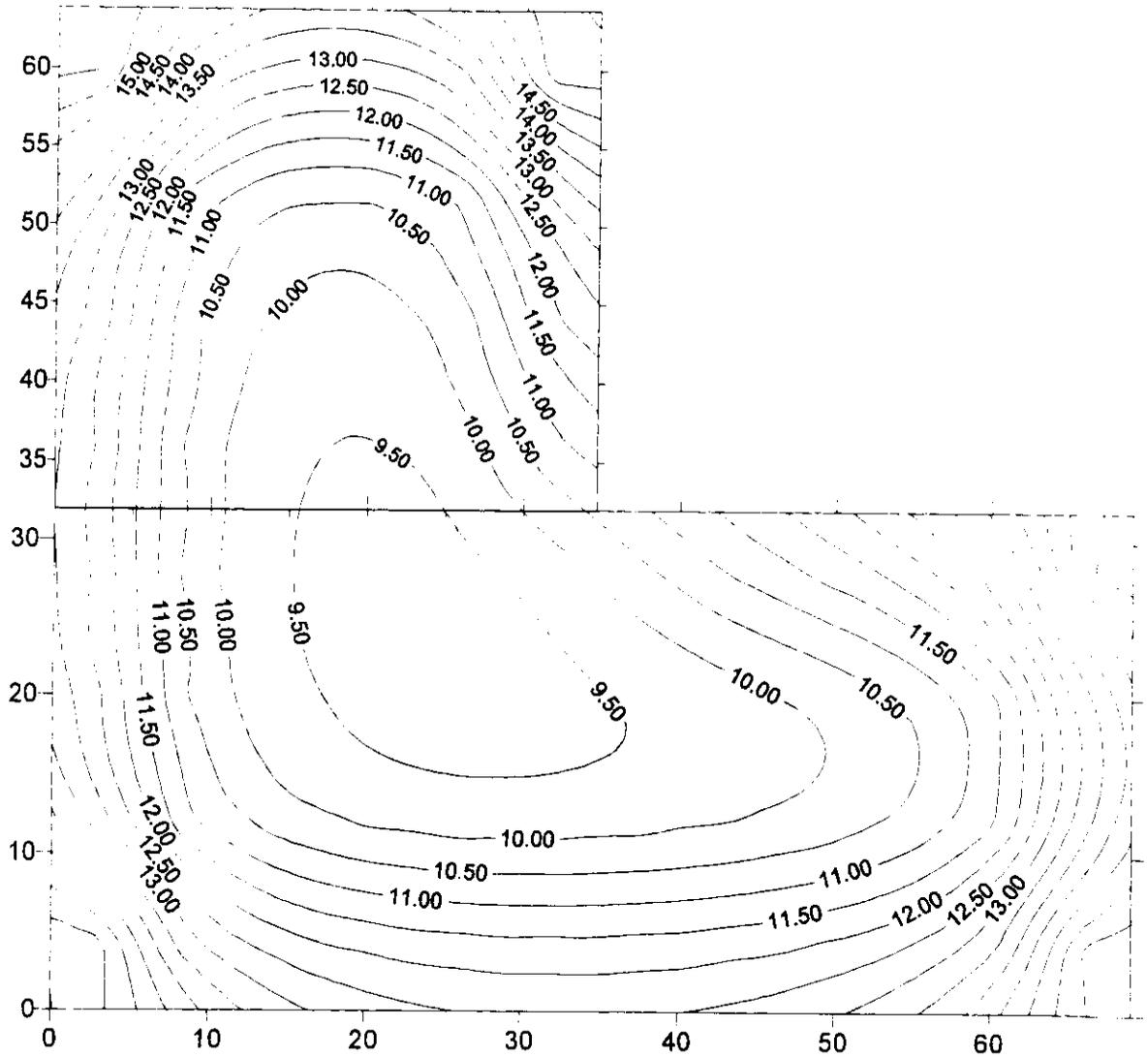


FIG. 3.2.3E MODULOS UNITARIOS ($1/m^3$), CIMENTACION SIN RIGIDEZ

EJEMPLO 3.- GEOMETRIA IRREGULAR

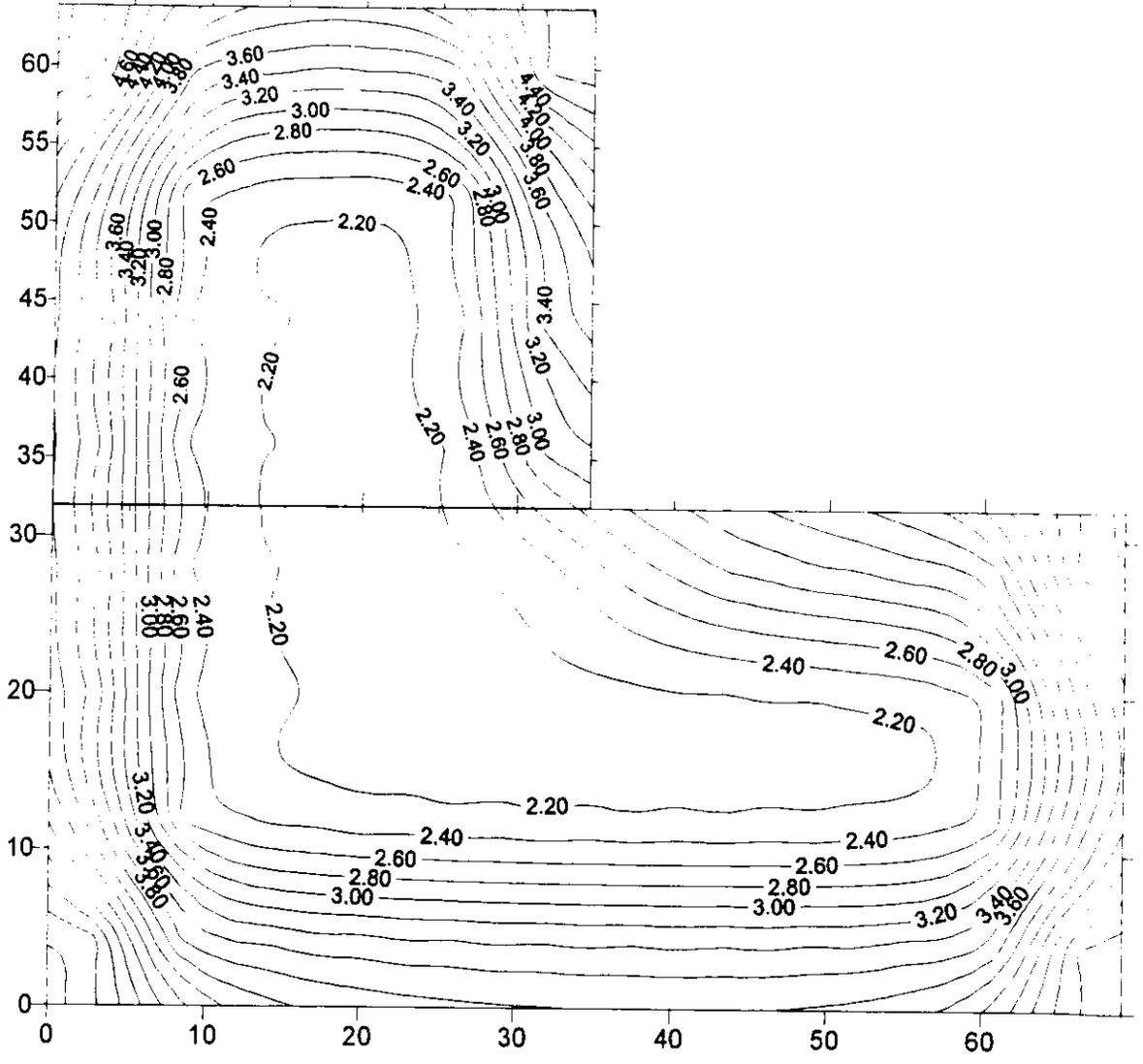


FIG. 3.2.3F ESFUERZOS DE CONTACTO (t/m^2), CIMENTACION RIGIDA

EJEMPLO 3.- GEOMETRIA IRREGULAR

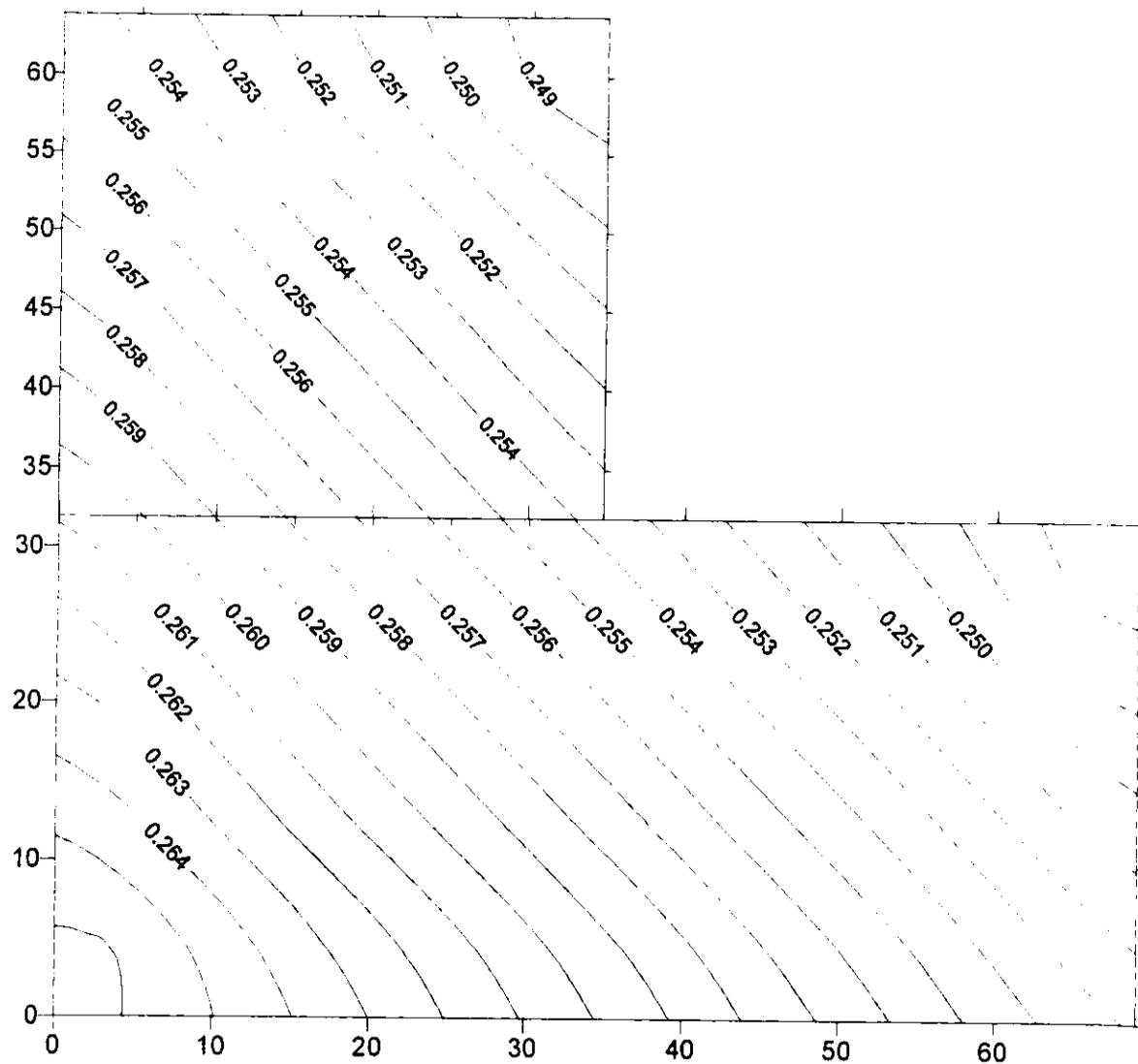


FIG. 3.2.3G HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION RIGIDA

EJEMPLO 3.- GEOMETRIA IRREGULAR

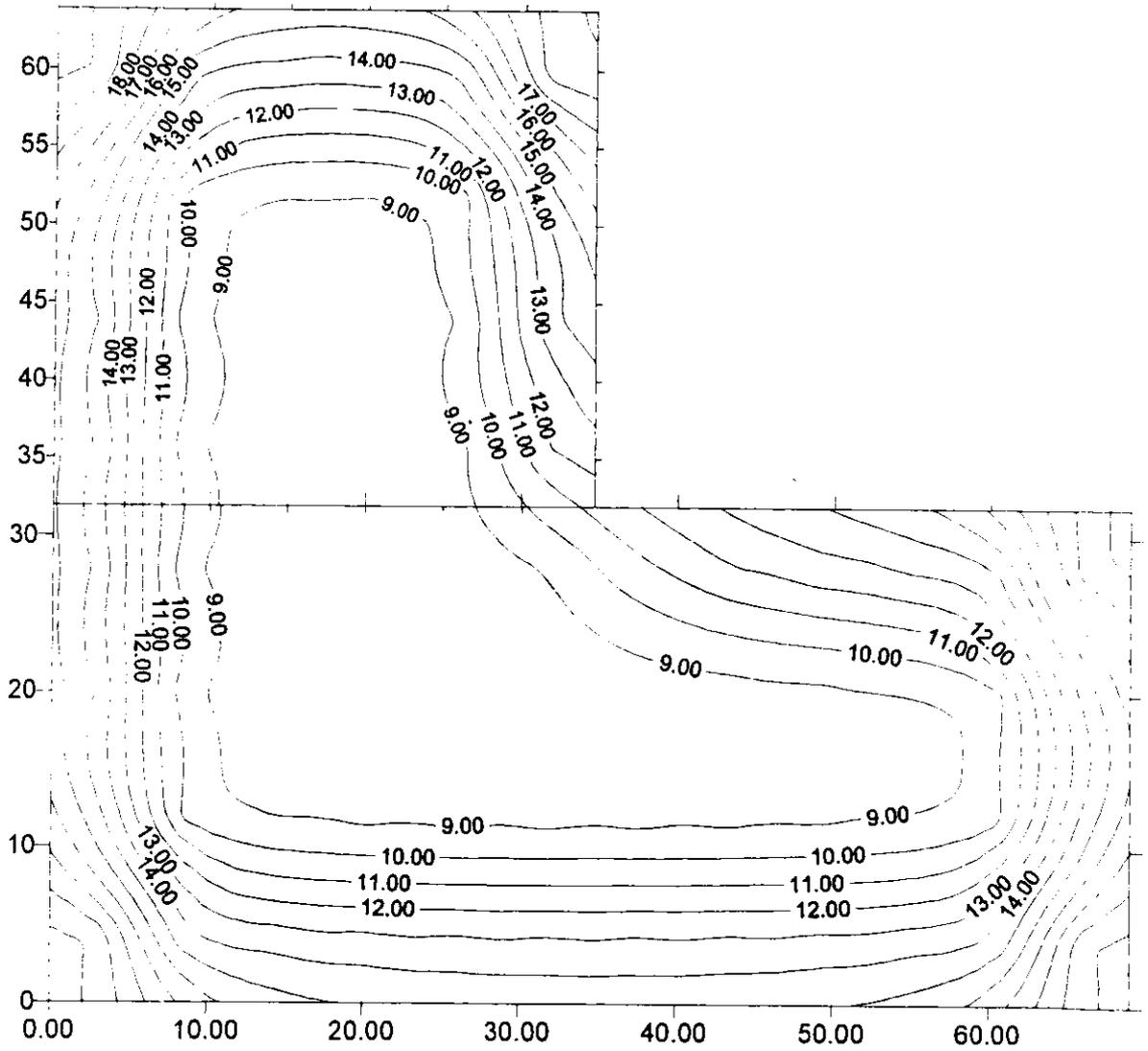


FIG. 3.2.3H MODULOS DE CIMENTACION (t/m^2), CIMENTACION RIGIDA

EJEMPLO 3.- GEOMETRIA IRREGULAR

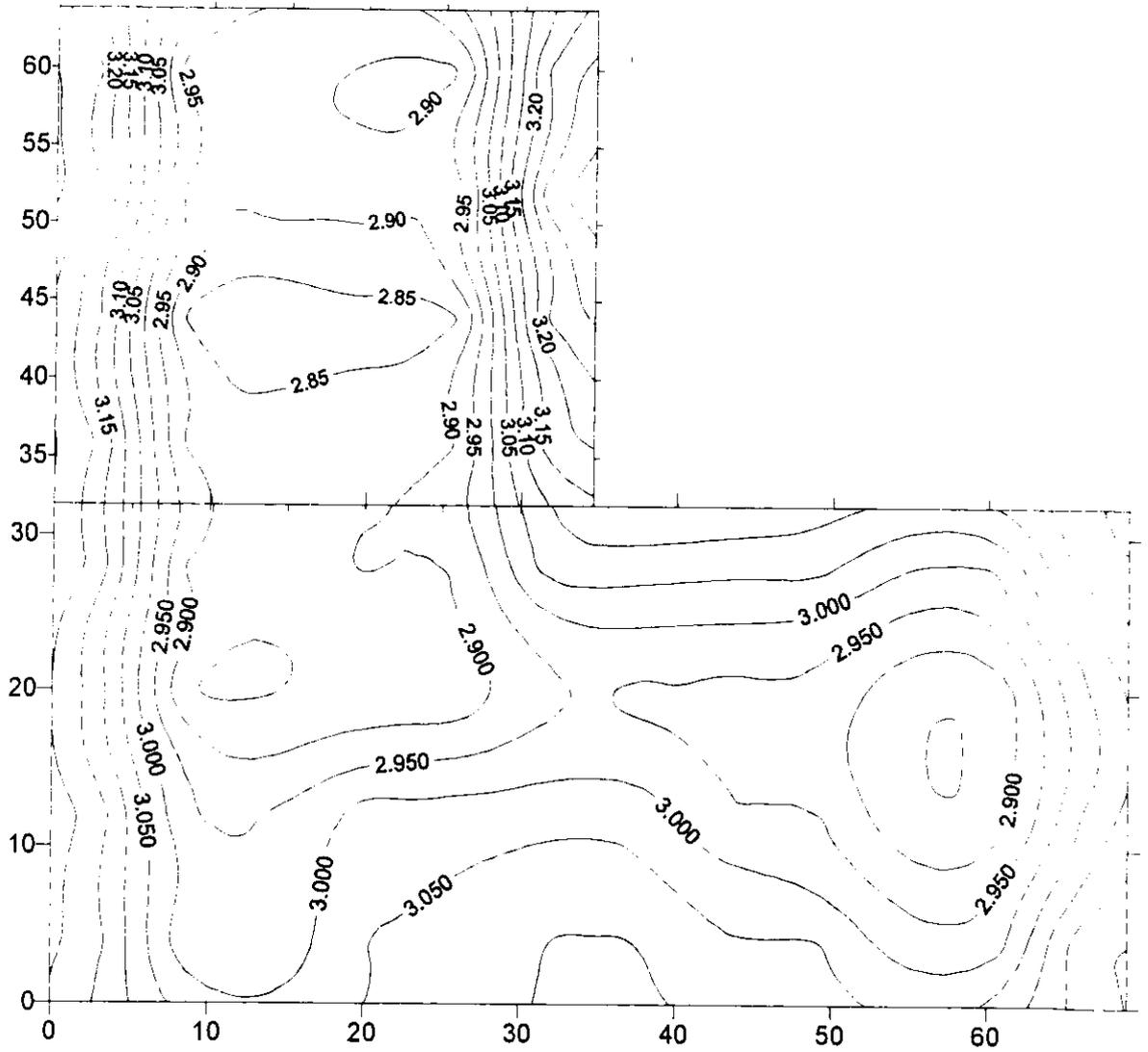


FIG. 3.2.3I ESFUERZOS DE CONTACTO (t/m^2), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

EJEMPLO 3.- GEOMETRIA IRREGULAR

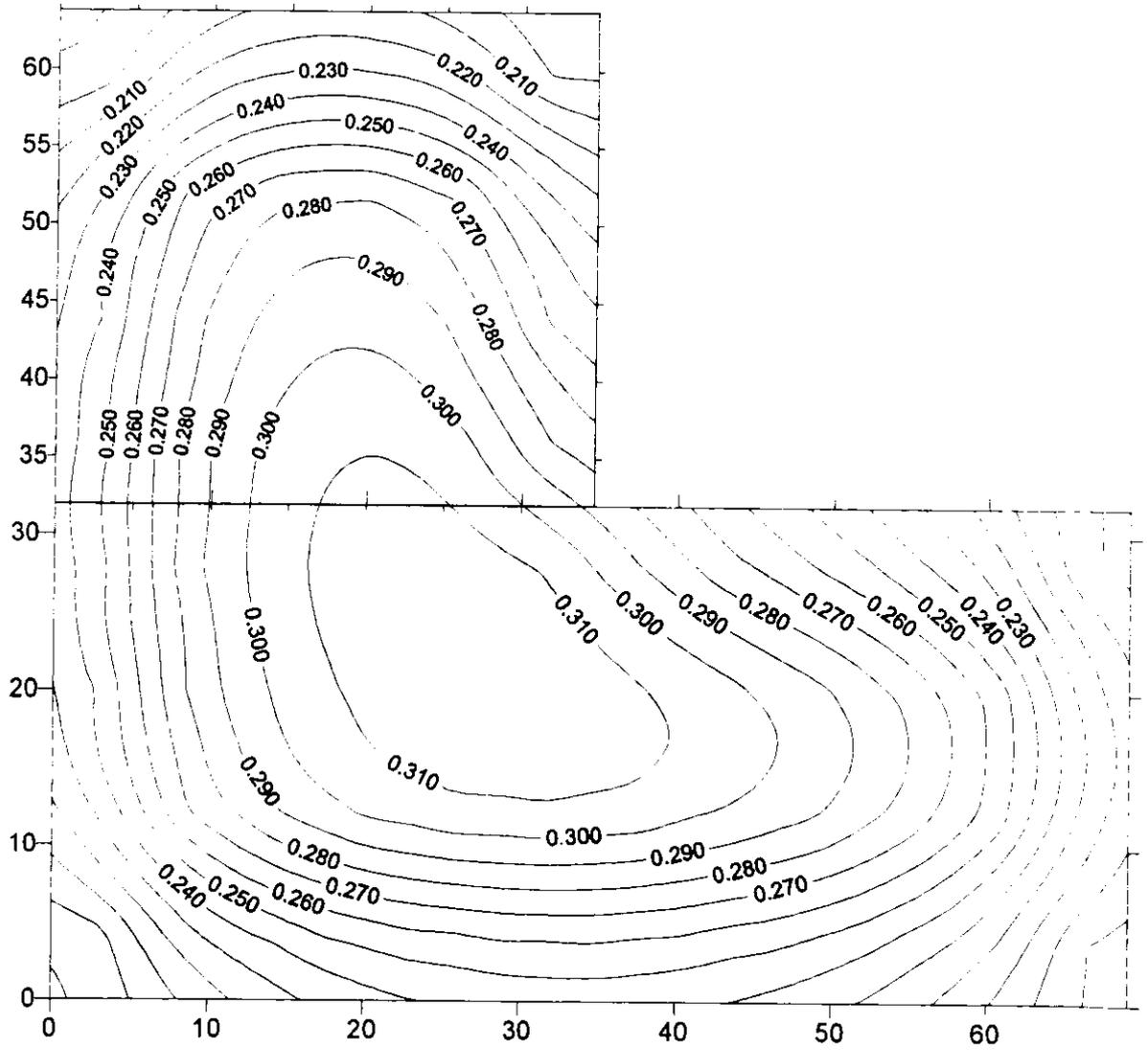


FIG. 3.2.3J HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

EJEMPLO 3.- GEOMETRIA IRREGULAR

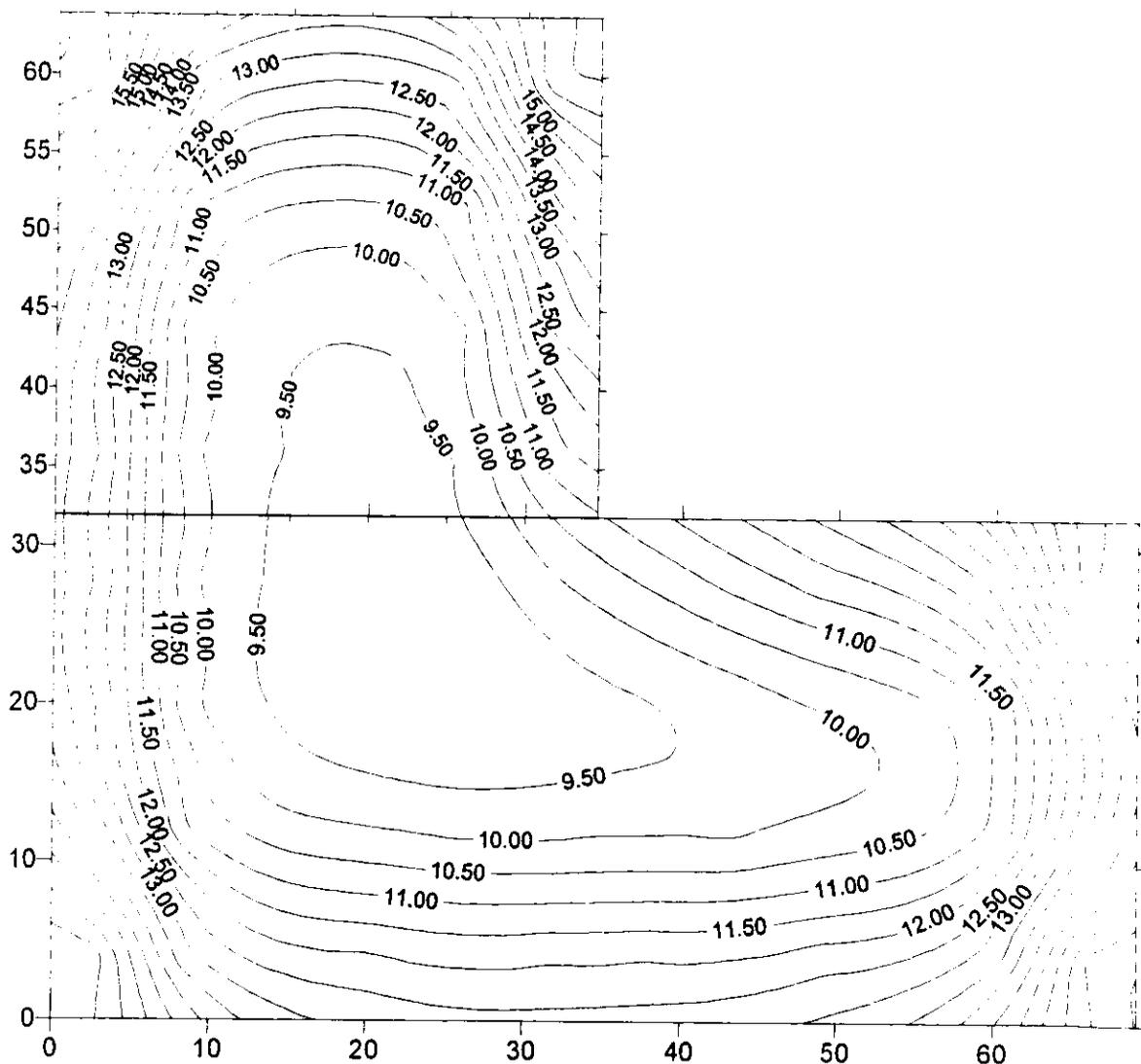


FIG. 3.2.3K MODULOS DE CIMENTACION (t/m^2), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

3.2.4 Ejemplo 4. Juntas de cortante (pontones)

Las juntas en cimentaciones (ref. 18) se usan en algunas ocasiones para reducir los altos momentos flexionantes que se generan en losas y cajones muy alargados.

Para el ejemplo, la geometría de la cimentación y las descargas se muestran en la figura 3.2.4A y la modelación de los tableros mediante placas y nodos se muestra en la figura 3.2.4B, en tanto que las compresibilidades medias se tomaron iguales a las del ejemplo 3.2.1 (tabla 3.2.1A).

Cimentación muy Rígida

1.- Se analiza la cimentación sin juntas, como en el ejemplo 1, calculándose el momento flexionante, M_i , producido por las cargas actuantes y las reacciones del suelo, alrededor del eje de la junta.

2.- Debido a que los momentos alrededor de las juntas de cortante deben ser igual a cero, se aplica a cada junta i , el mismo momento M_i , calculado en el punto anterior, pero con signo contrario; esto produce giros de los tableros de cimentación, alrededor de las juntas. Para determinar la configuración de estos giros, se hacen girar los tableros alrededor de las juntas con valores unitarios, corrigiéndose hasta que el momento, en cada junta, producido por las reacciones sea igual a las M_i . Además, la resultante de reacciones de los giros finales debe ser igual a cero.

Dada la complejidad del procedimiento, el programa de computadora propuesto considera únicamente dos juntas de cortante, sin embargo se puede hacer la generalización a "n" juntas.

3.- Se superponen los diagramas de reacciones y desplazamientos obtenidos en los puntos 1 y 2, corrigiendo las compresibilidades volumétricas si es necesario para repetir el proceso, hasta lograr la convergencia.

Cimentación semiflexible

Si la cimentación es semiflexible, su condición se puede tomar en cuenta mediante la técnica de barras descrita anteriormente. Para el caso en estudio la figura 3.2.4C muestra la numeración de barras y nodos correspondiente. Los momentos de inercia y polar de inercia se consideraron unitarios, en tanto que el módulo de elasticidad se tomó como $E = 474\,300 \text{ t/m}^2$. En este caso se liberan de momentos los nodos que correspondan a las juntas de cortante. El proceso iterativo es entre las subrutinas que resuelven el suelo y estructura de cimentación. Se aplica en este caso el mismo comentario de la corrección de las compresibilidades del punto anterior.

archivos:

- | | |
|---|------------|
| a) de datos de las placas y nodos; | isret4.dov |
| b) de datos de compresibilidades; | isret4.alf |
| c) de datos de nodos, barras y propiedades de las barras; | isret4.ret |
| d) de descargas en los nodos; | isret4.des |

al correr el PRISRET se generan los siguientes archivos

- | | |
|-----------------------------------|------------|
| d) de flexibilidades del suelo; | isret4.mf1 |
| e) de rigideces de la estructura; | isret4.rg1 |

Con el programa ISRET se realiza lo siguiente:

1.- Se declara el juego de archivos con el que se va a trabajar, simplemente dando su nombre genérico (ISRET4, tres plantas de cimentación).

2.- Se activa la sección "vector de cargas" y la opción "cargas iguales" y se proporciona los valores de 2.0, 3.5 y 2.0 ton/m² que se están aplicando. Con esto se obtiene un asentamiento medio para cada cimentación de 0.1881 m. La distribución de reacciones es uniforme para cada pontón (Fig. 3.2.4D), pero los asentamientos no tienen una distribución así, como se muestra en la figura 3.2.4E. En la figura 3.2.4F se graficaron los módulos unitarios correspondientes. Los resultados se salvaron en el archivo ISRET4-1.ISC.

3.- Salir del ISRET y volver a entrar (declarando una sola planta de cimentación). Se abre la sección "*vector de asentamientos*", donde se activa la opción asentamientos iguales y se proporciona el valor de 0.1881 m de hundimiento medio obtenido anteriormente. La resultante de reacciones calculada con este hundimiento es de 5734.814 ton, la cual no es igual a la real, pero se corrige el error mediante la opción "*corregir por resultante de cargas*", donde se proporciona el valor real de 5527.217 ton y se obtiene un asentamiento corregido de 0.1813 m. Los resultados de reacciones y hundimientos se salvaron en el archivo isret4-2.isc y corresponden a una cimentación totalmente rígida sin tomar en cuenta la presencia de las juntas de cortante.

El momento flexionante debido a las reacciones es:	24916.52 t-m
y el debido a las descargas:	<u>-17004.20 t-m</u>
El momento a disipar en las juntas será:	7912.32 t-m

4.- Salir y volver a entrar de ISRET (declarando ahora 3 plantas de cimentación). Se elige la opción "*girar en y*" para eliminar los momentos en las juntas. Se proporciona el valor de 179 (grados) para la planta 1, 0(grados) para la 2 y 1(grado) para la 3. La distribución de reacciones generan un momento alrededor del eje "y" (en las juntas) que no es igual al real,

pero esto se puede corregir con la opción “juntas de cortante” dando el valor real de -7912.0 t-m para la junta 1 y 7912.0 para la junta 2. Los resultados se salvaron en el archivo ISRET4-3.ISC.

Estos resultados se deben sumar a los que se obtuvieron suponiendo hundimiento uniforme en el punto anterior, como en la hoja de cálculo isret4.wk1. Los resultados de esta suma se graficaron en las figuras 3.2.4G, 3.2.4H y 3.2.4I.

4.- Se elige la opción “*análisis con retícula plana*”. Los resultados se salvaron con la opción correspondiente en el archivo ISRET4-4.ISC y se graficaron en las figuras 3.2.4J, 3.2.4K y 3.2.4L.

Las juntas de cortante, como se observa en el ejemplo, son útiles al reducir los momentos flexionantes en dirección longitudinal de la cimentación, pero generan mayores asentamientos en la cimentación, en consecuencia uso está limitado por los valores máximos permisibles de asentamiento diferencial que se admite en la reglamentación actual (refs. 4 y 5).

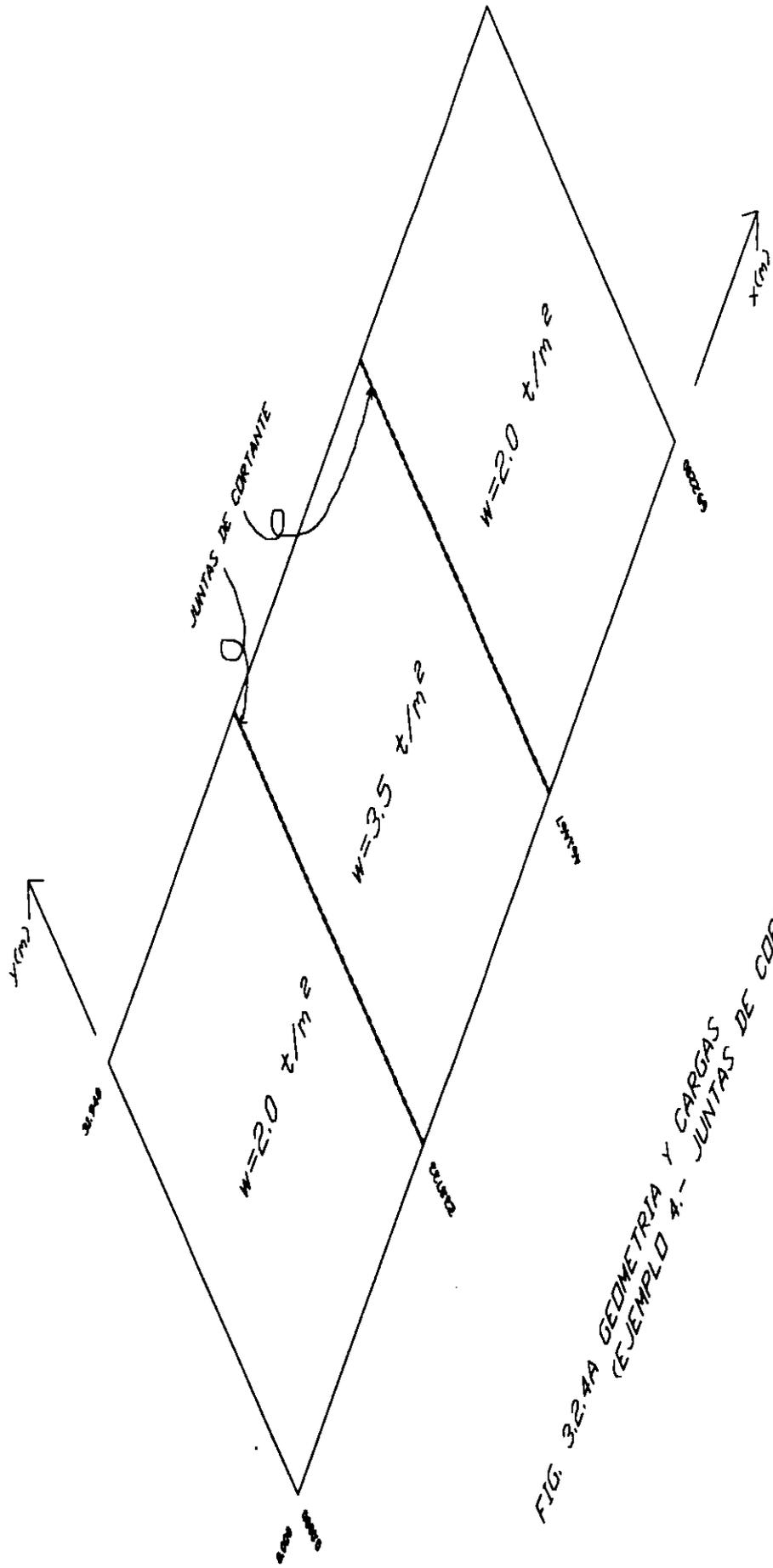


FIG. 3.2.4A GEOMETRIA Y CARGAS
(EJEMPLO 4.- JUNTAS DE CORTANTE)

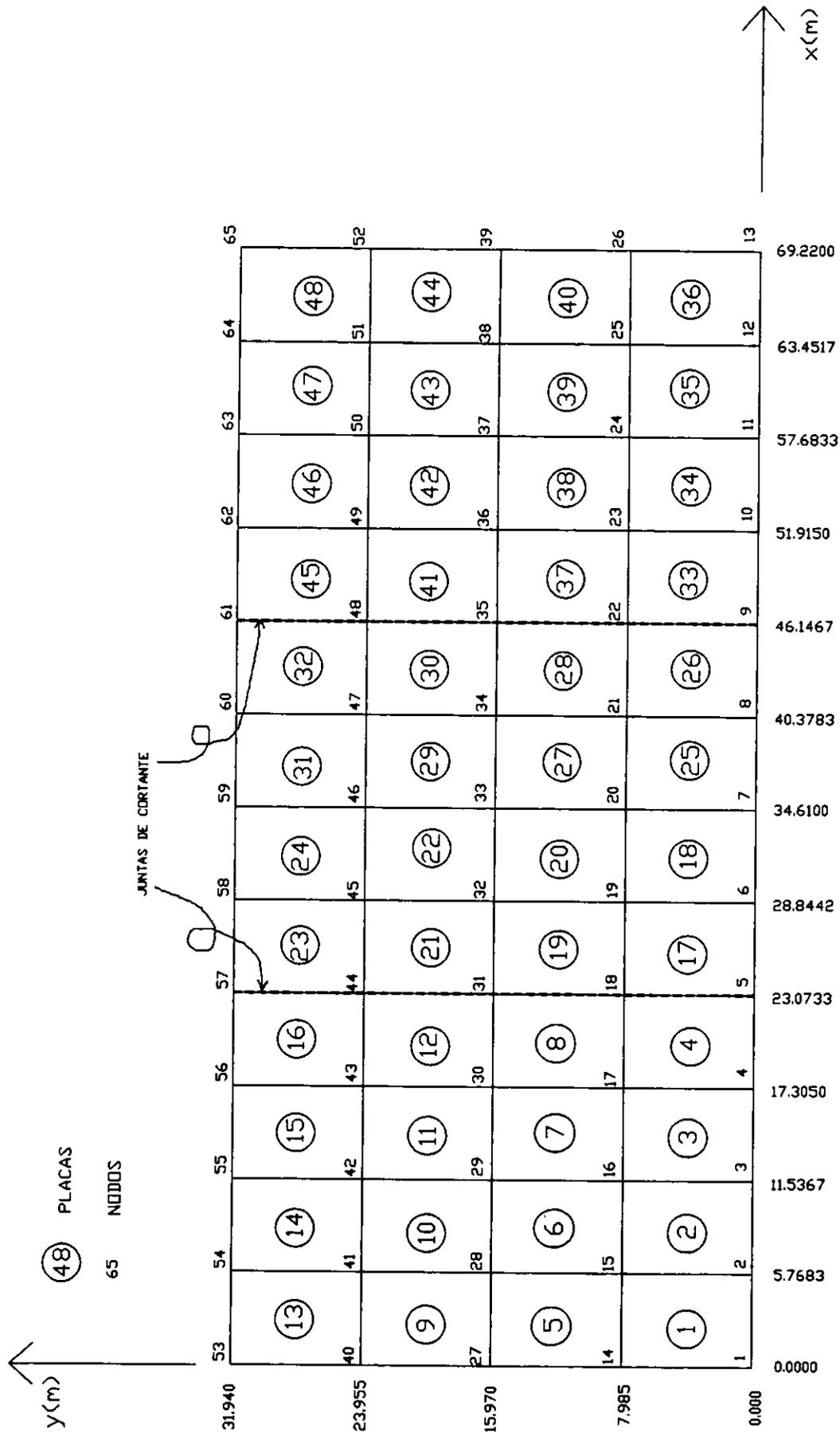


FIG. 3.2.4B MODELACION MEDIANTE PLACAS Y NODOS
 (EJEMPLO 4. JUNTA DE CORTANTE)

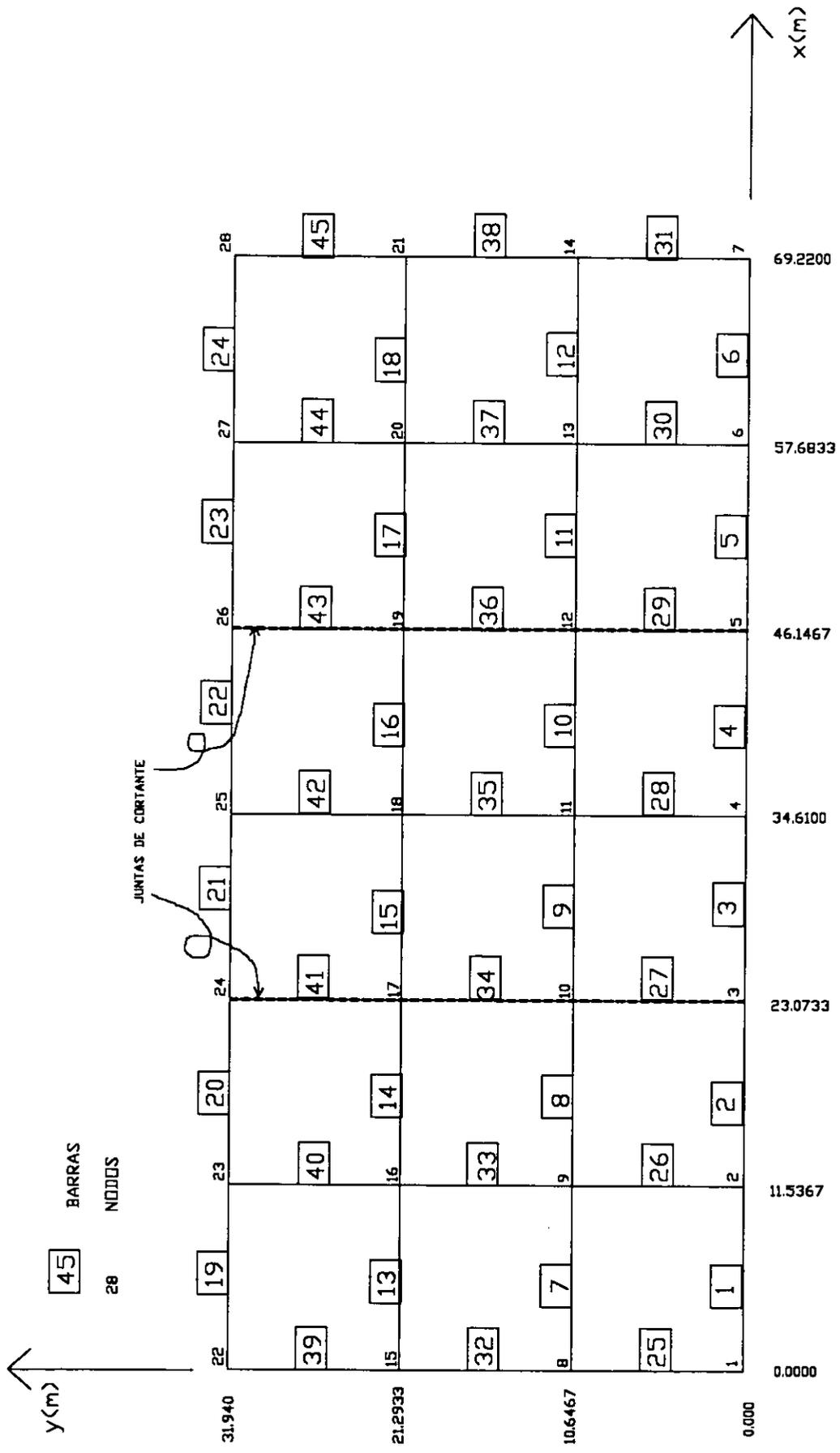


FIG. 3.2.4C MODELACION MEDIANTE BARRAS Y NODOS
 (EJEMPLO 4.- JUNTAS DE CORTANTE)

EJEMPLO 4.- JUNTAS DE CORTANTE

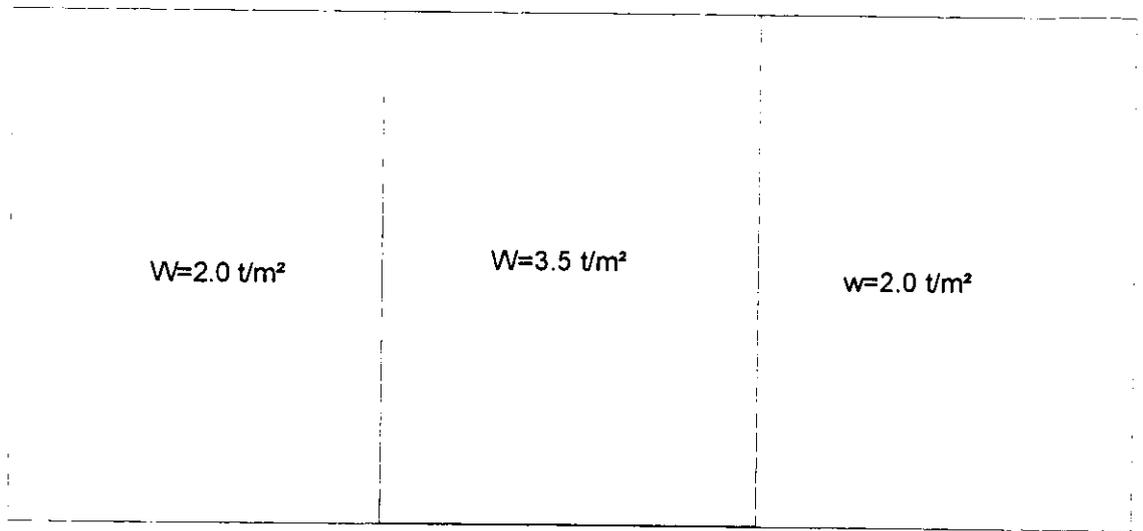


FIG. 3.2.4D DISTRIBUCION DE CARGAS SOBRE LA CIMENTACION (t/m^2).

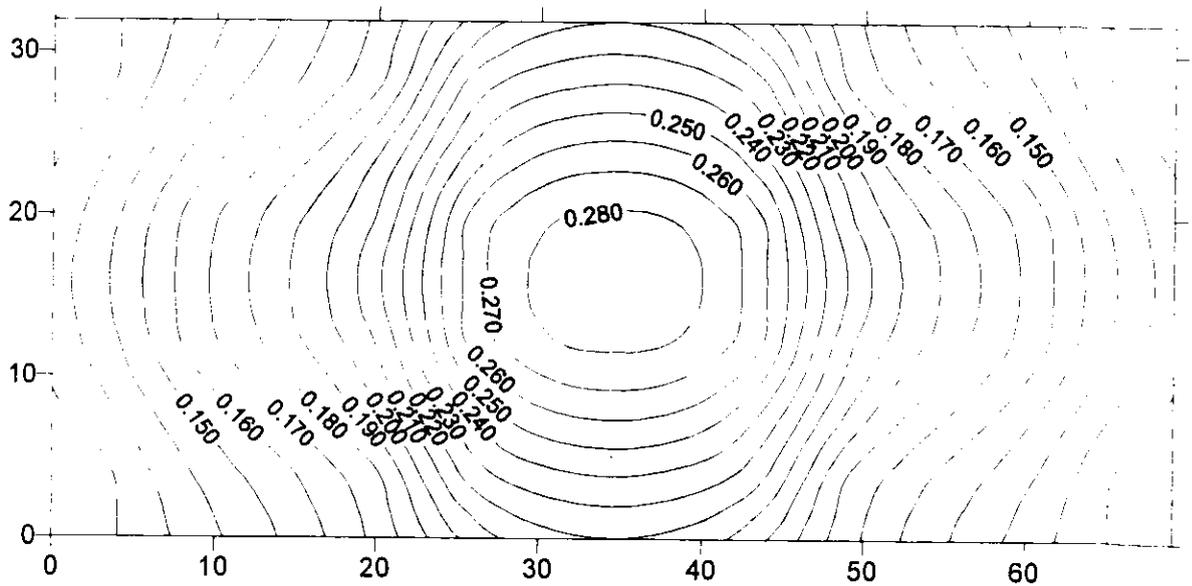


FIG. 3.2.4E HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION SIN RIGIDEZ

EJEMPLO 4.- JUNTAS DE CORTANTE

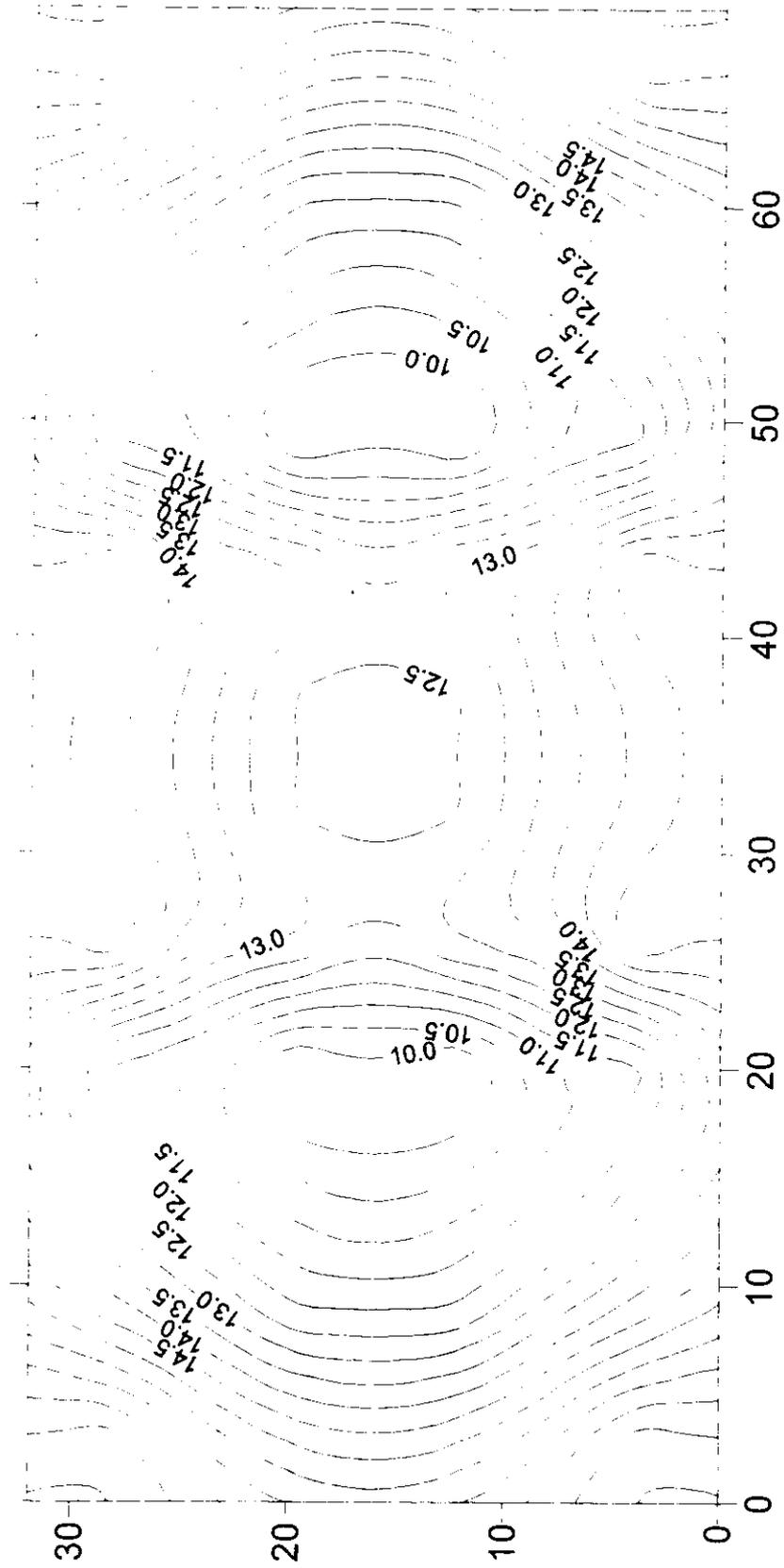


FIG. 3.2.4F MODULOS UNITARIOS (t/m²), CIMENTACION SIN RIGIDEZ.

EJEMPLO 4.- JUNTAS DE CORTANTE

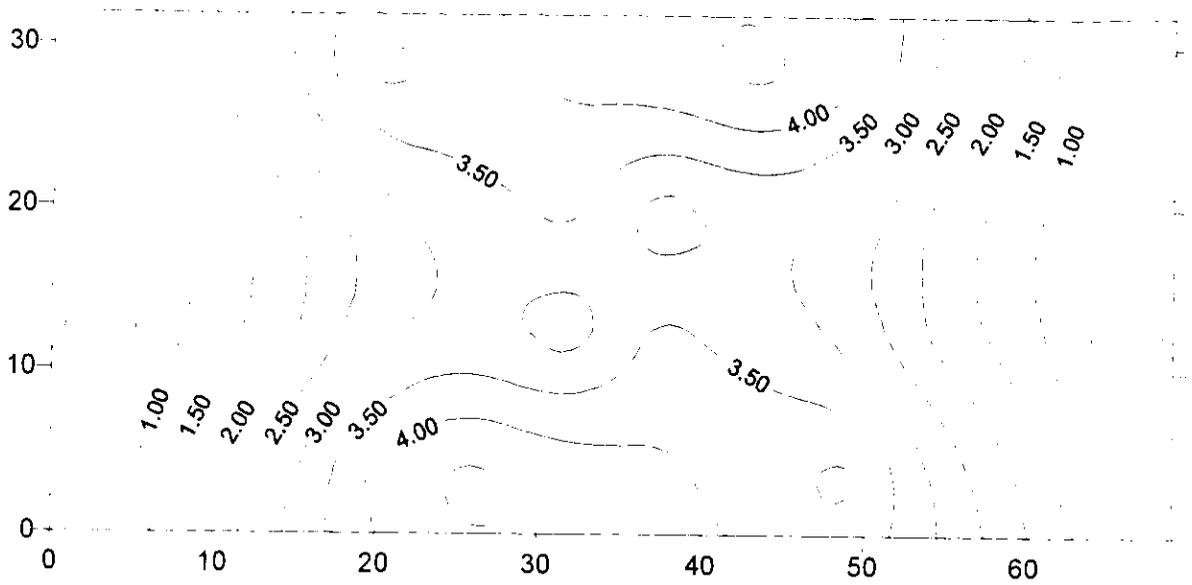


FIG. 3.2.4G ESFUERZOS DE CONTACTO (t/m^2), CIMENTACION MUY RIGIDA

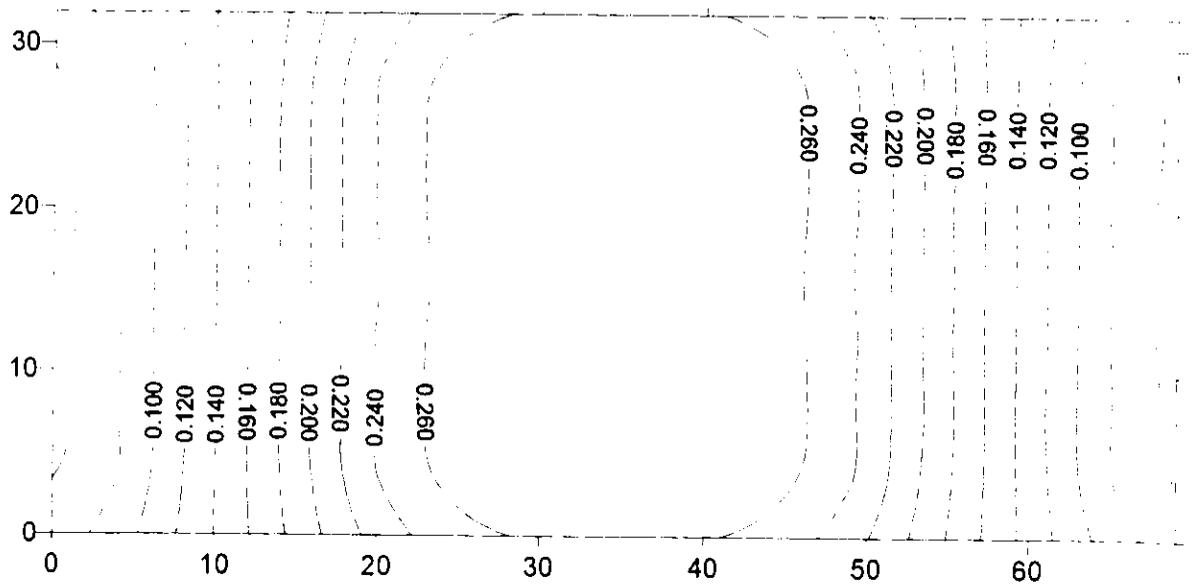


FIG. 3.2.4H HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION MUY RIGIDA

EJEMPLO 4.- JUNTAS DE CORTANTE

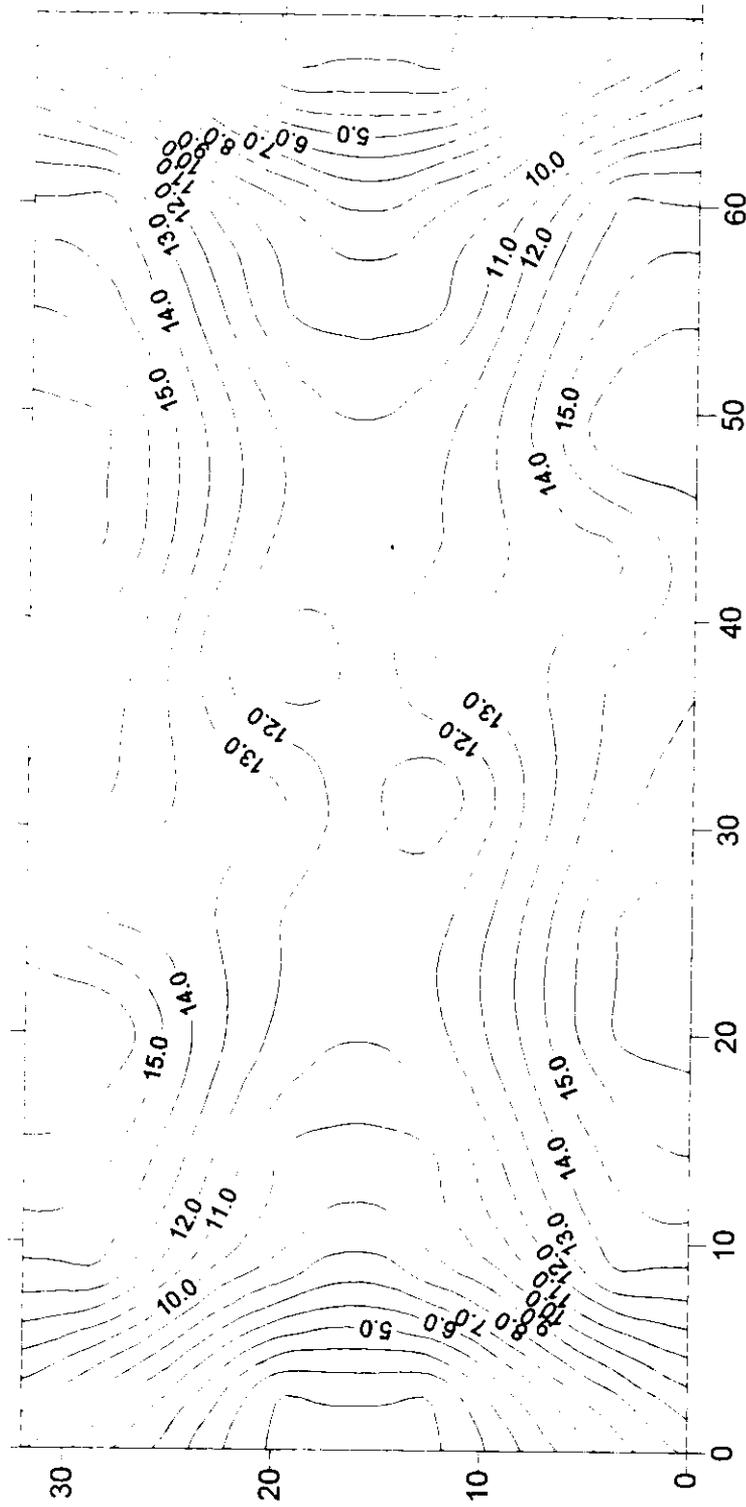


FIG. 3.2.4I MODULOS UNITARIOS (1/m³), CIMENTACION MUY RIGIDA

EJEMPLO 4 - JUNTAS DE CORTANTE

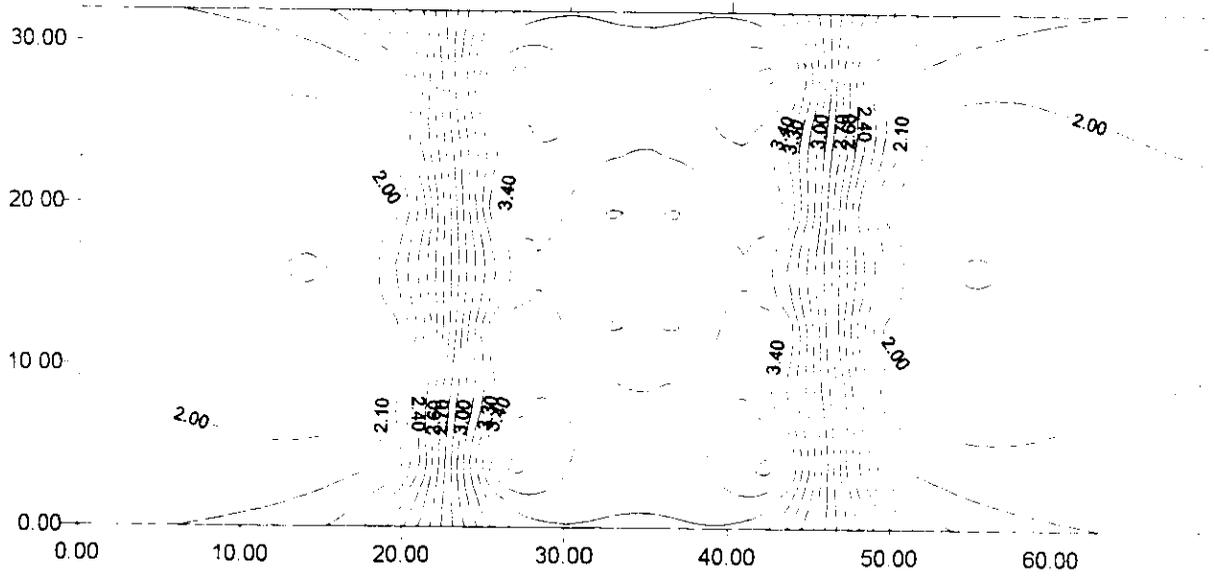


FIG. 3.2.4J ESFUERZOS DE CONTACTO N/m^2 , CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

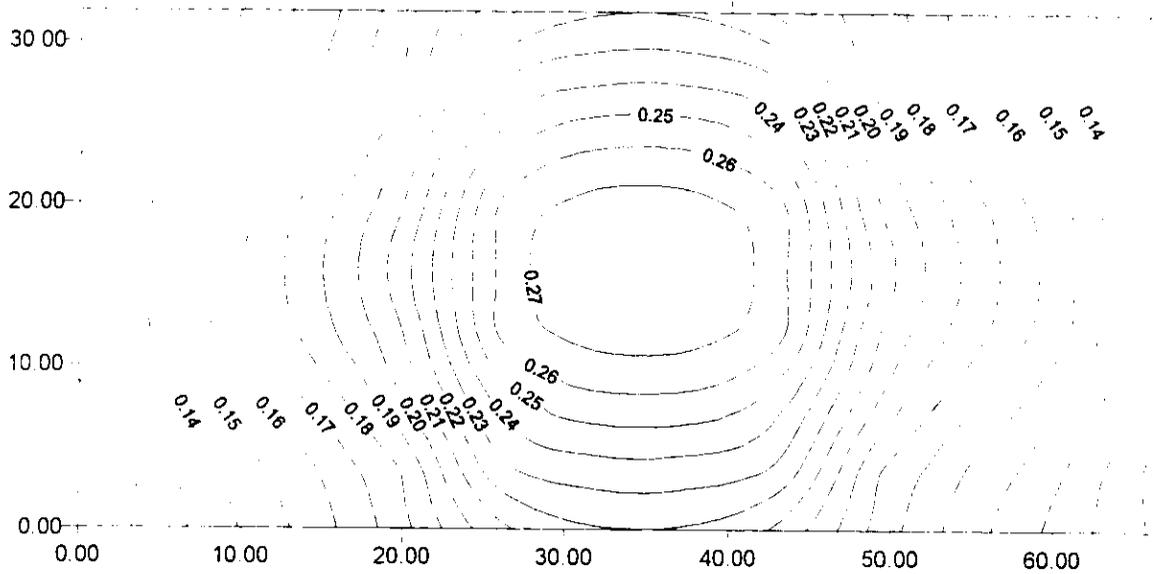


FIG. 3.2.4K HUNDIMIENTOS (m), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

EJEMPLO 4.- JUNTAS DE CORTANTE

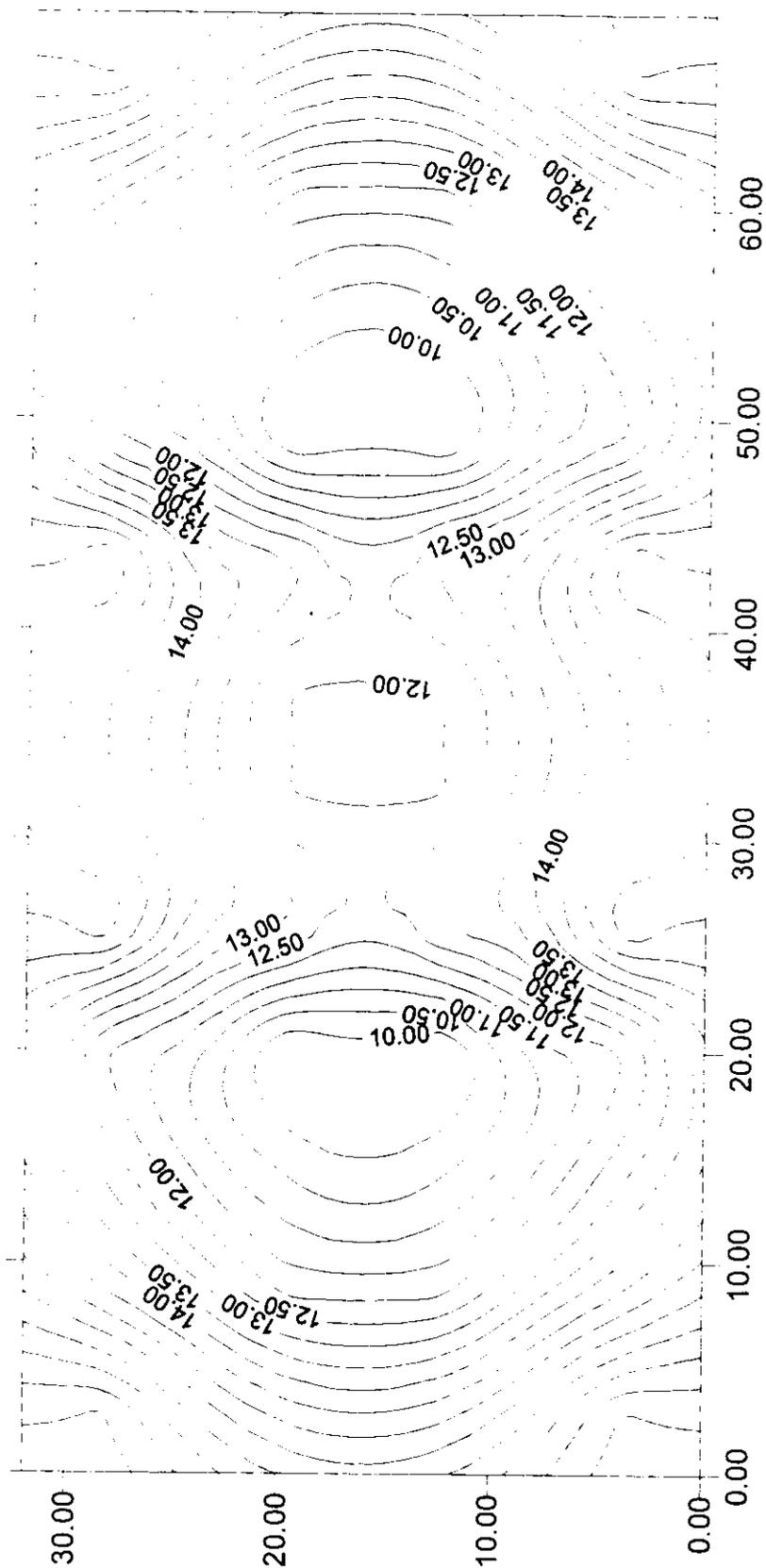


FIG. 3.2.4L MODULOS UNITARIOS (1/m²), CIMENTACION SEMIFLEXIBLE

3.3 Otros casos de interés

3.3.1 Ejemplo 5. Zapatas aisladas ligadas con contratrabes y zapatas corridas

Un caso de relativa frecuencia es el de las zapatas para cimentar bodegas de almacenamiento de productos mercantiles (como granos, acero, etc.); cuando la cimentación se desplanta en suelos relativamente blandos puede haber problemas de asentamientos diferenciales que obliguen al uso de contratrabes de rigidez para disminuirlos. El problema se analiza mediante el uso de una retícula de cimentación, considerando principalmente la rigidez de las contratrabes; la planta de cimentación se modela con el empleo de placas. Cabe señalar que el asentamiento de las zapatas no sólo se debe al peso de la superestructura sino también, de manera indirecta, al producto almacenado, ya que estas cargas inducen incrementos de esfuerzo al suelo bajo la cimentación.

La manera de tomar en cuenta la carga permanente sobre algunos elementos de la cimentación, debido al peso del producto almacenado, es declarando en el programa que algunas placas tienen "carga adicional". El caso de mayor interés es una cimentación semiflexible, por lo que a continuación se presenta un ejemplo.

La figura 3.3.1A presenta la geometría de la cimentación y las descargas. Se usaron contratrabes de 0.3x1.2 m de sección, lo cual significa un momento de inercia de 0.0432 m⁴ y un momento polar de inercia de 0.0459 m⁴. En las figuras 3.3.1B y 3.3.1C aparece la modelación mediante nodos, placas y barras. Observar que las placas 16 a 23 tienen una forma poco común, que sí acepta el programa.

archivos:

- | | |
|---|------------|
| a) de datos de las placas y nodos; | isret5.dov |
| b) de datos de compresibilidades; | isret5.alf |
| c) de datos de nodos, barras y propiedades de las barras; | isret5.ret |
| d) de descargas en los nodos; | isret5.des |
| e) de cargas adicionales | isret5.cgs |

al correr el PRISRET se generan los siguientes archivos

- | | |
|-----------------------------------|------------|
| d) de flexibilidades del suelo; | isret5.mf1 |
| e) de rigideces de la estructura; | isret5.rg1 |

Con el programa ISRET se realiza lo siguiente:

- 1.- Se declara el juego de archivos con el que se va a trabajar, simplemente dando su nombre genérico (isret5).

2.- Se activa la sección “*vector de cargas*” y la opción “*cargas adicionales mediante archivo de datos*”, una vez que el programa lee los datos se activa la opción “menú anterior (EMA)”.

3.- Se activa la opción “análisis estructural de retícula plana”.

Los resultados se encuentran en los archivos isret5a.isc (cimentación flexible únicamente cargas en columnas), isret5b.isc (cimentación flexible con sobrecarga debida al producto almacenado) isret5c.isc e isret5.rtc (cimentación semiflexible con sobrecarga del producto almacenado) y en las figuras 3.3.1D a 3.3.1E. El asentamiento diferencial entre la zapata central “8” y la “3”, como cimentación totalmente flexible y con sobrecarga del producto almacenado es de 4.1 cm, rebasando el límite de 0.004 del claro que marca la reglamentación vigente (refs. 4 y 5), en tanto que con las contratrabes de rigidez dicho asentamiento disminuye a 3.2 cm, quedando dentro del límite señalado.

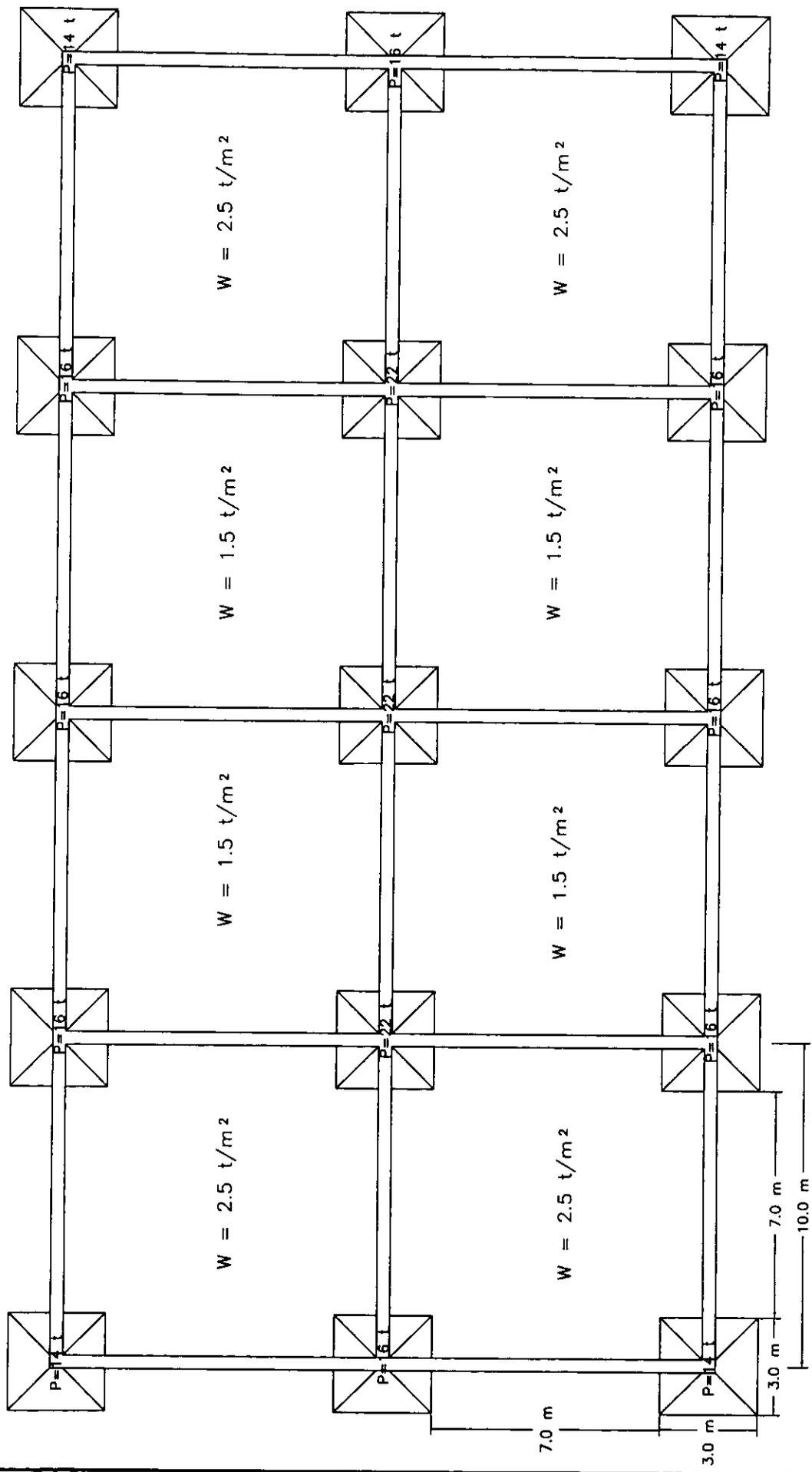


FIG. 3.3.1A DISTRIBUCION DE ZAPATAS RIGIDIZADAS CON CONTRATABES Y CARGAS (EJEMPLO 5)

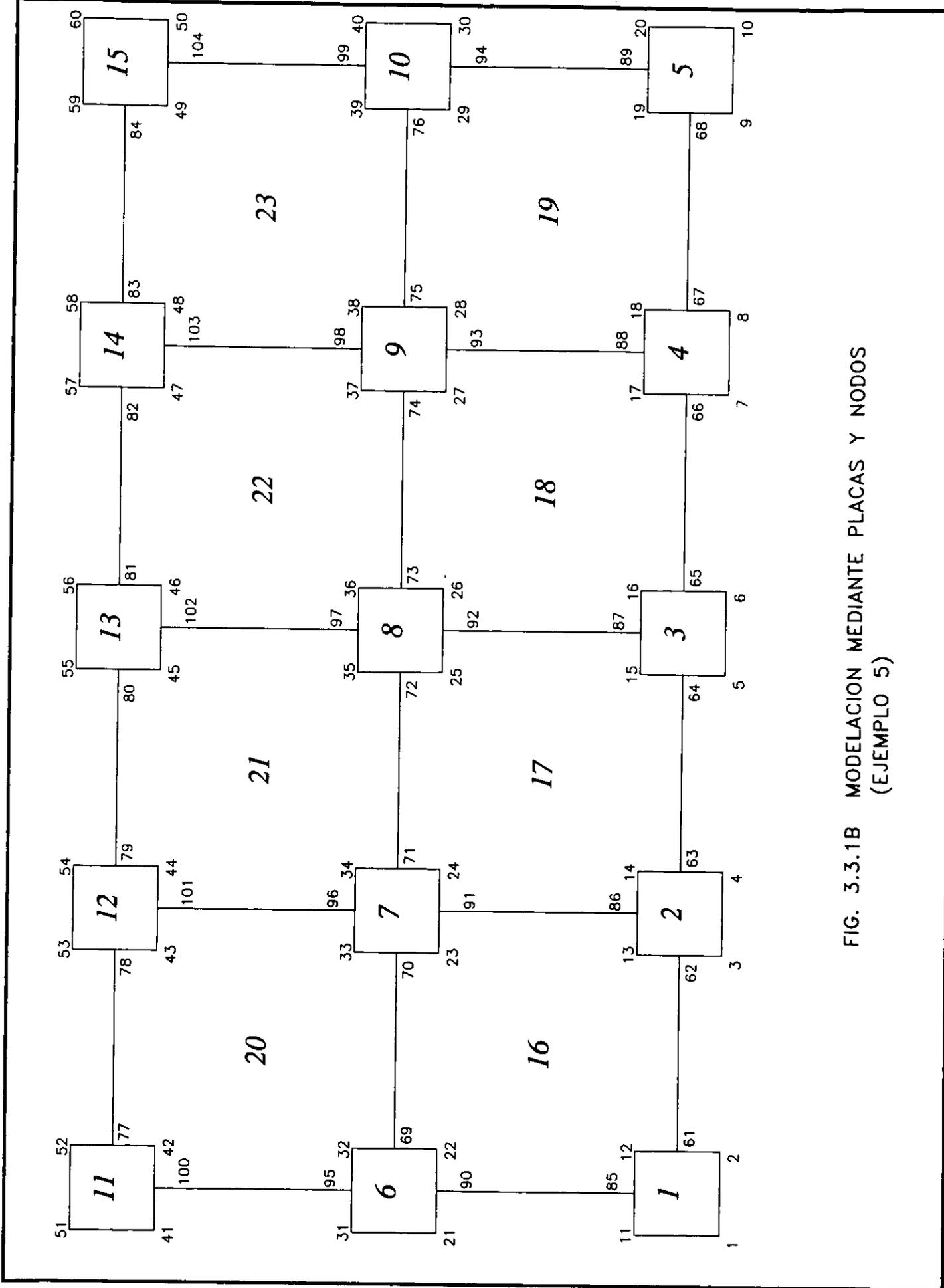


FIG. 3.3.1B MODELACION MEDIANTE PLACAS Y NODOS (EJEMPLO 5)

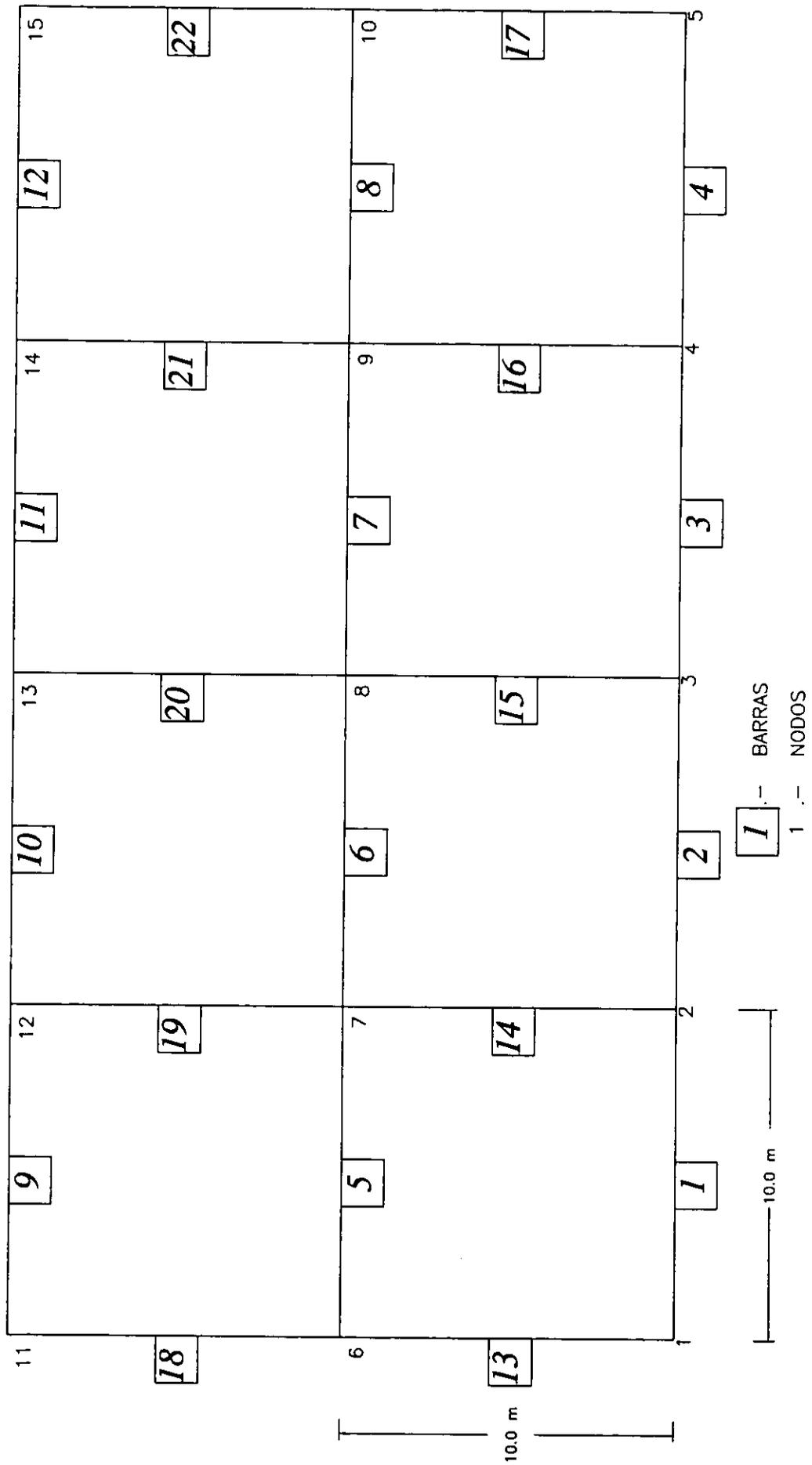


FIG. 3.3.1C MODELACION MEDIANTE BARRAS Y NODOS
(EJEMPLO 5)

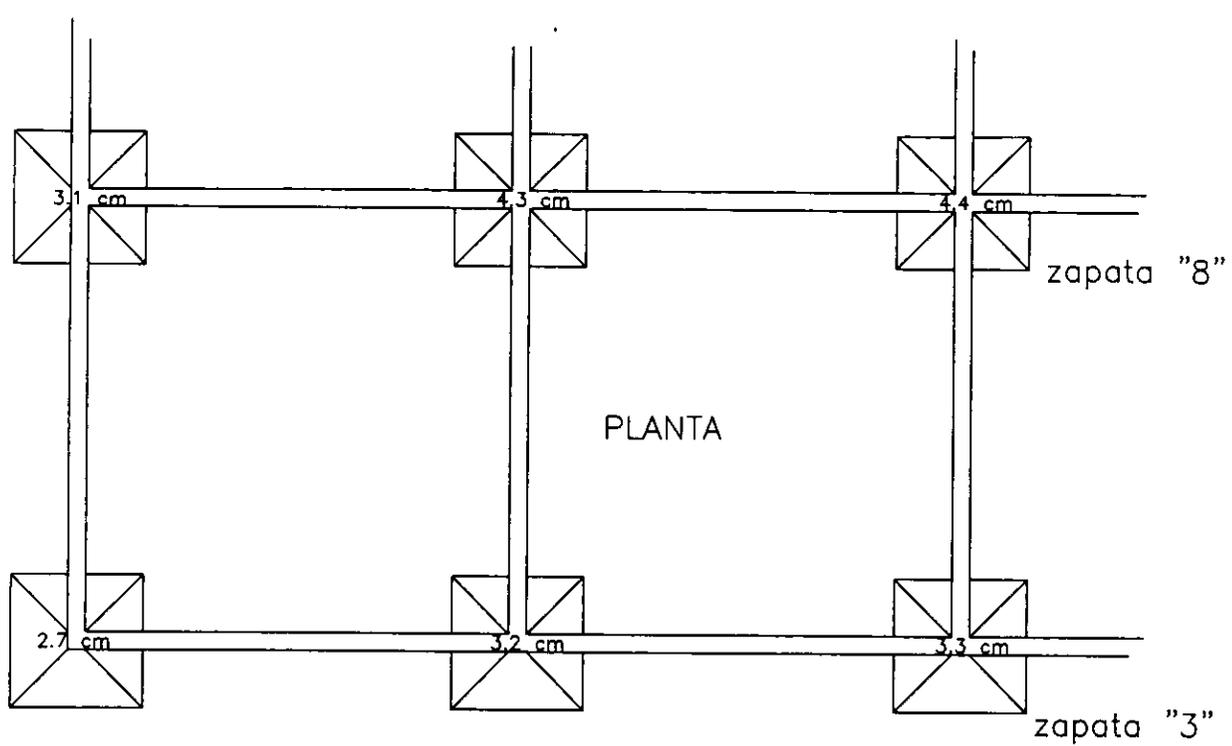
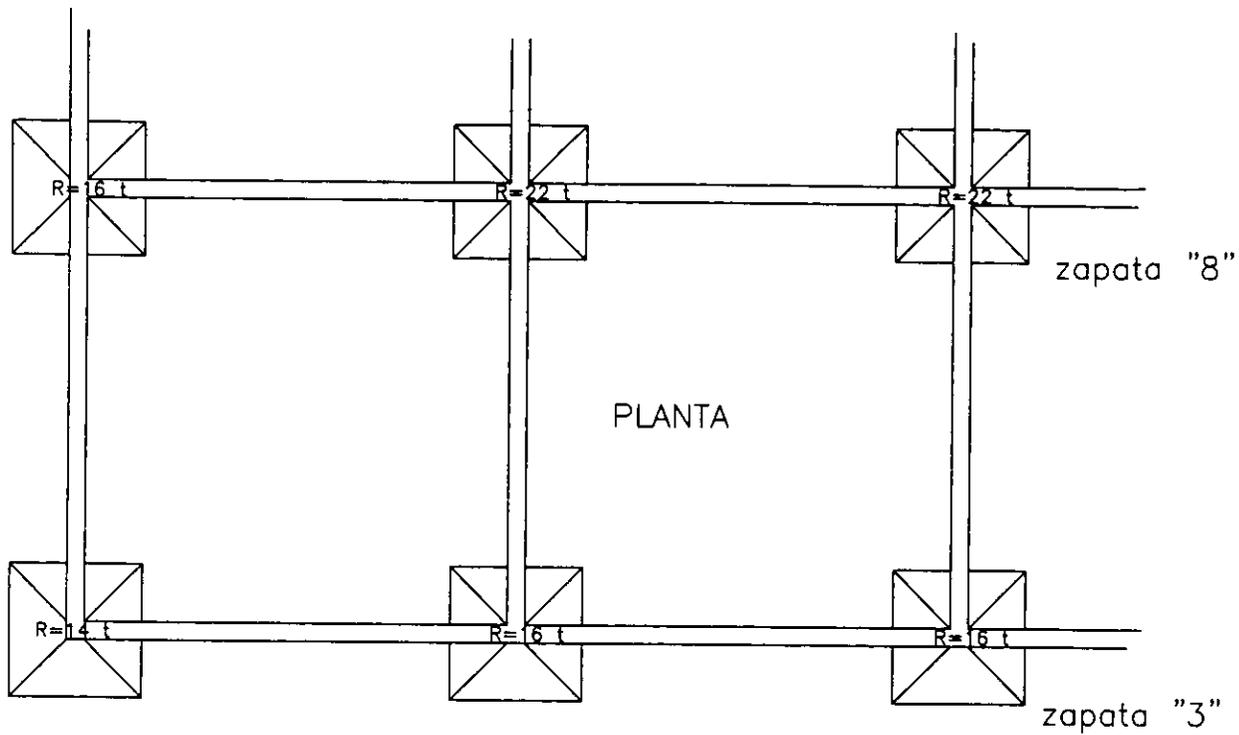
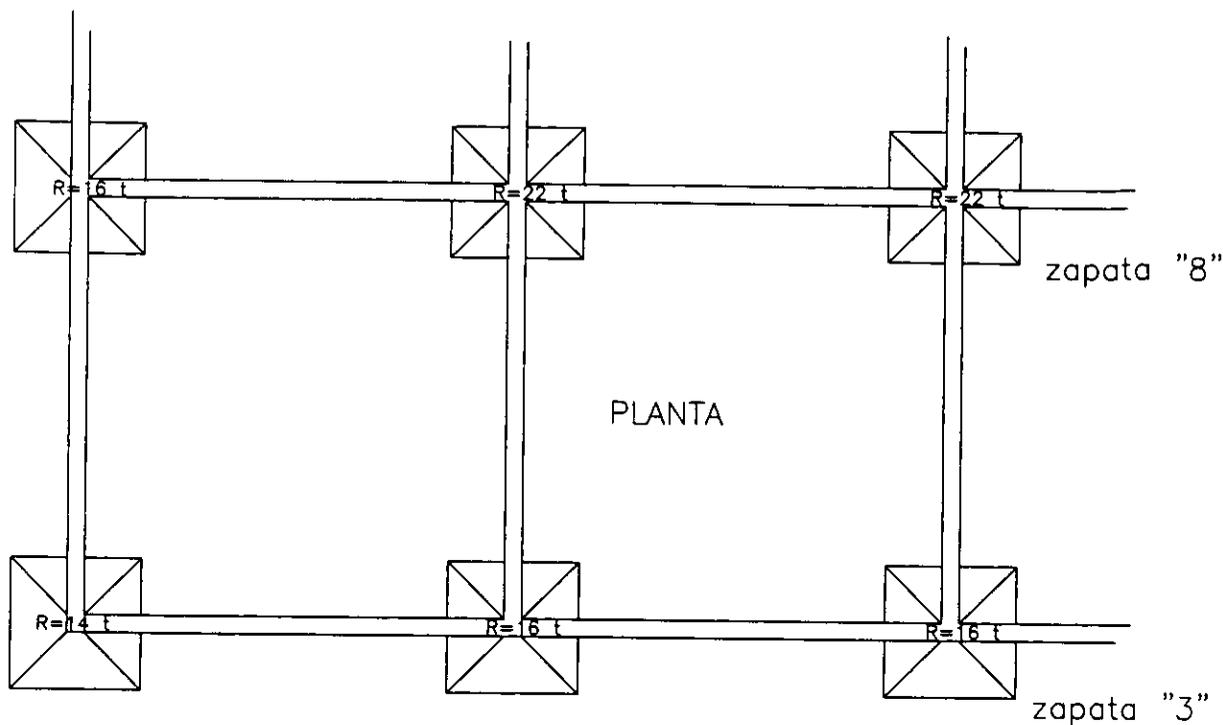
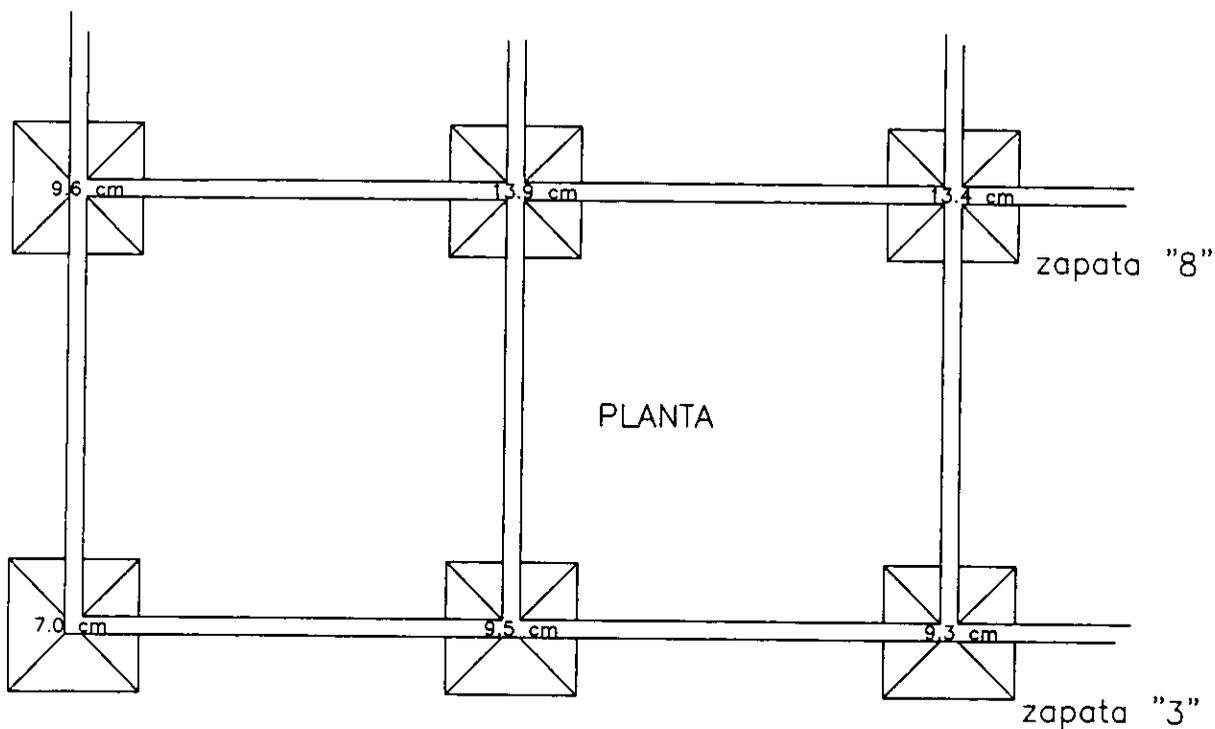


FIG. 3.3.1D REACCIONES Y HUNDIMIENTOS, CIMENTACION FLEXIBLE SIN LA INFLUENCIA DE CARGAS VECINAS (EJEMPLO 5)

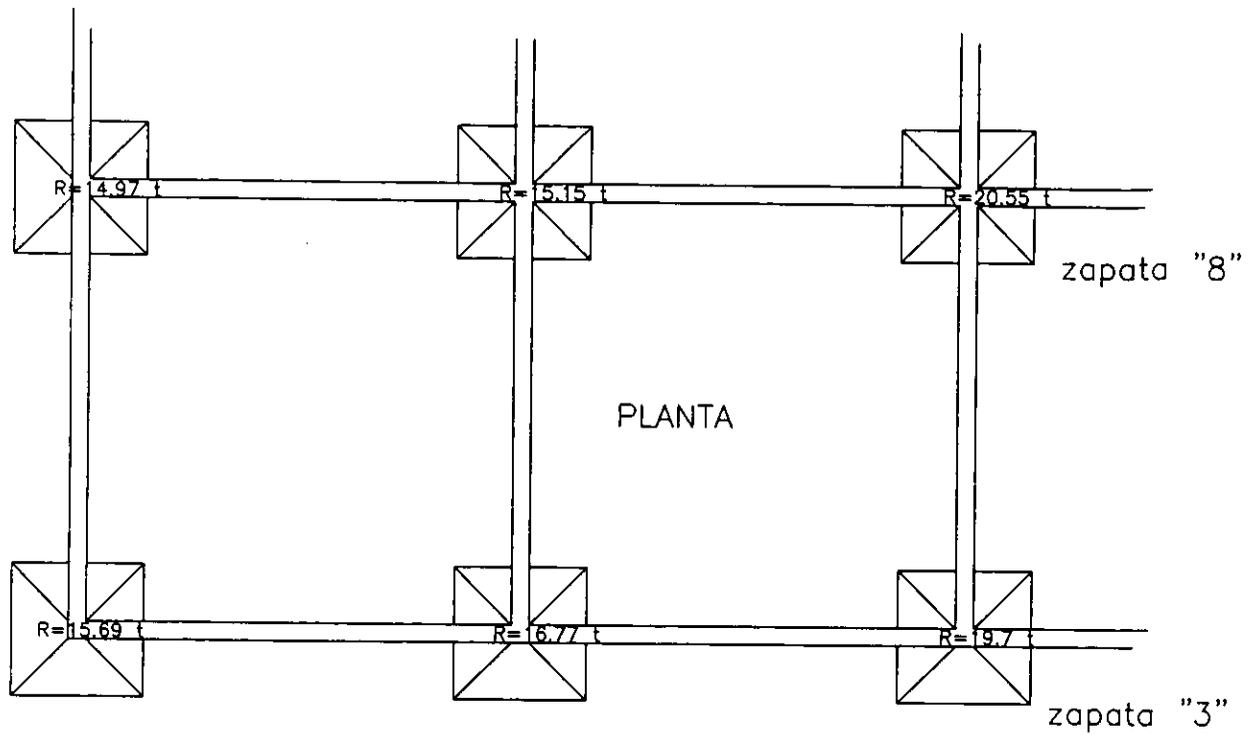


I) REACCIONES

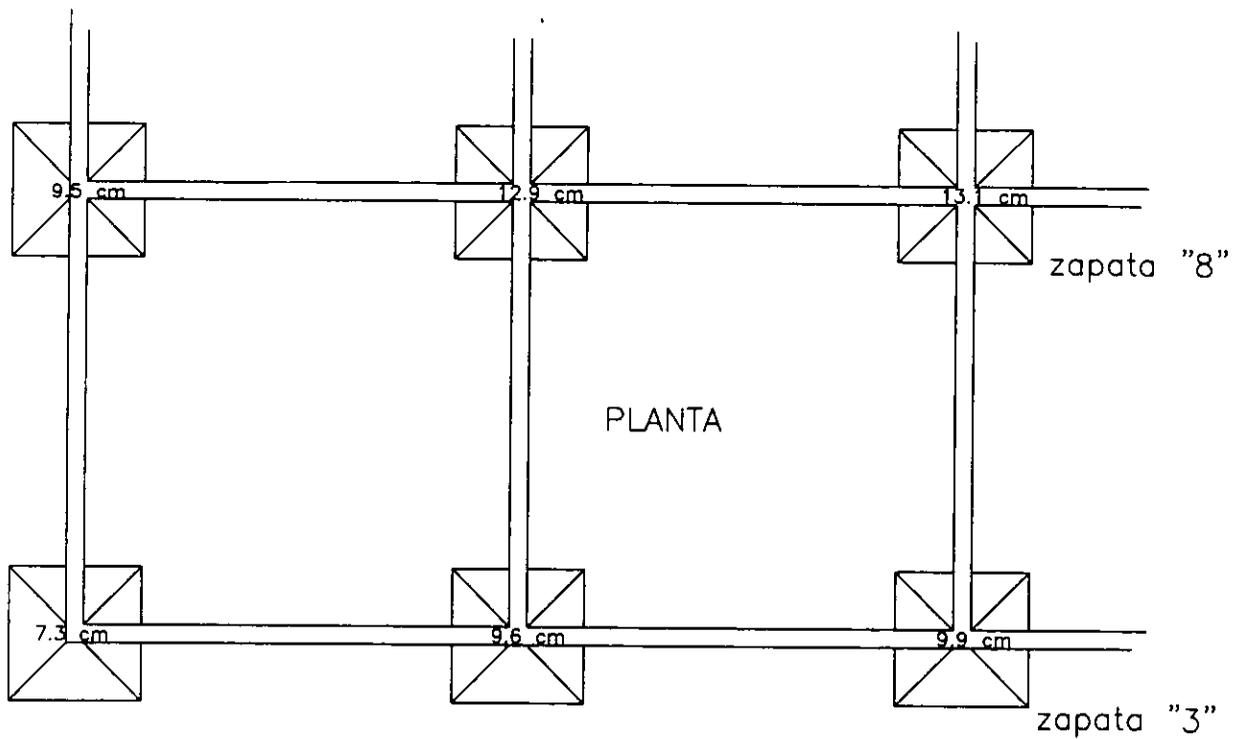


II) HUNDIMIENTOS

FIG. 3.3.1E REACCIONES Y HUNDIMIENTOS, CIMENTACION FLEXIBLE CON INFLUENCIA DE CARGAS DE PRODUCTO ALMACENADO



I) REACCIONES



II) HUNDIMIENTOS

FIG. 3.3.1F REACCIONES Y HUNDIMIENTOS, CIMENTACION SEMIFLEXIBLE CON INFLUENCIA DE CARGAS DEL PRODUCTO ALMACENADO

3.3.1 Estratigrafía con echado

En ciertos casos la estratigrafía del suelo es irregular o presenta cierta inclinación o echado. El programa ISRET sólo acepta estratos horizontales, pero bajo cada placa de la cimentación se puede definir una compresibilidad diferente siendo ésta la forma de resolver el problema; sin embargo, si las fronteras del estrato "real" no coinciden con las declaradas en el archivo de datos, se debe obtener un promedio pesado de compresibilidades entre los estratos involucrados en función del espesor afectado de cada estrato real, mediante la siguiente expresión:

$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_i \Delta z_i}{\sum \Delta z_i} \quad (3.3)$$

3.3.2. Excavación con tablestacado sin bombeo y con bombeo

Estos casos afectan la compresibilidad de los estratos, porque se modifican los esfuerzos efectivos en la masa de suelo debido a alivios producidos por la excavación. En la referencia 18 se indica la forma de evaluar este efecto. En los anexos "E" y "F" se muestran dos programas de computadora para evaluar dichas compresibilidades.

3.3.3 Contratraves cruzadas

La forma de evaluar la influencia de contratraves "cruzadas" (no ortogonales a los ejes de la planta de cimentación) mediante el programa ISRET se resuelve considerando que la cimentación es semiflexible, ya que como cimentación muy rígida dichas contratraves aparentemente no tendrían influencia.

3.4 Interpretación de resultados

Los resultados se presentaron mediante tres diagramas de distribución: esfuerzos de contacto, hundimientos y módulos unitarios.

La forma que adopta la distribución de cada variable depende de diversos factores, como: el medio semi-infinito sobre el que descansa la cimentación, la rigidez de la cimentación, la distribución de cargas, la geometría de la cimentación y la evolución de los esfuerzos efectivos.

El primer ejemplo en el que se estudia la asimetría en la distribución de cargas, su efecto se refleja en los diagramas de los tres tipos de cimentación analizados. En interacción se demuestra que puede haber una concentración de esfuerzos de contacto en alguna zona de la interfaz suelo-cimentación; esta concentración puede aumentar debido a la excentricidad de cargas y en consecuencia, producir fallas si no es considerada su influencia en el análisis. La excentricidad de cargas también afecta la magnitud de los asentamientos diferenciales debido a que produce el giro de la cimentación. Los módulos unitarios no parecen ser afectados por la excentricidad en las cargas del ejemplo visto.

El segundo ejemplo demuestra que la cercanía de estructuras puede producir giros importantes de la cimentación y por ende de la estructura, esto se debe a que el suelo circundante sufre incrementos de esfuerzo vertical, con el consecuente asentamiento; su magnitud no se distribuye de manera uniforme, por lo que su mayor influencia se refleja produciendo giros a estructuras vecinas, lo que significa que separando las estructuras una distancia razonable los efectos nocivos pueden atenuarse o desaparecer.

Si la cimentación tiene una geometría irregular, la energía no se distribuye de manera uniforme en el suelo, lo que produce concentraciones adicionales de esfuerzo y hundimientos diferenciales mayores que si la cimentación es de forma regular. Con la herramienta de cálculo adoptada es posible medir la magnitud del daño.

Las juntas de cortante eliminan los momentos flexionantes de la cimentación a todo lo largo de la junta, gracias a que se libera la energía que restringía el giro en esos puntos, como consecuencia aparecen hundimientos diferenciales adicionales; este es el precio que se tiene que pagar por el uso de este tipo de juntas, aún así, resulta de menores consecuencias que usar simples "juntas frías".

Finalmente, con respecto a las zapatas aisladas ligadas con contratraves de rigidez, Meli (ref. 9) propone dos criterios para decidir cuando se pueden desprestigiar los asentamientos diferenciales; las expresiones son:

$$\left[\frac{bk_s L^4}{4EI} \right]^{\frac{1}{4}} \leq \frac{\pi}{2}, \text{ y } \left[\frac{EI}{E_s bL^3} \right] \geq 0.5$$

donde:

- L claros adyacentes a cada columna.
- b ancho de la cimentación
- E módulo de elasticidad de la cimentación
- I momento de inercia
- k_s módulo unitario del suelo
- E_s módulo de elasticidad del suelo

Para el ejemplo 5 visto anteriormente se tiene:

$$L = 20 \text{ m}$$

$$b = 5 \cdot 0.3 = 1.5 \text{ m (viga equivalente)}$$

$$E = 0.4743 \times 10^6 \text{ t/m}^2$$

$$I = 1.5 \cdot 1.2^3 / 12 \text{ m}^4 = 0.216 \text{ m}^4$$

$$k_s = 18.31 \text{ t/m}^3 \text{ (obtenido como el promedio de módulos unitarios para cimentación sin contratrabes, con influencia de la sobrecarga del producto almacenado)}$$

$$E_s = 317.0 \text{ t/m}^2 \text{ (se obtuvo con el inverso del promedio de compresibilidades volumétricas de los estratos involucrados)}$$

sustituyendo valores en las expresiones de arriba se tiene:

$$\left[\frac{1.5(18.31)20^4}{4(0.4743 \times 10^6)0.216} \right]^{\frac{1}{4}} = 1.81 < 1.57, \text{ no cumple}$$

$$\frac{0.4743 \times 10^6 \times 0.216}{317.0 \cdot 1.5 \cdot 20^3} = 0.027 < 0.5, \text{ no cumple}$$

De acuerdo con Meli la cimentación no pueden despreciarse los hundimientos diferenciales teniendo que ser calculados para cimentación semiflexible. Sin embargo, como el análisis revela que los hundimientos diferenciales son menores a los permisibles, el criterio de Meli resulta conservador, siendo necesaria una propuesta para prediseño del elemento "contratrabe" con objeto de llegar a dimensiones razonablemente económicas. Dicho criterio se tendrá que cotejar con análisis de interacción suelo-retícula de cimentación, para el "diseño definitivo". Si en lugar de entre 4, se divide entre 8 el primer término de las desigualdades resulta = 1.52 < 1.57, cumpliendo así la condición, pero esto debe verificarse con la observación experimental. Con la segunda condición no se está muy de acuerdo porque si mantenemos constante E y aumentamos E_s , resulta que el peor suelo tiene menos diferencial que uno mejor. Un criterio más sano sería obtener las expresiones empíricas buscadas a partir de resultados experimentales y de mediciones de campo.

CAPÍTULO 4

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Este trabajo versa sobre análisis de casos especiales de interacción, denominados así por la dificultad que representa su solución.

Se describieron, en el capítulo 2, los métodos de análisis más comunes de interacción suelo-estructura, como el de Zeevaert, el de Deméneghi y el método del elemento finito.

En este trabajo se adoptó el método de Zeevaert para analizar los casos planteados, se elaboró un diagrama de flujo que sigue esta técnica y se hizo un programa de computadora (anexo 3A) para resolverlos, uno de los ejemplos también se resolvió con la técnica del elemento finito para efectos de comparación. A partir de los análisis realizados se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- 1.- A la luz de los resultados obtenidos se confirma, de acuerdo con otros autores, que el módulo de cimentación no puede ser una constante del suelo de apoyo y por ende, no es posible estimarlo a partir de resultados de laboratorio; depende de muchos factores entre los que se cuentan la rigidez de la cimentación, geometría, distribución de cargas, las condiciones de apoyo y la evolución de los esfuerzos efectivos durante la construcción y operación de la obra, además de la heterogeneidad del terreno.
- 2.- Con el programa de computadora desarrollado y con la sencilla técnica empleada es posible resolver problemas tan complejos como los de cargas asimétricas, estructuras adyacentes, geometría irregular de la cimentación, etc., manejando una malla de elementos comparativamente más pequeña que la del elemento finito, con resultados confiables si los parámetros adoptados son los adecuados (ref. 14).
- 3.- Es posible hacer más atractivo el método con sencillas modificaciones al programa, integrando toda la estructura en lugar de simplemente la retícula de cimentación.
- 4.- Como señala Umaña (ref. 17), el método adoptado obliga a un mejoramiento de los programas de exploración, muestreo y pruebas de laboratorio con objeto de obtener la mayor información posible sobre las propiedades del subsuelo en cuestión, no sólo en dirección vertical sino también en dirección horizontal para tomar en cuenta la anisotropía de los materiales.
- 5.- La obtención de expresiones empíricas que permitan un cálculo preliminar de los elementos de rigidez de zapatas aisladas (trabes de liga), es un punto importante por desarrollar que sirva como diseño preliminar de estos elementos, a partir de expresiones como las de Meli (ref. 9), a partir de datos estadísticos y de experiencias de laboratorio y pruebas de campo.

6.- En futuras investigaciones habría que estudiar la influencia de los esfuerzos laterales en los desplazamientos y reacciones del suelo, mediante pruebas de laboratorio y análisis de gabinete. El nivel de desplante de la cimentación es otro factor a estudiar, lo cual se puede resolver con la solución de Mindlin (ref. 1).

7.- En la parte teórica (capítulo 2), se propuso una modificación del método de Zeevaert para tomar en cuenta los esfuerzos laterales, que involucra además el tener que tomar en cuenta que los materiales granulares cuentan con una deformabilidad que varía con el confinamiento, y que pueden ser anisótropos. La modificación del método de Zeevaert al caso descrito no involucra un gran aumento de los recursos de computadora, ya que la matriz de flexibilidad resulta del mismo orden que si no se toman en cuenta los esfuerzos laterales.

8.- El programa de computadora desarrollado incluye la solución para el caso de dos juntas de cortante, tanto para la cimentación rígida como para la semiflexible, lo cual es una aportación adicional.

REFERENCIAS

- 1.- Badillo y Rico. "Mecánica de Suelos". Tomo II (Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos), Ed. LIMUSA, 2ª edición, 1979.
- 2.- Damy, J. "Integración de las Superficies de Boussinesq, Weestergard y Frölich sobre Superficies Poligonales". Revista de Ingeniería N° 1, 1985.
- 3.- Deméneghi, A. "Un Método para el Análisis Conjunto de la Estructura y el Suelo". Revista de Ingeniería, Vol. XLIX, N° 3, 1979.
- 4.- Departamento del Distrito Federal. "Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal". Gaceta Oficial de la Federación, 1987.
- 5.- Departamento del Distrito Federal. "Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones". Gaceta Oficial de la Federación, 1993.
- 6.- Hammond, Rogers y Critendern. "Introducción al FORTRAN 77 y la PC". Ed. Mc. Graw Hill, 1994.
- 7.- López, G. "Diseño de una Cimentación Compensada para un Edificio de 9 Pisos Localizado en la Zona de Alta Compresibilidad de la Ciudad de México". Tesis de licenciatura (Director: Leonardo Zeevaert), Facultad de Ingeniería, UNAM, 1977.
- 8.- Luthe, Olivera y Schutz. "Métodos Numéricos", Ed. LIMUSA, 1991.
- 9.- Meli, R. "Diseño Estructural". Ed. LIMUSA, 1991.
- 10.- Poulus and Davis. "Elastic Solutions For Soil and Rock Mechanics". Ed. John Wiley and Sons, 1974.
- 11.- Puebla, H. "Influencia de la Rigidez del Terreno de Cimentación en los Resultados de la Interacción Suelo-Estructura". Tesis de maestría (Director: Agustín Deméneghi C.), DEPI, UNAM., 1994.
- 12.- Rivera, R., Determinación de las Propiedades Mecánicas de Arenas y Arcillas en Régimen Dinámico y Cíclico para Pequeñas Deformaciones. Tesis Doctoral. Escuela Central de Paris, 1988.
- 13.- Rivera y Zea. "Un Programa de Computadora para el Análisis de Interacción Suelo-Cimentación Rígida en Suelos Finos Saturados con el Método de Zeevaert", Revista de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos N° 7, 1994.
- 14.- Rivera, Zea y Monroy. "Procedimiento de Análisis de Interacción Suelo-Reticula de Cimentación". Memorias de la XVIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Morelia, Michoacán, 1996.

- 15.- Rivera y Zea. "Cálculo de los Parámetros de Consolidación en Suelos Finos Saturados Utilizando el Modelo de Viscosidad Intergranular de Zeevaert Mediante un Programa de Computadora". Revista de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos N° 12, julio-diciembre, 1996.
- 16.- Rojas, Romo e Hiriart. "Características Anisotrópicas Esfuerzo-Deformación de la Arcilla de la Ciudad de México". Simposio Internacional de Suelos, México, D.F., 1987.
- 17.- Umaña, J.L. "Análisis Bidimensional de Interacción Suelo-Estructura por Computador". Tesis de licenciatura (Director: Carmelino Zea), Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996.
- 18.- Zeevaert, L., "Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions". Ed. Van Nostrand Reinhold Co. 2nd edition, 1983.
- 19.- Zeevaert, L., "Interacción Suelo-Estructura de Cimentación". Ed. LIMUSA, 1980.
- 20.- Zeevaert, L. "Viscosidad Intergranular en Suelos Finos Saturados". DEPFI, UNAM, 1984.

ANEXO "A"

SOLUCIÓN DE DAMY-CASALES PARA LA INTEGRACIÓN DE LAS ECUACIONES DE BOUSSINESQ, WESTERGAARD Y FRÖHLICH, SOBRE SUPERFICIES POLIGONALES DE FORMA POLIGONAL, CARGADAS CON FUERZAS VERTICALES UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS

Para obtener el esfuerzo vertical producido por un área con carga vertical uniforme, es necesario integrar las soluciones obtenidas para una fuerza concentrada.

Existen soluciones exactas para la esquina de áreas rectangulares y soluciones aproximadas para áreas de cualquier forma, como las del método del sector o las cartas Newmark. A continuación se resume el método exacto de Damy-Casales:

Considerando el polígono de la figura A.1, se desea obtener el esfuerzo σ_z en un punto que se encuentra a una profundidad z bajo el punto "0". Si se conoce la integral de σ_z sobre un triángulo de forma cualquiera para un punto situado a una profundidad z bajo uno de sus vértices, podemos conocer la integral sobre el polígono, ya que será la suma, algebraica de las contribuciones de cada uno de los triángulos.

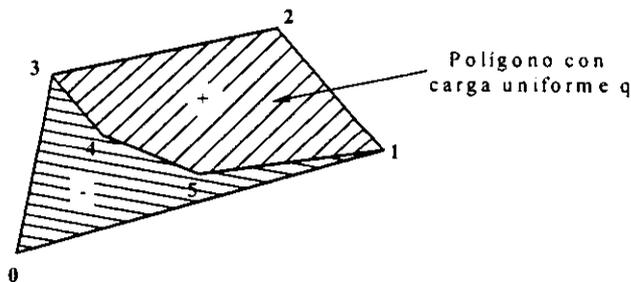


Fig. A.1

Notar que la numeración de los nudos debe seguir el sentido antihorario.

En seguida se describen las etapas previas de cálculo para obtener la contribución de cada triángulo (Fig. A.2):

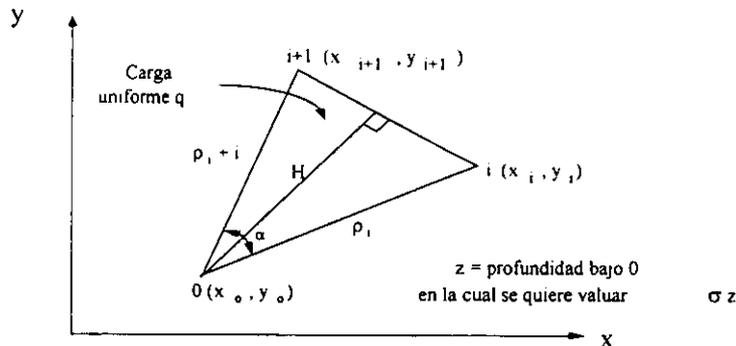


Fig A.2

$$1) x'_j = x_j - x_0; \quad y'_j = y_j - y_0, \quad (j = y, i+1)$$

$$2) F = x'_i y'_{i+1} - x'_{i+1} y_i \quad (\text{el valor absoluto de } F \text{ es el doble del área}).$$

a) Si $F = 0$, se trata de un triángulo de área nula, que no contribuye a la integración.

b) Si $F > 0$ entonces; $S = +1$ (el triángulo contribuye positivamente a la integral).

c) Si $F < 0$ entonces; $S = -1$ (contribución negativa del triángulo).

$$3) L = \sqrt{(x'_{i+1} - x'_i)^2 + (y'_{i+1} - y'_i)^2}$$

$$4) C_1 = [x'_i (x'_{i+1} - x'_i) + y'_i (y'_{i+1} - y'_i)] / F$$

$$5) C_2 = [x'_{i+1} (x'_{i+1} - x'_i) + y'_{i+1} (y'_{i+1} - y'_i)] / F$$

(Nota: $C_2 - C_1 = L^2 / F$)

$$6) A = \frac{zL}{|F|}$$

$$7) G = A^2 + 1$$

A.1 Integración Sobre Un Triángulo Cualquiera

Una vez ejecutadas las etapas previas de cálculo, se aplican las siguientes fórmulas según la ecuación básica que se haya usado; la notación es la misma para todas las fórmulas.

1. Ecuación de Boussinesq.

$$\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \left[\tan^{-1}[C_2] - \tan^{-1}(C_1) - \tan^{-1}(B_2) + \tan^{-1}(B_1) + \frac{(B_2 + B_1)}{G} \right]$$

$$\text{donde: } B_i = \frac{A C_i}{\sqrt{G + C_i^2}} \quad (i = 1, 2)$$

2. Ecuación de Westergaard.

$$\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \left[\tan^{-1}(C_2) - \tan^{-1}(C_1) - \tan^{-1}(W_2) + \tan^{-1}(W_1) \right]$$

donde:

$$W_i = \frac{K A C_i}{\sqrt{K^2 A^2 + 1 + C_i^2}} \quad (i = 1, 2)$$

3. Ecuación de Fröhlich.

a) $\chi = 2$

$$\sigma_z = \frac{q}{2\pi\sqrt{G}} \left[\tan^{-1}(J_2) - \tan^{-1}(J_1) \right]$$

$$\text{donde: } J_i = \frac{C_i}{\sqrt{G}} \quad (i = 1, 2)$$

b) $\chi = 4$

$$\sigma_z = \frac{q}{4\pi G} \left[M \left(\tan^{-1}(J_2) - \tan^{-1}(J_1) \right) + N_2 - N_1 \right]$$

donde:

$$M = \frac{2G + A^2}{\sqrt{G}} \quad N_i = \frac{A^2 C_i}{G + C_i^2} \quad (i = 1, 2)$$

ANEXO "B"

ESFUERZOS LATERALES Y CORTANTES PARA UN ÁREA RECTANGULAR

Para el área rectangular mostrada en figura B.1, los esfuerzos laterales y cortantes que influyen en los desplazamientos verticales se pueden evaluar de acuerdo con las expresiones de Holl (ref. 10), siendo éstas las que se enlistan a continuación:

$$\sigma_x = \frac{w}{2\pi} \left[\tan^{-1} \frac{lb}{zR_3} - \frac{lbz}{R_1^2 R_3} \right] \quad (b1)$$

$$\sigma_y = \frac{w}{2\pi} \left[\tan^{-1} \frac{lb}{zR_3} - \frac{lbz}{R_2^2 R_3} \right] \quad (b2)$$

$$\tau_{xz} = \frac{w}{2\pi} \left[\frac{b}{R_2} - \frac{bz^2}{R_1^2 R_3} \right] \quad (b3)$$

$$\tau_{yz} = \frac{w}{2\pi} \left[\frac{l}{R_2} - \frac{bz^2}{R_1^2 R_3} \right] \quad (b4)$$

donde:

$$R_1 = \sqrt{l^2 + z^2}$$

$$R_2 = \sqrt{b^2 + z^2}$$

$$R_3 = \sqrt{l^2 + b^2 + z^2}$$

y

w carga uniformemente distribuida

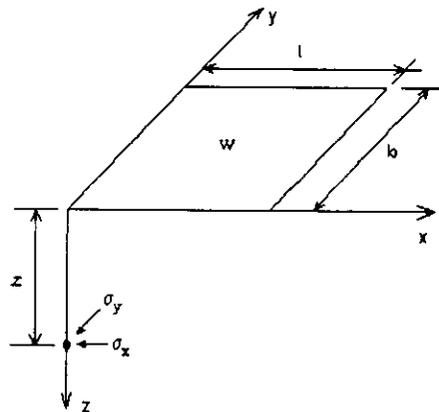


Fig. B.1 Esfuerzos laterales para un área rectangular uniformemente cargada

Es claro que Holl resolvió las ecuaciones de Boussinesq para un valor fijo de la relación de Poisson que no se especifica en la referencia citada, por eso para poder determinar expresiones más generales, válidas incluso para áreas triangulares, es necesario emplear las ecuaciones originales de Boussinesq (ref. 1) para una carga vertical puntual, P, con el objeto de integrarlas para estas condiciones (lo cual queda fuera de los alcances de esta tesis), las expresiones son:

$$\sigma_x = \frac{P}{2\pi r^3} \left[(1-2\nu) \frac{r^2(z+r) - x^2(z+2r)}{(z+r)^2} - \frac{z(r^2 - 3x^2)}{r^2} + 2\nu z \right] \quad (b5)$$

$$\sigma_y = \frac{P}{2\pi r^3} \left[(1-2\nu) \frac{r^2(z+r) - y^2(z+2r)}{(z+r)^2} - \frac{z(r^2 - 3y^2)}{r^2} + 2\nu z \right] \quad (b6)$$

$$\tau_{xz} = \frac{3P}{2\pi} \frac{xz^2}{r^5} \quad (b7)$$

$$\tau_{yz} = \frac{3P}{2\pi} \frac{yz^2}{r^5} \quad (b8)$$

donde:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

y las integrales de cada esfuerzo para un triángulo rectángulo como el mostrado en la figura B.2 deben ser del tipo:

$$\sigma_x = \frac{P}{2\pi} \int_0^l \int_0^{\frac{b}{l}x} \frac{1}{r^3} \left[(1-2\nu) \frac{r^2(z+r) - x^2(z+2r)}{(z+r)^2} - \frac{z(r^2 - 3x^2)}{r^2} + 2\nu z \right] dy dx$$

que pudiera ser posible resolver con series.

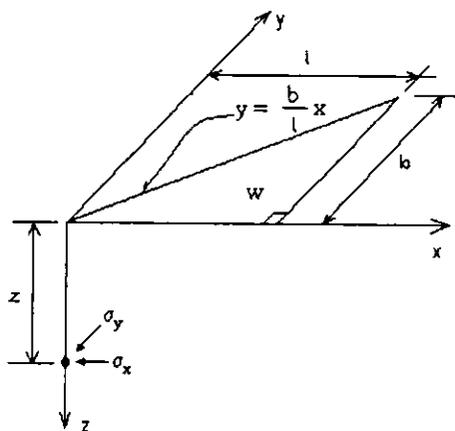


Fig. B.2 Esfuerzos laterales para un área triangular uniformemente cargada

ANEXO "C"

INFLUENCIA DE LOS ESFUERZOS LATERALES EN EL ANÁLISIS DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA

El efecto del incremento de esfuerzos laterales en la deformación vertical del suelo de apoyo de una cimentación puede evaluarse a partir de las ecuaciones constitutivas de un material elástico-lineal, homogéneo e isótropo; para la deformación vertical se tiene:

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \quad (C.1)$$

donde:

ε_z	deformación unitaria vertical
E	módulo de elasticidad
σ_x, σ_y y σ_z	esfuerzos normales
ν	relación de Poisson

Sin embargo en mecánica de suelos se usa el concepto de módulo de deformación unitaria, M_z , como la recta secante a la curva esfuerzo-deformación (Zeevaert, ref. 19), transformándose la expresión (C.1) en:

$$\varepsilon_z = M_z [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \quad (C.2)$$

Cuando el material está estratificado, o sus granos tienen una orientación preferente (por ejemplo debido al efecto de la gravedad), la hipótesis de isotropía es insostenible, debiendo reemplazarse (C.2) por:

$$\varepsilon_z = M_z \sigma_z - \nu_{zh} M_h (\sigma_x + \sigma_y) \quad (C.3)$$

donde:

M_h	módulo de deformación unitaria para la deformación horizontal.
ν_{zh}	relación de Poisson para carga horizontal

La expresión (C.3) se puede como:

$$\varepsilon_z = M_z \left[\sigma_z - \nu_{zh} \frac{M_h}{M_z} (\sigma_x + \sigma_y) \right] \quad (C.4)$$

ó

$$\varepsilon_z = M_z [\sigma_z - \nu_{zh} r_M (\sigma_x + \sigma_y)] \quad (C.5)$$

donde:

$r_M = \frac{M_h}{M_z}$	relación de módulos de deformación unitaria lateral a vertical.
-------------------------	---

observar que (C.5) tiene forma parecida a (C.2), excepto por el factor r_M .

Las pruebas de compresión isotrópica en arena seca realizadas por Rivera (ref. 12), utilizando una cámara triaxial en pequeñas deformaciones, donde es posible medir deformaciones longitudinales y radiales (fig. C.1), muestran que la relación r_M es del orden de 1.75 para el primer ciclo de compresión isotrópica, con una tendencia a disminuir en los ciclos subsiguientes. Estos resultados ponen en evidencia la anisotropía de fabricación del material por efecto de la gravedad, la cual puede modificarse con la aplicación de ciclos de presión isotrópica subsiguientes, sin alcanzarse un estado de isotropía.

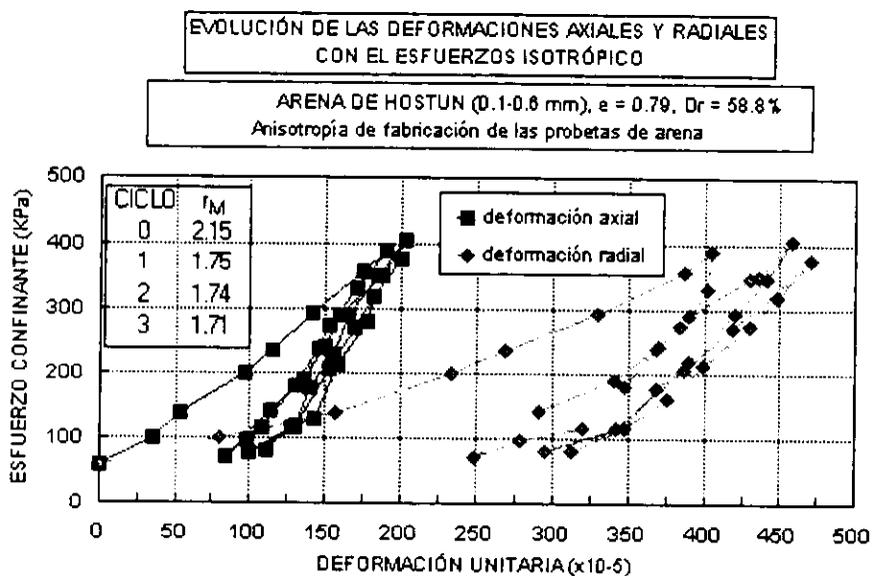


Fig. C.1

Pruebas en arcillas de la ciudad de México llevadas a cabo por Rojas y col. (ref. 16), muestran que los materiales cohesivos blandos alcanzan a tener una “relación de módulos” del orden de 1.27, sin embargo, sería conveniente una investigación a fondo (lo cual queda fuera del alcance de este trabajo).

Llamando a

$$\nu_a = \nu_{zh} r_M \quad (C.6)$$

donde:

ν_a relación de Poisson corregida por anisotropía

Sustituyendo (C.6) en (C.5) se tiene:

$$\varepsilon_z = M_z \left[\sigma_z - \nu_a (\sigma_x + \sigma_y) \right] \quad (C.7)$$

La forma de la expresión (C.7) es igual a la de la expresión (C.2).

A partir de la expresión (C.7) la matriz de flexibilidades del suelo propuesta originalmente por Zeevaert (ref. 19) se convierte en:

$$F_{ij} = \begin{bmatrix} \left\{ [I_z - \nu_a (I_x + I_y)]^T \bar{\alpha} \right\}_1^T \\ \left\{ [I_z - \nu_a (I_x + I_y)]^T \bar{\alpha} \right\}_2^T \\ \vdots \\ \left\{ [I_z - \nu_a (I_x + I_y)]^T \bar{\alpha} \right\}_m^T \end{bmatrix} \quad (C.8)$$

donde:

- I_z Matriz de influencias de esfuerzo en dirección vertical
- I_x Matriz de influencias de esfuerzo en dirección "x"
- I_y Matriz de influencias de esfuerzo en dirección "y"

La relación de Poisson no es una constante de los materiales, sino que depende de los niveles de deformación, esfuerzo confinante y velocidad de aplicación de la carga. De esto surge la necesidad de que se realicen pruebas de consolidación en cámaras triaxiales en pastillas de suelo (caso estático), donde sea posible medir los desplazamientos laterales de las muestras ensayadas.

Ventajas de las expresiones (C.7) y (C.8)

- 1) Desde el punto de vista de cómputo, la matriz F_{ij} sigue siendo del mismo orden que la original propuesta por el Dr. Zeevaert, por lo que no aumenta en forma significativa la memoria de almacenamiento de los datos.
- 2) El procedimiento de solución puede ser el mismo que el propuesto por Zeevaert (de flexibilidades) o el de Deméneghi (de rigideces).

Ejemplo de aplicación

Se presenta un ejemplo de aplicación mostrándose en la figura C.2 los datos de geometría, cargas y estratigrafía y propiedades del suelo. En la figura C.3 se señalan las influencias para carga unitaria en el elemento 1.

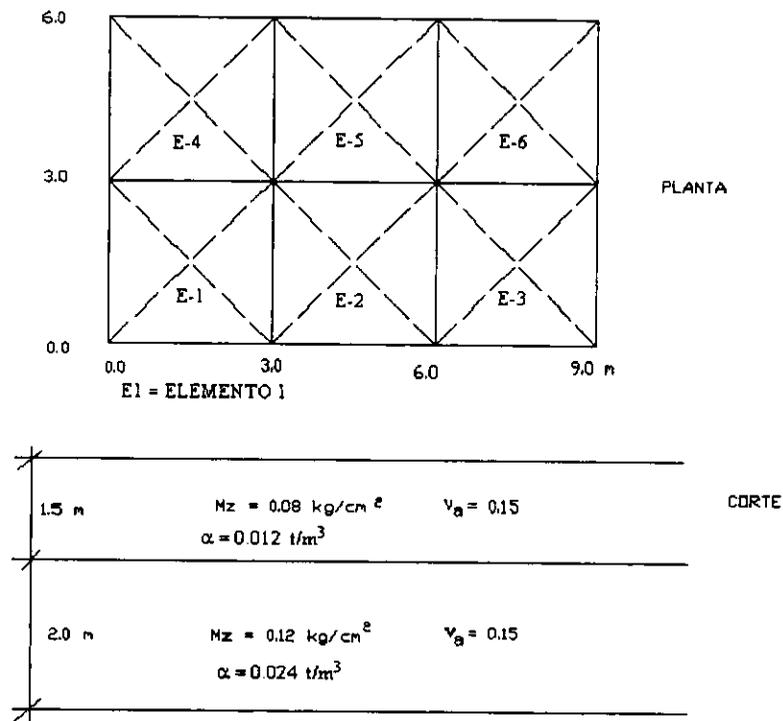


Fig. C.2

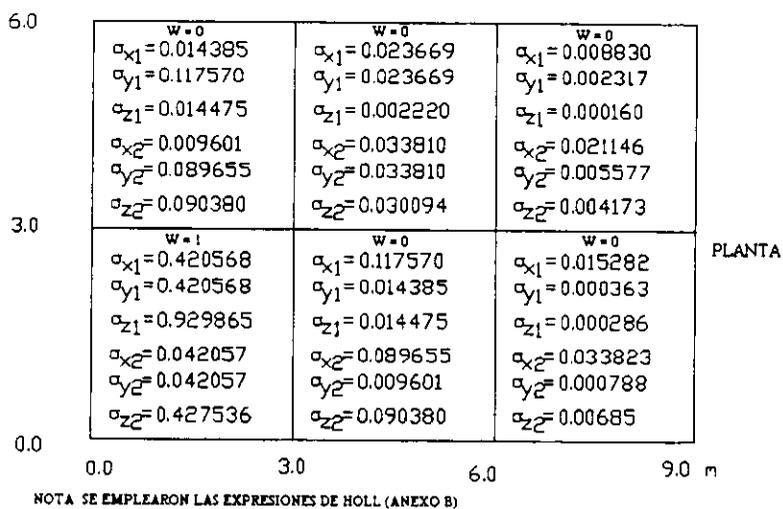


Fig. C.3

La primera columna de la matriz de flexibilidad (ref. 19) es:

1) sin considerar la influencia de los esfuerzos laterales:

$$\begin{bmatrix} 0.929865 & 0.427536 \\ 0.014475 & 0.090380 \\ 0.000286 & 0.006850 \\ 0.014475 & 0.090380 \\ 0.002220 & 0.030094 \\ 0.000160 & 0.004173 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 0.012 \\ 0.024 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.021149 \\ 0.002343 \\ 0.000168 \\ 0.002343 \\ 0.000749 \\ 0.000102 \end{Bmatrix}$$

2) Considerando los esfuerzos laterales:

$$\begin{bmatrix} 0.929865 & 0.427536 \\ 0.014475 & 0.090380 \\ 0.000286 & 0.006850 \\ 0.014475 & 0.090380 \\ 0.002220 & 0.030094 \\ 0.000160 & 0.004173 \end{bmatrix} -0.15 \begin{bmatrix} 0.420568 & 0.042057 \\ 0.117570 & 0.089655 \\ 0.015282 & 0.033823 \\ 0.014385 & 0.009601 \\ 0.023669 & 0.033810 \\ 0.008830 & 0.021146 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.420568 & 0.042057 \\ 0.014385 & 0.009601 \\ 0.000363 & 0.000788 \\ 0.11757 & 0.089655 \\ 0.023669 & 0.033810 \\ 0.002317 & 0.005577 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 0.012 \\ 0.024 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.019602 \\ 0.001748 \\ 0.000015 \\ 0.001748 \\ 0.000420 \\ -0.000014 \end{Bmatrix}$$

El resto de las columnas se obtiene por intercambio de los elementos (ref. 19); las matrices finales quedan:

1) Sin considerar la influencia de los esfuerzos laterales:

$$F_y = \begin{bmatrix} 0.021149 & 0.002343 & 0.000168 & 0.002343 & 0.000749 & 0.000102 \\ 0.002343 & 0.021419 & 0.002343 & 0.000749 & 0.002343 & 0.000749 \\ 0.000168 & 0.002343 & 0.021419 & 0.000102 & 0.000749 & 0.002343 \\ 0.002343 & 0.000749 & 0.000102 & 0.021419 & 0.002343 & 0.000168 \\ 0.000749 & 0.002343 & 0.000749 & 0.002343 & 0.021419 & 0.002343 \\ 0.000102 & 0.000749 & 0.002343 & 0.000168 & 0.002343 & 0.021419 \end{bmatrix}$$

2) Considerando los esfuerzos laterales:

$$F_y = \begin{bmatrix} 0.019602 & 0.001748 & 0.000015 & 0.001748 & 0.000420 & -0.000014 \\ 0.001748 & 0.019602 & 0.001748 & 0.000420 & 0.001748 & 0.000420 \\ 0.000015 & 0.001748 & 0.019602 & -0.000014 & 0.000420 & 0.001748 \\ 0.001748 & 0.000420 & -0.000014 & 0.019602 & 0.001748 & 0.000015 \\ 0.000420 & 0.001748 & 0.000420 & 0.001748 & 0.019602 & 0.001748 \\ -0.000014 & 0.000420 & 0.001748 & 0.000015 & 0.001748 & 0.019602 \end{bmatrix}$$

En las figuras C.4 y C.5 se presentan los hundimientos correspondiente a dos casos: uno donde la carga de 1.0 t/m² se aplica a todas los elementos, y otro donde una carga de 6.0 t/m² se aplica en el elemento de la esquina inferior izquierda. Los hundimientos son:

1) Primer caso (carga de 1.0 t/m² en todos los elementos)

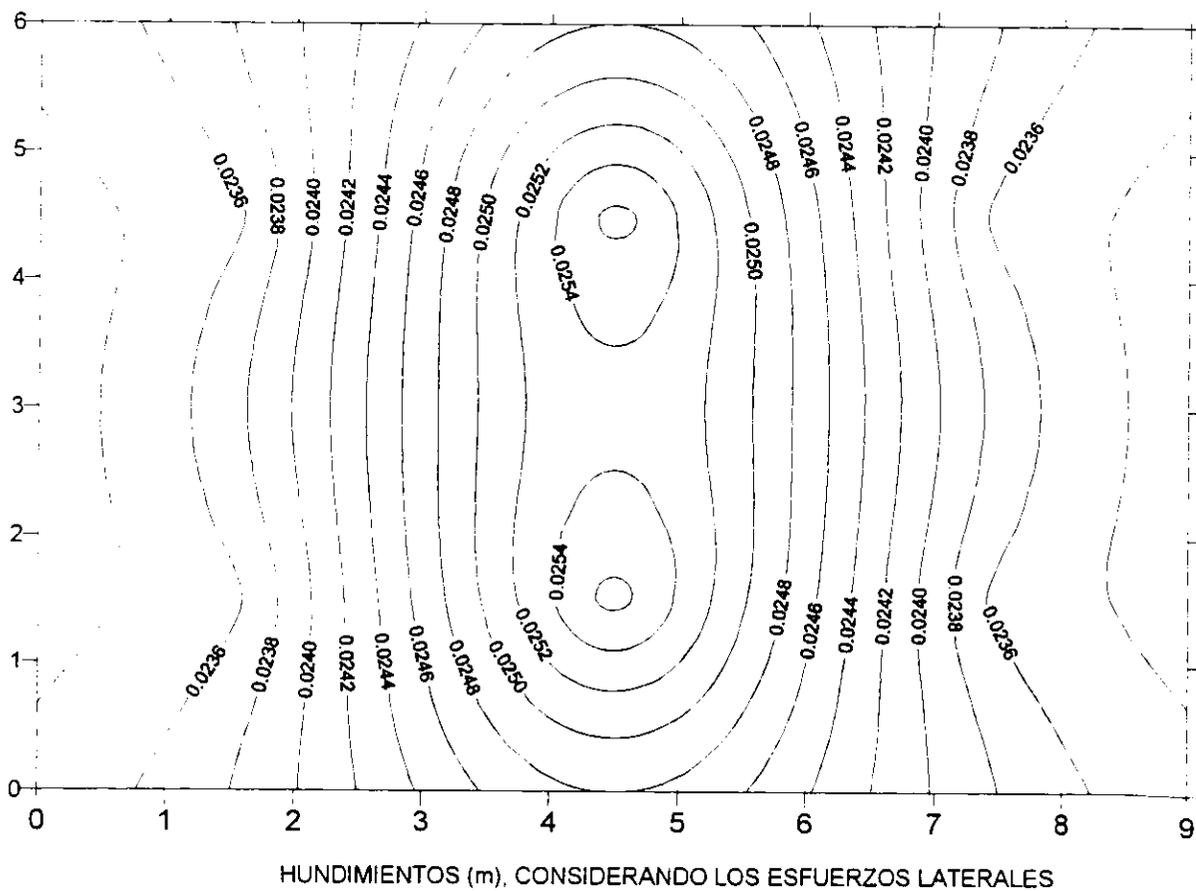
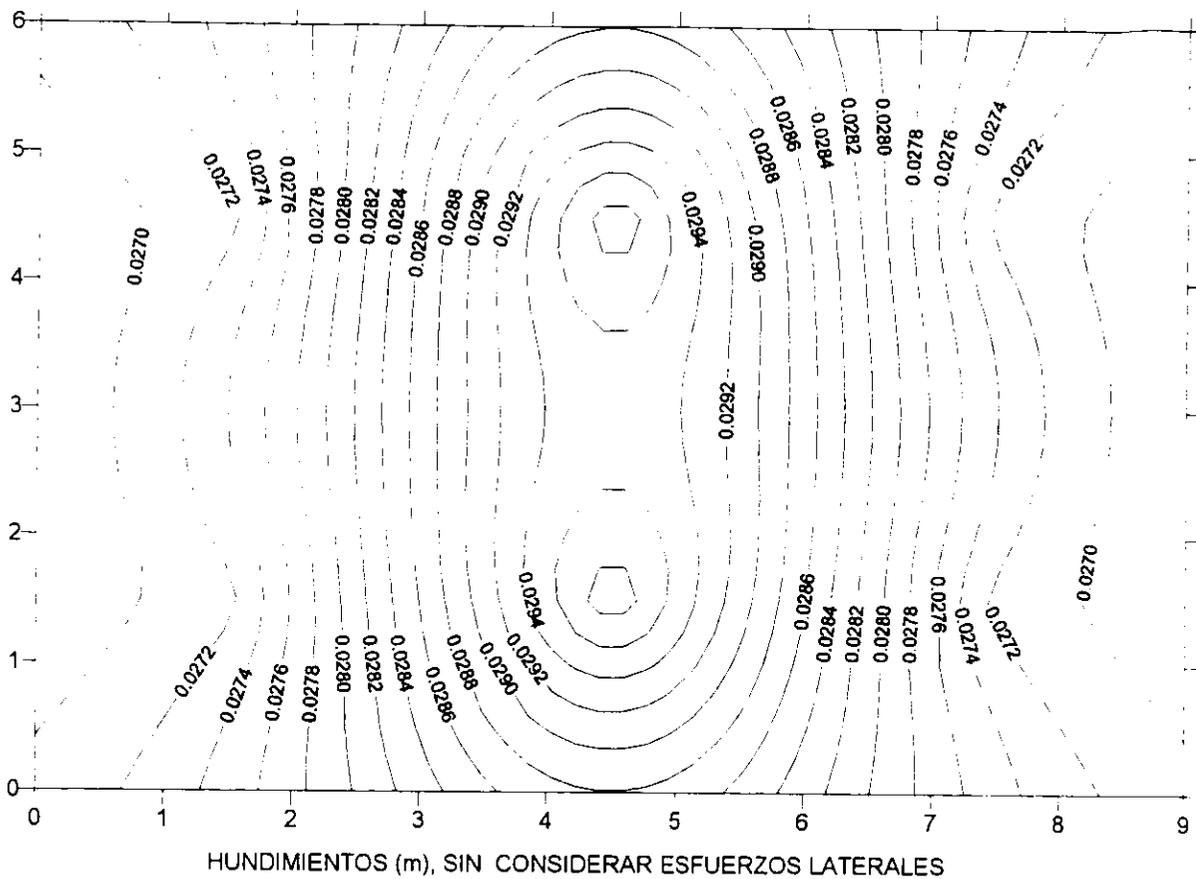
1.a) Sin considerar la influencia de los esfuerzos laterales

$$\begin{bmatrix} 0.021149 & 0.002343 & 0.000168 & 0.002343 & 0.000749 & 0.000102 \\ 0.002343 & 0.021419 & 0.002343 & 0.000749 & 0.002343 & 0.000749 \\ 0.000168 & 0.002343 & 0.021419 & 0.000102 & 0.000749 & 0.002343 \\ 0.002343 & 0.000749 & 0.000102 & 0.021419 & 0.002343 & 0.000168 \\ 0.000749 & 0.002343 & 0.000749 & 0.002343 & 0.021419 & 0.002343 \\ 0.000102 & 0.000749 & 0.002343 & 0.000168 & 0.002343 & 0.021419 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.0271 \\ 0.0299 \\ 0.0271 \\ 0.0271 \\ 0.0299 \\ 0.0271 \end{Bmatrix} m$$

1.b) Considerando los esfuerzos laterales

$$\begin{bmatrix} 0.019602 & 0.001748 & 0.000015 & 0.001748 & 0.000420 & -0.000014 \\ 0.001748 & 0.019602 & 0.001748 & 0.000420 & 0.001748 & 0.000420 \\ 0.000015 & 0.001748 & 0.019602 & -0.000014 & 0.000420 & 0.001748 \\ 0.001748 & 0.000420 & -0.000014 & 0.019602 & 0.001748 & 0.000015 \\ 0.000420 & 0.001748 & 0.000420 & 0.001748 & 0.019602 & 0.001748 \\ -0.000014 & 0.000420 & 0.001748 & 0.000015 & 0.001748 & 0.019602 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \\ 1.0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.0235 \\ 0.0257 \\ 0.0235 \\ 0.0235 \\ 0.0257 \\ 0.0235 \end{Bmatrix} m$$

FIG. C.4. CASO 1 (CARGA DE 1 t/m² EN TODAS LAS PLACAS)



2) Segundo caso (carga de 6.0 t/m² en el elemento de la esquina inferior izquierda)

2.a) Sin considerar la influencia de los esfuerzos laterales

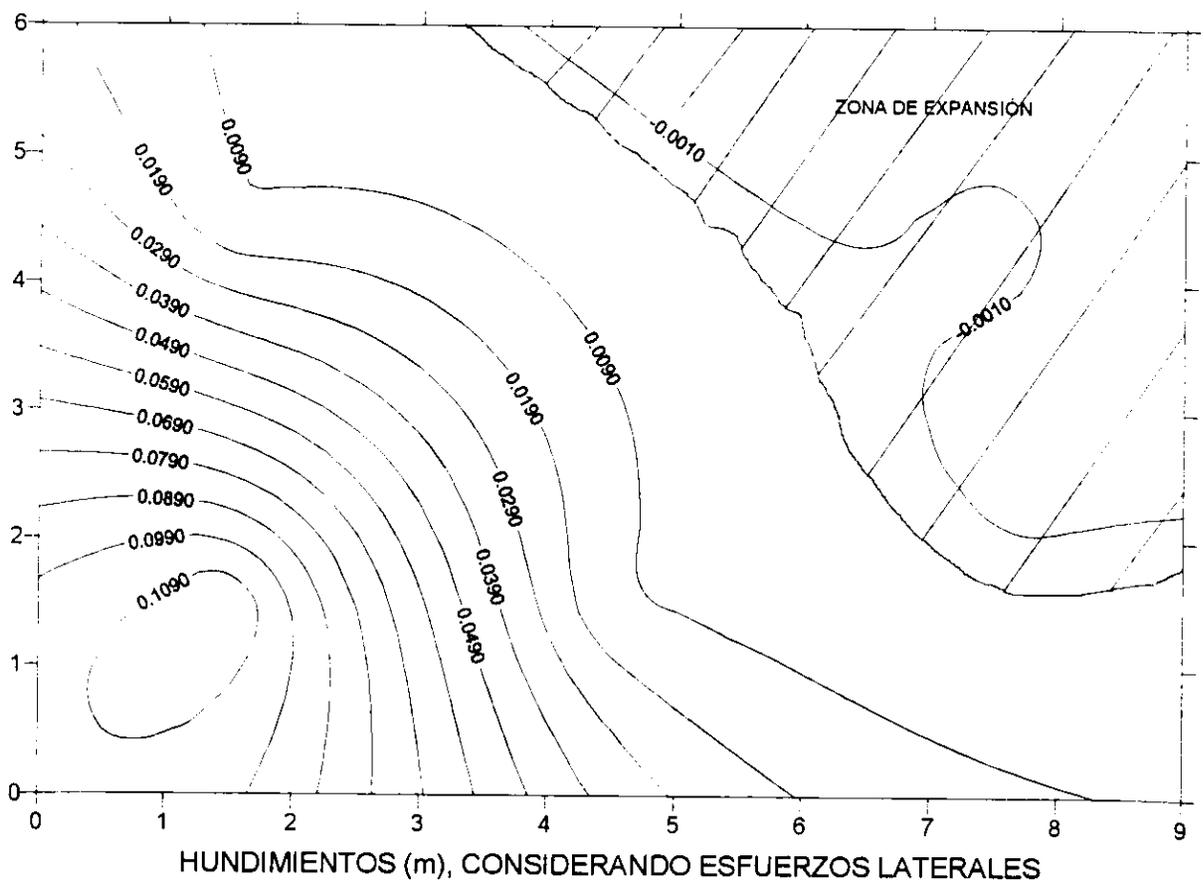
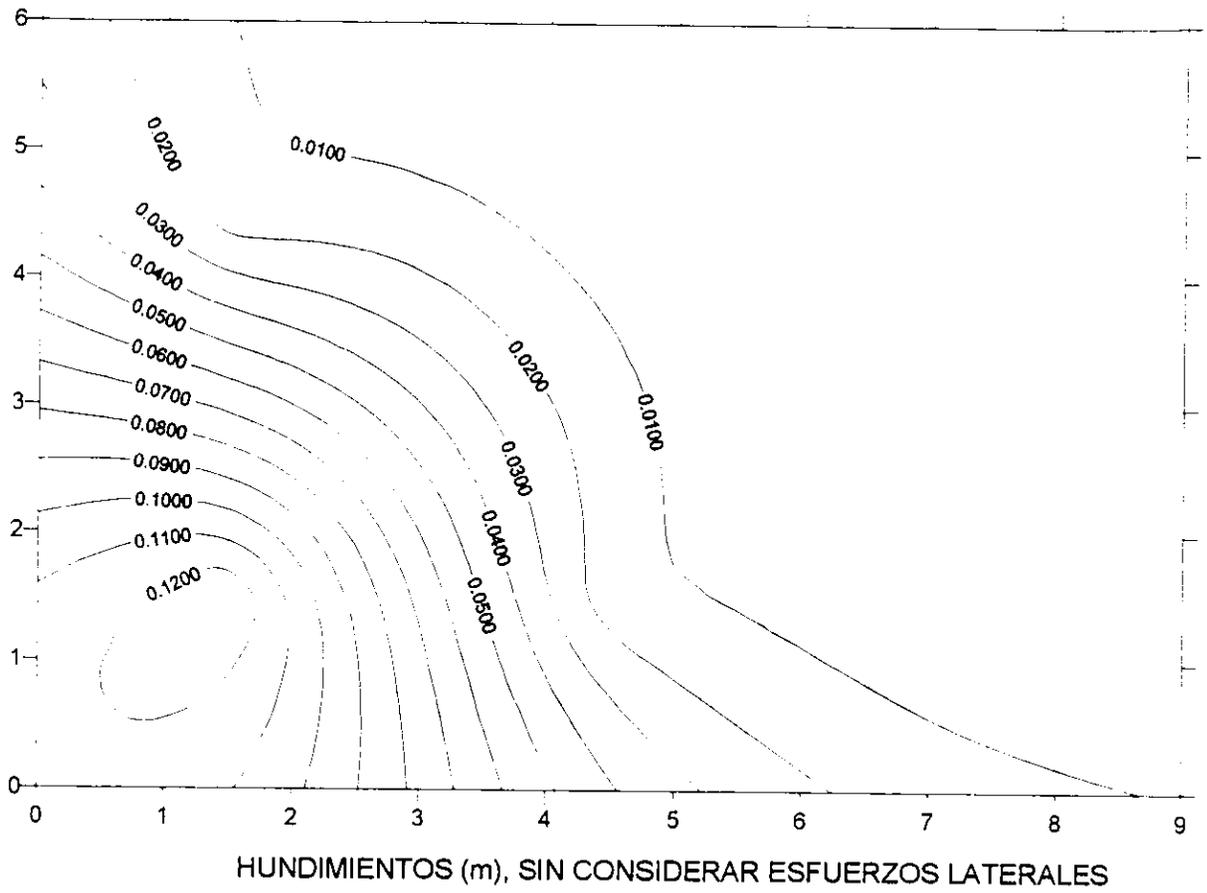
$$\begin{bmatrix} 0.021149 & 0.002343 & 0.000168 & 0.002343 & 0.000749 & 0.000102 \\ 0.002343 & 0.021419 & 0.002343 & 0.000749 & 0.002343 & 0.000749 \\ 0.000168 & 0.002343 & 0.021419 & 0.000102 & 0.000749 & 0.002343 \\ 0.002343 & 0.000749 & 0.000102 & 0.021419 & 0.002343 & 0.000168 \\ 0.000749 & 0.002343 & 0.000749 & 0.002343 & 0.021419 & 0.002343 \\ 0.000102 & 0.000749 & 0.002343 & 0.000168 & 0.002343 & 0.021419 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 6.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.1285 \\ 0.0141 \\ 0.0010 \\ 0.0141 \\ 0.0449 \\ 0.0006 \end{Bmatrix} m$$

2.b) Considerando los esfuerzos laterales

$$\begin{bmatrix} 0.019602 & 0.001748 & 0.000015 & 0.001748 & 0.000420 & -0.000014 \\ 0.001748 & 0.019602 & 0.001748 & 0.000420 & 0.001748 & 0.000420 \\ 0.000015 & 0.001748 & 0.019602 & -0.000014 & 0.000420 & 0.001748 \\ 0.001748 & 0.000420 & -0.000014 & 0.019602 & 0.001748 & 0.000015 \\ 0.000420 & 0.001748 & 0.000420 & 0.001748 & 0.019602 & 0.001748 \\ -0.000014 & 0.000420 & 0.001748 & 0.000015 & 0.001748 & 0.019602 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 6.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \\ 0.0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.1176 \\ 0.0105 \\ 0.0001 \\ 0.0105 \\ 0.0025 \\ -0.0001 \end{Bmatrix} m$$

En el primer caso se observa que los esfuerzos laterales influyen en la magnitud de los hundimientos de la cimentación al disminuirlos, en el segundo, se aprecia que los esfuerzos laterales también influyen en configuración de desplazamientos al presentarse zonas de expansión.

FIG. C.5 CASO 2 (CARGA DE 6 t/m² EN EL ELEMENTO DE LA ESQUINA INFERIOR IZQUIERDA)



CONCLUSIONES DEL ANEXO

- 1) Los esfuerzos laterales en algunos casos, como en depósitos de arena muy suelta, no sólo influyen en la configuración de desplazamientos y reacciones, sino también en la magnitud de los asentamientos totales.
- 2) La expresión (C.8) no se limita al caso de arenas sino que cubre también los estratos de arcilla, sin embargo, en los suelos cohesivos blandos parecen no influir de manera significativa en el análisis de interacción.
- 3) Se pueden analizar intercalaciones de arena, arcilla y limo como es el caso de los depósitos en la zona de transición de la Ciudad de México.

COMENTARIOS DEL ANEXO

- 1) Para hacer más general la ecuación (C.8) es necesario integrar los esfuerzos laterales para polígonos de forma irregular, como lo hizo Damy para el esfuerzo vertical (anexos "A" y "B").
- 2) Además, sería conveniente realizar una investigación de las hipótesis presentadas a fin de calibrar y mejorar, si es necesario, el procedimiento descrito.
- 3) Los esfuerzos cortantes generados en el suelo bajo placas contiguas deberían ser estudiados para determinar si conviene que sean tomados en cuenta o no.

ANEXO D

DESCRIPCIÓN DE LOS PROGRAMAS PRISRET E ISRET

Los programas PREISRET e ISRET, escritos en lenguaje FORTRAN para PC y basados en una versión debida a López (ref. 7), se desarrollaron siguiendo el método de análisis de Zeevaert. Su creación se basó en el diagrama de flujo de la figura D.1.

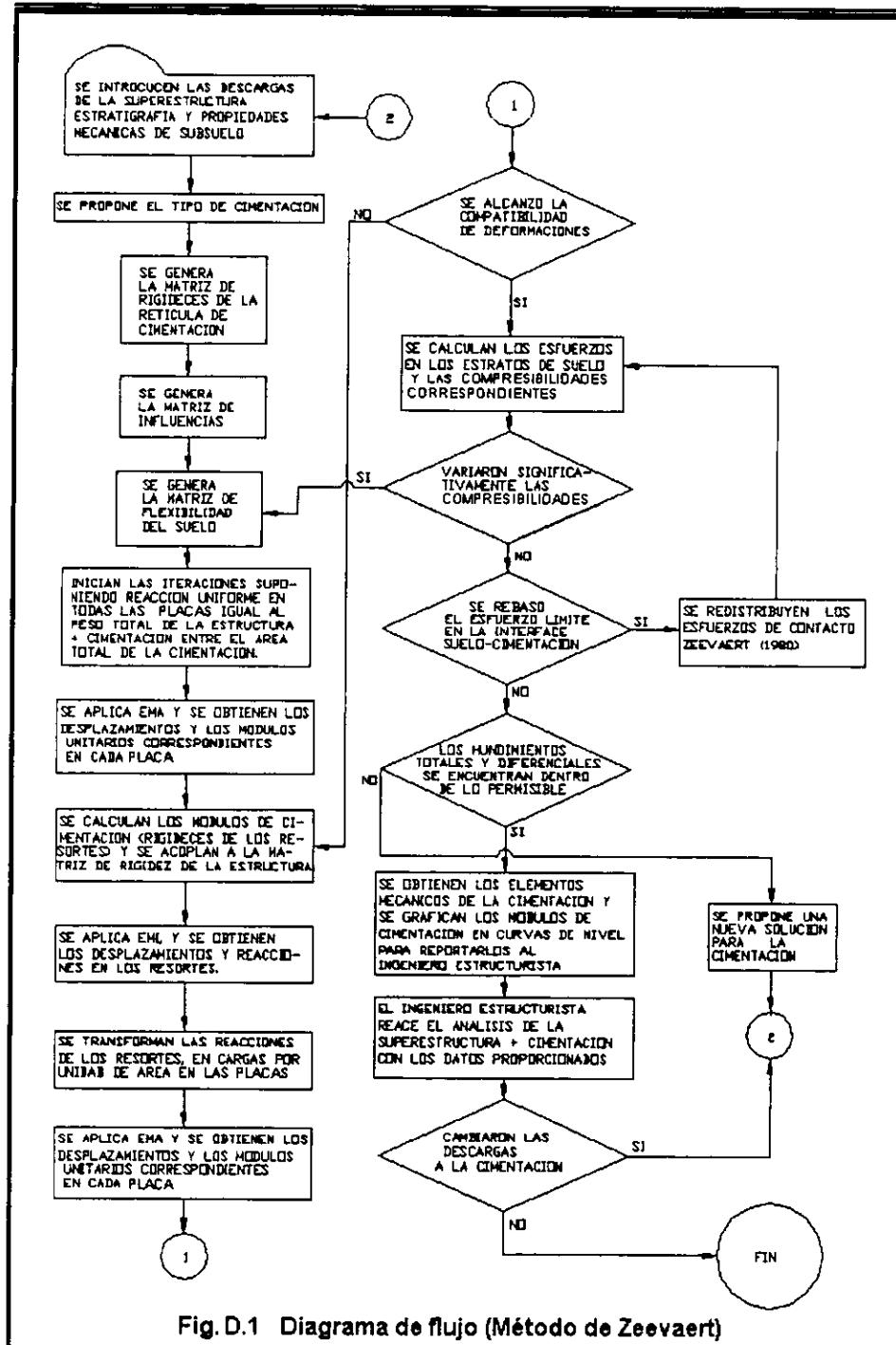


Fig. D.1 Diagrama de flujo (Método de Zeevaert)

PRISRET permite:

- Generar las mallas de placas y barras necesarias para modelar el suelo y la estructura, respectivamente.
- Calcular la influencia media de esfuerzo por planta de cimentación, como ayuda en el cálculo de los parámetros de compresibilidad.
- Generar la matriz de flexibilidad del suelo y la matriz de rigidez de la estructura.

ISRET permite el análisis de la cimentación como flexible, rígida y semiflexible.

3A.1 Archivos de datos

Mediante archivos se proporcionan los datos del problema a los programas; todos los datos se pueden dar en formato libre separados por comas o espacios. Los archivos requeridos deben tener todos el mismo nombre genérico (ejemplo: isret1.dov, isret1.alf, isret1.frc, etc.), variando sólo en extensión; estos son:

1.- *Archivo de placas* (puede generarse mediante ISRET).- La extensión se fija como ".dov"(ejemplo isret1.dov), debiendo contener los siguientes datos:

- En el primer renglón se introduce el "título" de la corrida
- En el segundo renglón se da el número total de nodos (NNOD, máximo 300) y el número total de placas (NDOV, máximo 86).
- En los siguientes "NNOD" renglones se introducen las coordenadas "x" y "y" de los nodos (un renglón por cada nodo).
- En los siguientes "NDOV" renglones se da el número de vertices (máximo 16) e incidencias (etiqueta numérica de los vertices que le corresponden a cada placa), en sentido antihorario (fig. D.2).

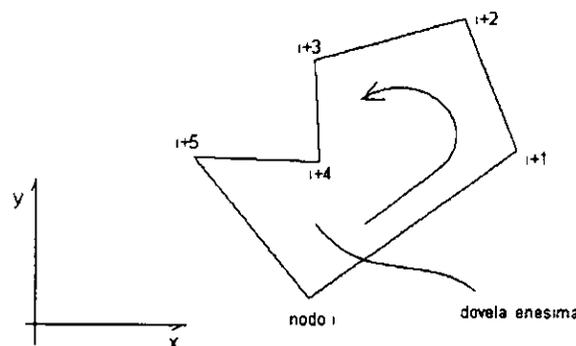


Fig D 2 numeración de nodos y sentido de la numeración

- e) En el renglón que sigue se introduce el número de estratos (NEST, máximo 12) y el “factor de distribución de esfuerzos” (ref. 2).
- f) En el último renglón se dan las profundidades medias de los estratos de arriba a abajo.

2.- *Archivo de compresibilidades*.- La extensión se fija como “.ALF”, con los siguientes datos:

- a) En el renglón 1.- Número de grupos de placas (NGRUP), número de datos de compresibilidades (NALFAS) y número de casos de análisis (NETPS). Con “NGRUP” se puede definir diferencias entre las compresibilidades de una zona de placas y otra. Con “NETPS” se pueden calcular las rigideces del suelo para distintas condiciones de análisis (Estáticas: a corto, mediano y largo plazo; Pseudoestáticas: para un análisis dinámico simplificado, etc.); esto sirve para ahorrar tiempos de computo.
- b) Los siguientes “NGRUP” renglones deben tener como datos, por cada grupo de placas: La última placa del grupo y las “etiquetas numéricas” (inciso siguiente) de las compresibilidades que le corresponden a los estratos de suelo en el orden que se dan en el archivo de placas.
- c) En los renglones siguientes se dan los valores de las deformaciones volumétricas unitarias (α) que se van a manejar (un bloque de datos por cada caso de análisis). La “etiqueta numérica” de la primera compresibilidad que aparece en el archivo se asigna como “1”, la segunda “2”, etc.

3.- *Archivo de fracciones de áreas tributarias* (sólo para el análisis de cimentación semiflexible).- La extensión se fija como “.FRC”, con los siguientes datos:

- a) Número de nodos de la retícula (NN)
- b) Los siguientes “NN” renglones (un renglón por nodo): número del nodo, número de placas que convergen al nodo, número de la primera placa que converge al nodo y su fracción de área tributaria, número de la segunda placa y su fracción, ..., número de la última placa que converge al nodo y su fracción.

4.- *Archivos de retículas* (necesarios sólo para el análisis de cimentación semiflexible) .- Las extensiones se fijan como “.RT1”, “.RT2”, etc. Cada archivo debe contener lo siguiente:

- a) Título de la retícula
- b) Número de nodos de la retícula (NN),0,número de barras (NBA),1,0

- c) Los siguientes “NN” renglones deben contener (un renglón por nodo): Número del nodo y sus coordenadas.
- d) Los próximos “NBA” renglones (un renglón por barra): Número del nodo inicial y número del nodo final que definen la barra, momento polar de inercia, momento de inercia, factor de cortante, módulo de elasticidad, relación de Poisson y tipo de barra. Los tipos de barras que se consideran son:

- 0.- barra simplemente apoyada en sus extremos
- 1.- barra con articulación en su primer extremo
- 2.- barra con los dos extremos articulados

nota: en caso de que la barra tenga una articulación en un extremo, el primer nodo es en donde se encuentra dicha articulación. Los dos tipos de barras con articulaciones corresponden a juntas de cortante que admiten resistencia a la torsión (ref. 19).

- e) Número de nodos con fuerzas concentradas (NNUC)
- d) En los siguientes “NNUC” renglones.- Nodo, fuerza vertical (la fuerza vertical hacia abajo tiene signo negativo), momentos M_x y M_y .
- f) Número de barras con fuerzas linealmente distribuidas (NBAC).
- g) En los siguientes “NBAC” renglones.- Número de la barra, magnitud de la fuerza linealmente distribuida, 0,0.

Una vez creados los archivos de datos se corre primero el programa “PRISRET” en modo DOS, apareciendo las siguientes imágenes en pantalla (archivos ASCCI:PRIS1.IMG y PRIS2.IMG):

PRISRET

PREPROSECADOR PARA EL ANALISIS DE INTERACCION SUELO-RETICULA DE CIMENTACION

*** A D V E R T E N C I A ***
LOS AUTORES DE ESTE PROGRAMA
NO SE HACEN RESPONSABLES POR
EL USO INDEBIDO DEL MISMO NI
POR LOS RESULTADOS QUE ARROJE.

P_R_I_S_R_E_T : PREPROCESADOR PARA EL PROGRAMA DE
INTERACCION SUELO-RETICULA DE CIMENTACION

OPCIONES:

- [1] EDITAR DATOS
- [2] GENERAR LA(S) MATRIZ(CES) DE *INFLUE*NCIAS DEL SUELO
- [3] CALCULAR INCREMENTOS DE ESFUERZO VERTICAL *INESV*
- [4] CALCULAR FLEXIBILIDADES DEL SUELO *FLEXS*
- [5] CREAR LA(S) MATRIZ(CES) DE *RIGID*EZ DE LA RETICULA DE CIMENTACION
- [6] COMANDO DE *DOS*
- [0] *SALIR*

CANCEL = CANCELA UNA APERTURA DE ARCHIVO

¿OPCION?: _

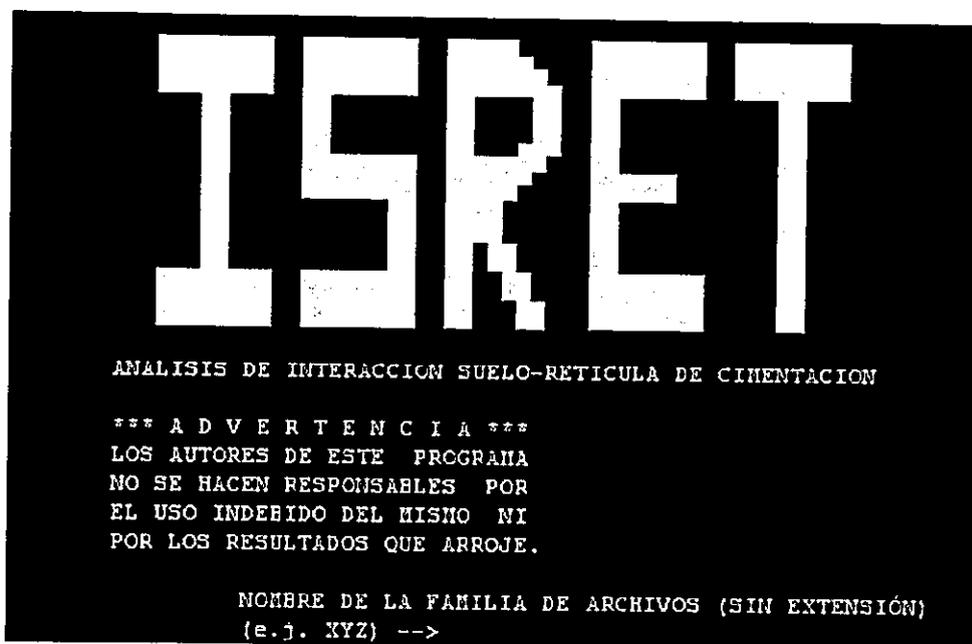
Si se quiere cambiar algún dato de los archivos se elige la opción 1; el programa pregunta que archivo es en el que se desean hacer los cambios. Las siguientes imágenes muestran las opciones para cambiar títulos, numero de nodos, placas, barras, etc.

Si ya están correctos los archivos de datos, se elige la opción número 2 para generar la matriz de influencias pidiendo el programa para ello el nombre común (genérico) de los archivos (ejemplo isret1).

Se elige la opción 3 para cuando se quiere estimar en forma aproximada (cimentación sin rigidez) los incrementos o decrementos de esfuerzo producidos por las cargas o descargas en diferentes puntos de los estratos de la masa de suelo para fines de cálculo de compresibilidades (recordar que ellas dependen del nivel y trayectoria de esfuerzos). Nuevamente el programa pide el nombre genérico de los archivos, arrojando como resultados un fichero con igual nombre pero con extensión "inc" (ej. isret1.inc).

Con las opciones 4 y 5 se crean los ficheros de las matrices de flexibilidad del suelo y rigidez de las estructura con extensiones "fs#" (ej. isret1.fs1) y "rgd" (ej. isret1.rgd), respectivamente, para ello el programa pide el nombre genérico de los archivos. Estos archivos son necesarios para correr el programa ISRET.

El siguiente paso es salir de PRISRET y correr el programa ISRET aparecerá en pantalla la siguiente imagen (fichero ISRET1.IMG).



Cuando el programa pide el "NOMBRE DE LA FAMILIA DE ARCHIVOS", se debe teclear el nombre genérico (o sea el conjunto de archivos con el mismo nombre pero con diferente extensión, ejemplo: isret1 [intro]), notar que no se proporciona ninguna extensión porque el programa las agrega cuando así lo requiere.

En seguida aparecerá un letrero que dice: "ANÁLISIS CON LA MATRIZ DE FLEXIBILIDAD NÚMERO: ", debiendo proporcionarse el número asignado por PRISRET al fichero con extensión "fs#", por ejemplo si se crearon dos archivos con matrices de flexibilidad cuyos nombre son "isret1.fs1" e "isret1.fs2", el primero de los cuales puede ser para el caso estático y el segundo para analizar la respuesta del suelo ante carga accidental, y se desea trabajar con el caso estático el número correspondiente es "1". Posteriormente aparecerá un letrero preguntado cual es el "NUMERO DE PLANTAS DE CIMENTACIÓN"; se deberá proporcionar el número de plantas que convenga de acuerdo

con el tipo de problema por analizar, por ejemplo si se trata de dos estructuras adyacentes el número de plantas puede ser "2", y si se trata de una cimentación con pontones el número de plantas puede ser "3". Cumplido lo anterior, en pantalla se observará el siguiente letrero (archivo ISRET2.IMG):

```

          ECUACION MATRICIAL DE ASENTAMIENTOS
          * * * * * E M A * * * * *

OPCIONES DEL ANALISIS                                COMANDOS:

[1] VECTOR DE CARGAS ..... VECAR
[2] VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS ..... VEDES
[3] ANALISIS ESTRUCTURAL DE PETICULA PLANA.... RETIC

OTRAS OPCIONES

[4] VER RESULTADOS ..... VER
[5] SALVAR ..... SALVAR
[6] SALVAR COMO ..... SALVAC
[7] IMPRINIR RESULTADOS ..... IHPRIH
[8] LEER OTRA MATRIZ DE FLEXIBILIDAD ..... FLEXIB
[9] MENU PRINCIPAL ..... PRINCI
[X] COMANDO DE DOS ..... DOS
[0] SALIR ..... SALIR
    
```

Para un análisis de la cimentación suponiendo cargas sobre las placas (ejemplo: la carga media uniforme que resulta de dividir el peso total de la estructura más el peso de la cimentación entre el área de la planta del cimientto), se debe elegir la opción 1, en pantalla resaltará la siguiente imagen (fichero: ISRET3.IMG):

```

          V E C T O R   D E   C A R G A S

OPCIONES PARA CARGAS NORMALES:                        COMANDOS:
-----
[1] VECTOR DE CARGAS IGUALES ..... IGUALE
[2] ARCHIVO DE DATOS ..... ARCHIV
[3] TECLADO ..... TECLAD

OPCIONES PARA CARGAS ADICIONALES:
-----
[4] CARGAS IGUALES ..... ADIGUA
[5] ARCHIVO DE DATOS ..... ADARCH
[6] TECLADO ..... ADITEC

OTRAS OPCIONES:
-----
[7] REGRESAR AL MENU ANTERIOR ..... EMA
[8] MENU PRINCIPAL ..... PRINCI
[9] COMANDO DE ..... DOS
[0] SALIR ..... SALIR

OPCION?: _
    
```

La opción 1 es para asignar a todas las placas el mismo valor de carga sobre ellas. La 2, permite asignar a cada placa su carga mediante archivo de datos en código ASSCI, con formato libre. Con la elección "3" se pueden asignar los valores de las cargas a cada placa a través del teclado (trabajo que puede ser bastante engorroso si se trata de muchos datos por introducir, por lo que no se recomienda). Si se elige cualquiera de las tres opciones anteriores el programa resuelve EMA, muestra los resultados en pantalla y regresa al menú anterior.

Las opciones 4,5 y 6 permiten asignar cargas a las placas que no van a variar con la rigidez de la cimentación (ejemplo de este tipo de cargas es el peso de objetos almacenados que no se apoyen directamente sobre los cimientos). La "4" es para cargas uniformes, la "5" para lectura a través de archivo de datos, y la "6" mediante teclado (no se recomienda). Cuando se emplea cualquiera de las tres opciones anteriores el programa permanece en el menú "VECTOR DE CARGAS" (figura anterior), hasta que se involucra cualquiera de las opciones "1", "2" o "3" (resolviendo EMA), o cuando se regresa al menú anterior con la elección "7" (sin resolver EMA, pero considerará estas cargas de valor permanente para resolver por análisis estructural); el programa suma las cargas adicionales a las reacciones de las placas correspondientes.

De regreso al menú EMA se puede elegir la opción "2" ("VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS"), apareciendo en pantalla el siguiente recuadro (fichero ISRET4.IMG):

```

VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS

OPCIONES:                                COMANDOS:
-----
[1] DESPLAZAMIENTOS IGUALES ... IGUALE
[2] ARCHIVO DE DATOS ..... ARCHIV
[3] TECLADO ..... TECLAD
[4] GIRAR EN X ..... GIRAX
[5] GIRAR EN Y ..... GIRAY
[6] PONTONES ..... PONTON
[7] CALCULAR MOMENTOS..... MOMEN
[8] CORREGIR POR REACCION TOT.. CORTOT
[9] CORREGIR POR MOMENTOS ..... CORMOM

OTRAS OPCIONES:
-----
[10] MENU ANTERIOR ..... EMA
[11] MENU PRINCIPAL ..... PRINCI
[12] COMANDO DE DOS ..... DOS
[0] SALIR ..... SALIR
  
```

Las opciones 1,2 o 3 sirven para asignar desplazamientos a las placas; eligiendo cualquier opción de éstas, el programa resuelve EMA para obtener las reacciones correspondientes en cada placa, y permanece en el mismo menú "VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS"; como es casi seguro que no se cumpla el equilibrio de fuerzas verticales, deben corregirse los

desplazamientos verticales supuestos con la opción “8” (“CORREGIR POR RECCIÓN TOTAL”), donde se introducen, no los desplazamientos reales sino la carga total real, el programa realiza una serie de iteraciones y envía por pantalla las reacciones correspondientes.

Las opciones “4” y “5” sirven para “girar” la cimentación alrededor de los ejes “x” y “y”, respectivamente, para realizar el análisis de volteo; si se elige cualquiera de estas opciones el programa nuevamente resuelve EMA, determinando las reacciones correspondientes, sin embargo, es muy grande la probabilidad de que no se cumpla el equilibrio de los momentos actuante y calculado, pero esta situación se puede corregir con la opción “9” (“CORREGIR POR MOMENTOS”). La opción “6” de este menú permite analizar una cimentación con dos juntas de cortante (únicamente) que corren en dirección “y”, la computadora pide la ubicación con respecto a “x” y considera rígidas las tres plantas de cimentación que se definen al resolver EMA y arrojar los resultados de desplazamientos.

Con la elección “10” se regresa al menú “EMA”, donde se puede seleccionar la opción “3” (“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA RETÍCULA PLANA”), como se supone que ya existen los archivos de datos que va a emplear en este paso el programa no requiere otro dato a menos que detecte algún problema en la corrida. Los resultados de este análisis se van desplegando poco a poco en pantalla.

Las opciones “5” y “6” del menú “EMA” permiten salvar los análisis en archivos ASCII, los cuales se pueden imprimir o leer para dibujar las curvas de nivel con programas de computadora que sirvan para este fin (como Autocad o Surfer). Cuando en los análisis se descuenta la subpresión producida por el agua contra la cimentación, del peso total de la estructura más la cimentación, a la hora de dibujar las curvas de nivel hay que agregar una nota indicando este hecho, o se pueden sumar a las reacciones dicha sollicitación antes de dibujar la curvas de igual esfuerzo de contacto (aún así, es conveniente agregar una nota que indique que se está incluyendo la subpresión).

En los análisis que incluyan varios pasos, antes de dibujar las curvas de nivel primero hay que sumar todos los efectos, mediante tabla electrónica tipo “lotus” o “excel”.

Con el programa “CHECAMIS” se puede revisar en forma visual que no haya errores en la malla de placas.

3A.1 LISTADO DEL PROGRAMA PRISRET

```

1 $LARGE                2 CHARACTER OPCION*6,LET*80
3 OPEN(5,FILE='PRIS1.IMG',STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=1)
4 REWIND(5)              5 DO 14 I=1,23                6 READ(5,13)LET
7 14 WRITE(*,13)LET      8 13 FORMAT(A80)                9 CLOSE (5)
10 PAUSE                 11 1 OPEN(5,FILE='PRIS2.IMG',STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
12 REWIND(5)             13 DO 15 I=1,23                14 READ(5,13)LET
15 15 WRITE(*,13)LET     16 CLOSE (5)                    17 WRITE(*,8000)
18 8000 FORMAT(' OPCION?: \)) 19 READ(*,24)OPCION
20 24 FORMAT(A6)          21 IF(OPCION.EQ.'EDIT')OPCION='1'
22 IF(OPCION.EQ.'1')CALL EDITAR(OPCION)
23 IF(OPCION.EQ.'INFLUE')OPCION='2'
24 IF(OPCION.EQ.'2')CALL INFLUE(OPCION)
25 IF(OPCION.EQ.'INESV')OPCION='3'
26 IF(OPCION.EQ.'3')CALL INESV
27 IF(OPCION.EQ.'FLEXS')OPCION='4'
28 IF(OPCION.EQ.'4')CALL GENFLEX(OPCION)
28 IF(OPCION.EQ.'5')CALL GENRIG(OPCION)
29 IF(OPCION.EQ.'6'.OR.OPCION.EQ.'DOS')THEN
30 WRITE(*,*)
31 WRITE(*,12)
32 12 FORMAT(' TECLE EL COMANDO POR FAVOR',/(EJ.: DIR *.DOV): ')
33 PAUSE
34 ELSE
35 ENDIF
36 IF(OPCION.EQ.'0'.OR.OPCION.EQ.'SALIR')THEN
37 WRITE(*,30)
38 30 FORMAT('////////////////////')
39 GOTO 9999
40 ELSE
41 ENDIF
42 PAUSE
43 GOTO 1
44 9998 CLOSE (5)
45 GOTO 1
46 9999 END
47
48 SUBROUTINE INFLUE(OPCION)
49 CHARACTER F2*8,ATPC*14,INF*14,AD*14,AA*14,OPCION*6
50 WRITE(*,8850)
51 WRITE(*,8026)
52 8850 FORMAT('/// -HOLA!',
53 +' EL ARCHIVO DE DATOS DE LAS DOVELAS DEBE TENER POR FUERZA LA')
54 8026 FORMAT(' EXTENSION ".DOV", YA QUE EL PROGRAMA SE LA AGREGA ')
55 8830 WRITE(*,8020)
56 8020 FORMAT(/10X,' NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS(no teclee el ".DOV")')
57 + 10X,' (e.j. B:XYZ) -> \)
58 READ(*,8800,ERR=8830)F2
59 8800 FORMAT(A8)
60 IF(F2.EQ.'CANCEL')GOTO 9998
61 CALL GENARCHI(ATPC,INF,AD,AA,F2)
62 CALL GENINFLU(ATPC,INF,AD)
63 OPCION='EMA'
64 9998 RETURN
65 END
66
67 SUBROUTINE GENFLEX(OPCION)
68 CHARACTER F2*8,ATPC*14,INF*14,AD*14,AA*14,OPCION*6
69 WRITE(*,8850)
70 WRITE(*,8026)
71 8850 FORMAT('/// -HOLA!',
72 +' EL ARCHIVO DE DATOS DE LAS COMPRESIBILIDADES DEBE TENER LA')
73 8026 FORMAT(' EXTENSION ".ALF", YA QUE EL PROGRAMA SE LA AGREGA ')
74 8830 WRITE(*,8020)
75 8020 FORMAT(/10X,' NOMBRE DEL ARCHIVO DE ALFAS(no teclee el ".ALF")')
76 + 10X,' (e.j. B:XYZ) -> \)
77 READ(*,8800,ERR=8830)F2
78 8800 FORMAT(A8)
79 IF(F2.EQ.'CANCEL')GOTO 9998
80 CALL GENARCHI(ATPC,INF,AD,AA,F2)
81 CALL GENFLEXS(INF,AA,F2)
82 OPCION='EMA'
83 9998 RETURN
84 END
85
86 SUBROUTINE GENARCHI(ATPC,INF,AD,AA,F2)
87 CHARACTER F2*8,INF*14,ATPC*14,AD*14,AA*14
88 AD = ' .DOV'
89 INF = ' .INF'
90 ATPC = ' .ATP'
91 AA = ' .ALF'
92 WRITE(AD(1:8),8860) F2
93 WRITE(INF(1:8),8860) F2
94 WRITE(ATPC(1:8),8860)F2
95 WRITE(AA(1:8),8860)F2
96 WRITE(*,1021)INF,ATPC
97 1021 FORMAT('////////////////////')
98 +' SE GENERARAN O EMPLEARAN LOS SIGUIENTES ARCHIVOS './
99 +' DE INFLUENCIAS : ',A14,' DE AREAS Y CENTROIDES: ',A14,/)
100 8860 FORMAT(A8)
101 PAUSE
102 RETURN
103 END
104
105 SUBROUTINE GENINFLU(ATPC,INF,AD)
106 CHARACTER INF*14,TITLE*72,ATPC*14,AD*14
107 CHARACTER SOBRE*2
108 DIMENSION NODO(150,16)
109 DIMENSION XN(1000),YN(1000),Xl(150,16),Yl(150,16)
110 DIMENSION XJP(17),YJP(17),XP(150),YP(150)
111 DIMENSION RHO(14),AKP(14),RNU(14)
112 DIMENSION NVERT(150)
113 DIMENSION ZP(14),SZ(1250,14)
114 DIMENSION AREA(150)
115 GOTO 7
116 8830 WRITE(*,*) 'ERROR: NO EXISTE O ESTA MAL DECLARADO'
117 +' EL ARCHIVO DE DATOS DE LAS DOVELAS'
118 1 WRITE(*,8025)
119 8025 FORMAT(/10X,' NOMBRE ARCHIVO DE DOVELAS(no teclee el ".DOV")')
120 + 10X,' (e.j. B:XYZ) -> \)
121 READ(*,8800,ERR=8830)F2
122 8800 FORMAT(A8)
123 AD=' .DOV'
124 WRITE(AD(1:8),8800)F2
125 7 OPEN(2,FILE=AD,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=8830)
126 6 OPEN(3,FILE=INF,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=2)
127 5 OPEN(4,FILE=ATPC,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=3)
128 GOTO 4
129 2 WRITE(*,*) 'ADVERTENCIA: EL ARCHIVO DE INFLUENCIAS YA EXISTE'
130 WRITE(*,402)
131 402 FORMAT(14X,' DESEA SOBRESCRIBIRLO? [S]=SI ',)
132 READ(*,43)SOBRE
133 43 FORMAT(A2)
134 IF(SOBRE.EQ.'s'.OR.SOBRE.EQ.'S')THEN

```

PRISRET

```

135 OPEN(3,FILE=INF,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=1)
137 GOTO 5
140 8026 FORMAT(/10X,' SALVAR INFLUENCIAS COMO(no teclee el ".INF"/)
141 + 10X,' (e.j. B:XYZ) --> \)
144 WRITE(INF(1:8),8800)F2
146 ENDIF
147 3 WRITE(*,*)' ADVERTENCIA: EL ARCHIVO AREAS Y CENTR. YA EXISTE'
149 READ(*,4)SOBRE
151 OPEN(4,FILE=ATPC,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=1)
153 ELSE
155 8029 FORMAT(/10X,' SALVAR AREA-CENT. COMO(no teclee el ".ATP"/)
156 + 10X,' (e.j. B:XYZ) --> \)
158 ATPC=' .ATP'
161 ENDIF
165 READ(2,1040,ERR=9999,END=9999)TITLE
167 1040 FORMAT (A72)
169 READ (2,*)NNOD,NDOV
171 2019 FORMAT(/' NUMERO DE DOVELAS: ',I4, ' NUMERO DE NODOS : ',I4/)
173 WRITE(3,2018)NDOV
175 DO 1020 I=1,NNOD
177 2032 FORMAT(2F10.6)
179 10 READ(2,*)NVERT(I),(NODO(I,J),J=1,NVERT(I))
181 DO 1024 I=1,NDOV
183 XI(I,J)=XN(NODO(I,J))
186 DO 20 I=1,NDOV
188 WRITE(*,2026)I,NVERT(I),(XI(I,J),YI(I,J),J=1,NVERT(I))
189 2026 FORMAT(' DOV.: ',I3, ' NUM.VERTS: ',I3, ' VERTS.: ',32F10.2)
191 YMO=0.0
194 DO 1052 IA=2,NVERT(I)
196 1052 YJP(IA)=YI(I,IA)-YI(I,1)
198 ATR=(XJP(IA)*YJP(IA+1)-XJP(IA+1)*YJP(IA))/2
200 YAM=(YI(I,IA)+YI(I,IA+1))/2
202 YAR=(YI(I,1)+2*YAM)/3
204 YMO=YAR*ATR+YMO
206 XP(I)=XMO/AREA(I)
208 1926 WRITE(*,2926)AREA(I),XP(I),YP(I)
209 2926 FORMAT(' AREA: ',F10.4, ' CENTROIDE: ',2F10.4)
211 WRITE(4,3035)
213 WRITE(4,*)(AREA(I),I=1,NDOV)
215 3036 FORMAT('CENTROIDES')
217 CLOSE (4)
220 24 FORMAT(/' NUMERO DE ESTRATOS: ',I4)
222 V2=2.0
225 IF(CHI.EQ.V1.OR.CHI.EQ.V2.OR.CHI.EQ.V3.OR.CHI.EQ.V4)GOTO 30
227 1000 FORMAT(/' ADVERTENCIA:',
228 +' FACTOR DE DISTRIBUCION DE ESFUERZOS MAL DECLARADO',)
229 WRITE(*,*)' SE TOMARA EL:'
232 26 FORMAT(' FACTOR DE DISTRIBUCION DE ESFUERZOS (X): ',F4.1)
233 IF(CHI.EQ.V1)WRITE(*,426)
234 426 FORMAT(' (Weestergard)/)
236 526 FORMAT(' (Fr"lich (X=2))/'
238 626 FORMAT(' (Boussinesq)/)
240 726 FORMAT(' (Fr"lich (X=4))/'
243 101 FORMAT(15,F10.1)
245 IF(CHI.GT.1.5)GOTO 103
247 2020 FORMAT(5X,10F10.3)
249 AKP(NN)=SQRT((1-2*RNU(NN))/(2*(1-RNU(NN))))
251 C 103 CLOSE(2)
254 DO 44 IP=1,NDOV
256 2024 FORMAT(' CALCULANDO LAS INFLUENCIAS DE LA DOVELA: ',I3)
258 DO 12 K=1,NDOV
259 CALL ESFUMAS(IP,K,Q,NV,0,XI,YI,XP,YP,ZP,CHI,SZ,RHO,AKP,NE)
261 WRITE (3,2022)IP
263 WRITE(3,2030)(NODO(IP,I),I=1,NVERT(IP))
264 2030 FORMAT(1X,' VERTICES NUMEROS',16I5)
266 WRITE(3,2040)(I,I=1,NE-1)
268 90 WRITE(3,2042)(SZ(K,I),I=1,NE)
270 44 CONTINUE
273 END
275 SUBROUTINE ESFUMAS(N,K,Q,NV,NA,XI,YI,XP,YP,ZP,CHI,SZ,RHO,AKP,NE)
276 DIMENSION XI(150,16),YI(150,16),XP(150),YP(150)
277 DIMENSION XJP(17),YJP(17)
136 WRITE(*,*)
139 WRITE(*,8026)
142 READ(*,8800,ERR=1)F2
143 INF=' .ALF'
145 GOTO 6
148 WRITE(*,402)
150 IF(SOBRE.EQ.'S'.OR.SOBRE.EQ.'s')THEN
152 GOTO 4
154 WRITE(*,8029)
157 READ(*,8800,ERR=1)F2
159 WRITE(ATPC(1:8),8800)F2
160 GOTO 5
162 4 REWIND (2)
163 REWIND (3)
164 REWIND (4)
166 WRITE(3,2000)TITLE
168 2000 FORMAT (A72)
170 WRITE(*,2019)NDOV,NNOD
172 PAUSE
174 2018 FORMAT(2I5)
176 1020 READ(2,*)XN(I),YN(I)
178 DO 10 I=1,NDOV
180 2028 FORMAT(16I5)
182 DO 1028 J=1,NVERT(I)
184 1028 YI(I,J)=YN(NODO(I,J))
185 1024 CONTINUE
187 AREA(I)=0.0
190 XMO=0.0
192 ATR=0.0
193 WRITE(*,*)NVERT(I)
195 XJP(IA)=XI(I,IA)-XI(I,1)
197 DO 1054 IA=2,NVERT(I)-1
199 XAM=(XI(I,IA)+XI(I,IA+1))/2
201 XAR=(XI(I,1)+2*XAM)/3
203 XMO=XAR*ATR+XMO
205 1054 AREA(I)=AREA(I)+ATR
207 YP(I)=YMO/AREA(I)
210 20 CONTINUE
212 3035 FORMAT('AREAS DE LAS DOVELAS')
214 WRITE(4,3036)
216 WRITE(4,*)(XP(I),YP(I),I=1,NDOV)
219 WRITE(*,24)NE
221 V1=1.5
224 V4=4.0
226 WRITE(*,1000)
230 CHI=2.0
231 30 WRITE(*,26)CHI
235 IF(CHI.EQ.V2)WRITE(*,526)
237 IF(CHI.EQ.V3)WRITE(*,626)
239 IF(CHI.EQ.V4)WRITE(*,726)
241 PAUSE
242 WRITE(3,101)NE
244 READ(2,*)(ZP(I),I=1,NE)
246 READ(2,*)(RNU(NN),NN=1,NE)
248 DO 34 NN=1,NE
250 34 CONTINUE
252 103 NC=NDOV
253 Q=1.0
255 WRITE(*,2024)IP
257 NV=NVERT(IP)
260 12 CONTINUE
262 2022 FORMAT (1X,' INFLUENCIAS DE LA DOVELA:',I5)
265 2040 FORMAT(14(9X,'EST.',I2))
267 DO 90 K=1,NDOV
269 2042 FORMAT(17E15.9)
272 9999 RETURN

```

PRISRET

```

279 DIMENSION ZP(14),SZ(1250,14),SZP(14)
281 DO 42 I=1,NV
284 IF(I.EQ.NV)XJP(I+1)=XJP(1)
286 RHO(I)=SQRT(XJP(I)**2+YJP(I)**2)
288 42 CONTINUE
291 44 CONTINUE
293 F=XJP(I)*YJP(I+1)-XJP(I+1)*YJP(I)
295 IF(F.LT.0)S=-1
298 IF(C.EQ.0)ALFA=3.1415927/2
300 IF(C.LT.0)ALFA=3.1415927+ATAN(ABS(F)/C)
301 ELE=SQRT((XJP(I+1)-XJP(I))**2+(YJP(I+1)-YJP(I))**2)
302 H=RHO(I)*RHO(I+1)*SIN(ALFA)/ELE
304 RM1=RHO(I+1)
308 RM2=RHO(I+1)
311 IF(D.GT.0)SP=1
314 IF(H.GT.0.AND.RM1.GT.0)Q1=RM1/H
316 IF(Q1.LT.1.0)Q1=1.0000000001
318 IF(H.GT.0)Q2=RM2/H
321 IF(H.GT.0)A=ZP(J)/H
324 R2=RM2/ZP(J)
327 IF(CHI.EQ.4.0)GOTO 56
329 B2=SQRT((Q2**2-1)/(R2**2+1))
330 SZP(J)=S*(ALFA-SP*ATAN(B1)-ATAN(B2)+(SP*B1+B2)/(A**2+1))
331 SZ(K+NA,J)=SZP(J)+AUX(J)
334 52 W1=AKP(J)*SQRT((Q1**2-1)/(R1**2+AKP(J)**2))
335 W2=AKP(J)*SQRT((Q2**2-1)/(R2**2+AKP(J)**2))
336 SZP(J)=S*(ALFA-SP*ATAN(W1)-ATAN(W2))
338 AUX(J)=SZ(K+NA,J)
340 54 E1=SQRT(Q1**2-1)/SQRT(A**2+1)
342 SZP(J)=S/SQRT(A**2+1)*(SP*ATAN(E1)+ATAN(E2))
343 SZ(K+NA,J)=SZP(J)+AUX(J)
346 56 CTE=(3*A**2+2)/SQRT(A**2+1)
347 G1=CTE*ATAN(SQRT((Q1**2-1)/(A**2+1)))+SQRT(Q1**2-1)/(R1**2+1)
348 G2=CTE*ATAN(SQRT((Q2**2-1)/(A**2+1)))+SQRT(Q2**2-1)/(R2**2+1)
349 SZP(J)=S/(A**2+1)*(SP*G1+G2)/2
351 AUX(J)=SZ(K+NA,J)
354 DO 58 I=1,NE
356 IF(SZ(K+NA,I).LE.0.0.AND.SZ(K+NA,I).GE.-0.0001)THEN
358 ELSE
361 +' ADVERTENCIA ESF. NEGATIVOS "REVISE ARCHIVO DE ESFS. O INF."'
362 IF(SZ(K+NA,I).LT.-0.0001)PAUSE
365 END
368 CHARACTER AA*14,AI*14,TITLE*72
370 DIMENSION SZT(14)
372 DIMENSION ALF(2100),NALF(150,14)
373 DIMENSION ALFE(150,14),NGALF(150,14),NUDG(150)
375 8830 WRITE(*,*)'ERROR: NO EXISTE O ESTA MAL DECLARADO
376 + EL ARCHIVO DE DATOS DE COMPRESIBILIDADES'
378 8025 FORMAT(/10X,' NOMBRE DEL ARCHIVO DE ALFAS(no teclee el ".ALF")/'
379 + 10X,' (e.j. B:XYZ) -> \)
381 8800 FORMAT(A8)
383 WRITE(AA(1:8),8800)F2
384 2 OPEN(2,FILE=AA,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=8830)
385 5 OPEN(3,FILE=AI,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=1)
387 1 WRITE(*,4)
389 WRITE(*,*)' EL ARCHIVO DE DATOS DE INFLUENCIAS'
391 8045 FORMAT(/10X,' NOMBRE DEL ARCHIVO DE INFLS(no teclee el ".INF")/'
392 + 10X,' (e.j. B:XYZ) -> \)
395 WRITE(AA(1:8),8800)F2
398 READ(3,2000)TITLE
401 CLOSE(3)
403 DO 1021 IALFA=1,NGRUP
405 DO 1032 IALFE=1,NE
407 1032 CONTINUE
409 IF(KALFA.EQ.NUDG(IALFA)-NUDG(IALFA-1))GOTO 1025
411 NALF(NUDG(IALFA)-KALFA,KALFE)=NGALF(IALFA,KALFE)
413 1025 CONTINUE
416 DO 1030 IPALFA=1,NDOV
418 1023 FORMAT(15I5)
420 IF(IPALFA.EQ.20*CONTR)CONTR=CONTR+1
422 PAUSE
424 IF(NETPS.EQ.1)WRITE(*,127)
280 DIMENSION AUX(150)
283 YJP(I)=YI(N,I)-YP(K)
285 IF(I.EQ.NV)YJP(I+1)=YJP(1)
287 IF(I.EQ.NV)RHO(I+1)=RHO(1)
290 AUX(J)=0.0
294 IF(F.EQ.0)S=0
297 C=XJP(I)*XJP(I+1)+YJP(I)*YJP(I+1)
299 IF(C.GT.0)ALFA=ATAN(ABS(F)/C)
303 IF(RHO(I).LE.RHO(I+1))GOTO 66
306 GOTO 48
307 66 RM1=RHO(I)
310 IF(D.EQ.0)SP=0
313 IF(H.EQ.RM1)Q1=1
315 IF(H.EQ.0.AND.RM1.GT.0)Q1=99999
317 IF(H.EQ.0)Q2=99999
319 IF(Q2.LT.1.0)Q2=1.0000000001
322 IF(H.EQ.0)A=99999
325 IF(CHI.EQ.1.5)GOTO 52
328 B1=SQRT((Q1**2-1)/(R1**2+1))
332 AUX(J)=SZ(K+NA,J)
333 GOTO 50
337 SZ(K+NA,J)=SZP(J)+AUX(J)
341 E2=SQRT(Q2**2-1)/SQRT(A**2+1)
344 AUX(J)=SZ(K+NA,J)
345 GOTO 50
350 SZ(K+NA,J)=SZP(J)+AUX(J)
353 46 CONTINUE
355 SZ(K+NA,I)=SZ(K+NA,I)/6.2831853*Q
357 SZ(K+NA,I)=0.0
360 IF(SZ(K+NA,I).LT.-0.0001)WRITE(*,*)
363 58 CONTINUE
364 RETURN
367 SUBROUTINE GENFLEXS(AI,AA,F2)
369 CHARACTER F2*8,AREL*14,SOBRE*2
371 DIMENSION DT(150,151)
374 GOTO 2
377 WRITE(*,8025)
380 READ(*,8800,ERR=8830)F2
382 AA=' .ALF'
386 GOTO 3
390 WRITE(*,8045)
393 READ(*,8800,ERR=8830)F2
394 AI=' .INF'
396 GOTO 5
397 3 REWIND(3)
399 READ(3,2018)NDOV
400 READ(3,101)NE
402 READ(2,*)NGRUP,NALFAS,NETPS
404 READ(2,*)NUDG(IALFA),(NGALF(IALFA,I),I=1,NE)
406 NALF(NUDG(IALFA),IALFE)=NGALF(IALFA,IALFE)
408 DO 1025 KALFA=1,NUDG(IALFA)-NUDG(IALFA-1)
410 DO 1026 KALFE=1,NE
412 1026 CONTINUE
414 1021 CONTINUE
417 WRITE(*,1023)IPALFA,(NALF(IPALFA,IEST),IEST=1,NE)
419 IF(IPALFA.EQ.20*CONTR)PAUSE
421 1030 CONTINUE

```

PRISRET

```

425 126 FORMAT(' LAS MATRICES DE FLEXIBILIDADES DEL SUELO SE SALVARAN EN
426 +LOS SIGUIENTES ARCHIVOS: ')
427 127 FORMAT('////////// LA MATRIZ DE FLEXIBILIDAD DEL SUELO SE SALVARA
428 + EN EL SIGUIENTE ARCHIVO: ')
430 IF(IETA.EQ.6) AREL=' .FS1'
432 IF(IETA.EQ.8) AREL=' .FS3'
434 IF(IETA.EQ.10)AREL=' .FS5'
436 IF(IETA.EQ.12)AREL=' .FS7'
438 IF(IETA.EQ.14)AREL=' .FS9'
440 WRITE(AREL(1:8),8860)F2
442 8860 FORMAT(A8)
443 8 OPEN(IETA,FILE=AREL,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=6)
445 6 WRITE(*,25)
446 25 FORMAT(' ADVERTENCIA: EL ARCHIVO DE FLEXIBILIDADES DEL SUELO YA
447 +EXISTE')
449 35 FORMAT(13X,' DESEA SOBRESCRIBIRLO? [S]=SI ',)
451 15 FORMAT(A2)
453 OPEN(IETA,FILE=AREL,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=8830)
455 ELSE
457 8055 FORMAT(/10X,' NOMBRE DEL ARCHIVO DE FLEXS(no teclee el ".FS1")'
458 + 10X,' (e.j. B:XYZ) -> ')
460 AREL=' .FS1'
463 ENDIF
466 DO 1012 IETP=6,NETPS+5
467 WRITE(*,226)IETP-5
469 AI=' .INF'
471 OPEN(3,FILE=AI,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
473 READ(2,*)(ALF(I),I=1,NALFAS)
475 326 FORMAT(8F10.6)
476 PAUSE
478 2000 FORMAT (1X,A72)
480 READ(3,2018)NDOV
482 WRITE(IETP,2018)NDOV
485 CONTR=1
487 DO 1022 JALFA=1,NE
489 IF(NALF(I,JALFA).EQ.III)ALFE(I,JALFA)=ALF(III)
491 WRITE(*,1033)I,JALFA,ALFE(I,JALFA)
492 1033 FORMAT(' DOVELA: ',I5,' ESTRATO: ',I5,' ALFA= ',F10.6)
494 IF(I.GT.20*CONTR/NE)PAUSE
496 READ(3,3020)
499 READ(3,2042)(SZT(IE),IE=1,NE)
502 DO 3040 IM=1,NE
504 AUXIL=DT(I,K)
507 3000 CONTINUE
509 3050 WRITE(IETP,2042)(DT(K,I),K=1,NDOV)
512 1012 CONTINUE
515 WRITE(*,9990)
517 9999 RETURN
521 CHARACTER AQ*14,AI*14,TITLE*72
523 DIMENSION SZT(14)
525 WRITE(*,7074)
526 7074 FORMAT(' NOMBRE DEL GRUPO DE ARCHIVOS. SIN TECLEAR SU EXTENSION',/
527 +' [EJ. XXX <U>: ')
530 WRITE(AQ(1:8),8800)F2
533 GOTO 2
534 8830 WRITE(*,*)'ERROR: NO EXISTE O ESTA MAL DECLARADO EL ARCHIVO DE DAT
535 +OS DE CARGAS'
536 WRITE(*,8025)
537 8025 FORMAT(/10X,' NOMBRE DEL ARCHIVO DE CARGAS(no teclee el ".CGS")'
538 + 10X,' (e.j. B:XYZ) -> ')
540 8800 FORMAT(A8)
542 WRITE(AQ(1:8),8800)F3
543 2 OPEN(2,FILE=AQ,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=8830)
544 5 OPEN(3,FILE=AI,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=1)
546 1 WRITE(*,4)
548 WRITE(*,*)' EL ARCHIVO DE DATOS DE INFLUENCIAS'
550 8045 FORMAT(/10X,' NOMBRE DEL ARCHIVO DE INFLS(no teclee el ".INF")'
551 + 10X,' (e.j. B:XYZ) -> ')
554 WRITE(AI(1:8),8800)F3
557 READ(3,2000)TITLE
560 CLOSE(3)
563 1021 CONTINUE
429 DO 8810 IETA=6,NETPS+5
431 IF(IETA.EQ.7) AREL=' .FS2'
433 IF(IETA.EQ.9) AREL=' .FS4'
435 IF(IETA.EQ.11)AREL=' .FS6'
437 IF(IETA.EQ.13)AREL=' .FS8'
439 IF(IETA.EQ.15)AREL=' .FSX'
441 WRITE(*,*)',AREL
444 GOTO 7
448 WRITE(*,35)
450 READ(*,15)SOBRE
452 IF(SOBRE.EQ.'S'.OR.SOBRE.EQ.'s')THEN
454 GOTO 7
456 WRITE(*,8055)
459 READ(*,8800,ERR=8830)F2
461 WRITE(AREL(1:8),8800)F2
462 GOTO 8
465 8810 CONTINUE
468 226 FORMAT(' ETAPA: ',I3,' COMPRESIBILIDADES: ')
470 WRITE(AI(1:8),8860)F2
472 REWIND(3)
474 WRITE(*,326)(ALF(I),I=1,NALFAS)
477 READ(3,2000)TITLE
479 WRITE(IETP,2000)TITLE
481 2018 FORMAT(2I5)
483 READ(3,101)NE
484 101 FORMAT(I5,F10.1)
486 DO 3000 I=1,NDOV
488 DO 1053 III=1,125
490 1053 CONTINUE
493 1022 CONTINUE
495 IF(I.GT.20*CONTR/NE)CONTR=CONTR+1
498 DO 3030 K=1,NDOV
500 2042 FORMAT(17E15.9)
501 AUXIL=0.0
503 DT(I,K)=SZT(IM)*ALFE(I,IM)+AUXIL
506 3030 CONTINUE
508 DO 3050 I=1,NDOV
510 CLOSE(3)
511 CLOSE(IETP)
513 CLOSE(2)
514 PAUSE
516 9990 FORMAT(' ** TERMINO LA GENERACION DE FLEXIBILIDADES **')
519 520 SUBROUTINE INESV
522 CHARACTER F2*8,AREL*14,SOBRE*2
524 DIMENSION AUX(150),AUX2(150,150),DT(150,150)
529 AQ=' .CGS'
532 WRITE(AI(1:8),8800)F2
552 READ(*,8800,ERR=8830)F3
553 AI=' .INF'
556 3 REWIND(3)
558 READ(3,2018)NDOV
559 READ(3,101)NE
561 DO 1021 IQ=1,NDOV
564 WRITE(*,127)

```

PRISRET

```

565 127 FORMAT(//////) LA MATRIZ DE INCREMENTOS DE ESFUERZO SE SALVAR
566 +A EN EL SIGUIENTE ARCHIVO: 'J)          567 AREL=' .INC'
568 WRITE(AREL(1:8),8860)F2          569 WRITE(*,*)AREL
570 8860 FORMAT(A8)
571 8 OPEN(15,FILE=AREL,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=6)          572 GOTO 7
573 6 WRITE(*,25)
574 25 FORMAT(/' ADVERTENCIA: EL ARCHIVO DE INCREMENTOS DE ESFUERZO YA EX
575 +ISTE')          576 WRITE(*,35)
577 35 FORMAT(13X,' DESEA SOBRESCRIBIRLO? [S]=SI ',I)          578 READ(*,15)SOBRE
579 15 FORMAT(A2)          580 IF(SOBRE.EQ.'S'.OR.SOBRE.EQ.'s')THEN
581 OPEN(15,FILE=AREL,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=8830)          582 GOTO 7
583 ELSE          584 WRITE(*,8055)
585 8055 FORMAT(/10X,' NOMBRE DEL ARCHIVO DE INCRE(no teclee el ".FS1")'/
586 + 10X,' (e.j. B:XYZ) -> \)          587 READ(*,8800,ERR=8830)F2
588 AREL=' .INC'          589 WRITE(AREL(1:8),8800)F2          590 GOTO 8
591 ENDIF          592 7 REWIND(15)          593 AI=' .INF'
594 WRITE(AI(1:8),8860)F2
595 OPEN(3,FILE=AI,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')          596 REWIND(3)
597 READ(3,2000)TITLE          598 2000 FORMAT (1X,A72)
599 WRITE(15,2000)TITLE          600 READ(3,2018)NDOV
601 2018 FORMAT(2I5)          602 WRITE(15,2018)NDOV          603 READ(3,101)NE
604 101 FORMAT(15,F10.1)          605 CONTR=1          606 DO 3000 I=1,NDOV
607 READ(3,3020)          608 3020 FORMAT(/)          609 DO 3030 K=1,NDOV
610 READ(3,2042)(SZT(IE),IE=1,NE)          611 2042 FORMAT(17E15.9)
612 DO 3040 IM=1,NE          613 DT(K,IM)=SZT(IM)*AUX(I)+AUX2(K,IM)
614 3040 CONTINUE          615 3030 CONTINUE
616 DO 7070 K=1,NDOV          617 DO 7072 IM=1,NE
618 7072 AUX2(K,IM)=DT(K,IM)          619 7070 CONTINUE
620 3000 CONTINUE          621 DQ 3050 K=1,NDOV
622 3050 WRITE(15,2042)(DT(K,IM),IM=1,NE)          623 CLOSE(2)          624 CLOSE(3)
625 CLOSE(15)          626 WRITE(*,9990)
627 9990 FORMAT(//////) ** TERMINO EL CALCULO DE INCREMENTOS DE ESFUERZO **
628 +)          629 9999 RETURN          630 END          631
632 SUBROUTINE EDITAR          633 CHARACTER TITLE*72,AD*14,F2*8
634 CHARACTER RESP*2,R1*2,R2*2          635 DIMENSION NODO(249,16)
636 DIMENSION XN(1000),YN(1000),XI(249,16),YI(249,16)
637 DIMENSION XJP(17),YJP(17),XP(249),YP(249)
638 DIMENSION RHO(14),AKP(14),RNU(14)          639 DIMENSION NVERT(249)
640 DIMENSION ZP(14)          641 GOTO 1
642 8830 WRITE(*,*) ERROR: NO EXISTE O ESTA MAL DECLARADO
643 + EL ARCHIVO DE DATOS DE LAS DOVELAS'          644 1 WRITE(*,8025)
645 8025 FORMAT(/10X,' NOMBRE ARCHIVO DE DOVELAS(no teclee el ".DOV")'/
646 + 10X,' (e.j. B:XYZ) -> \)          647 READ(*,8800,ERR=8830)F2
648 8800 FORMAT(A8)          649 AD=' .DOV'          650 WRITE(AD(1:8),8800)F2
651 OPEN(2,FILE=AD,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=8830)          652 REWIND (2)
653 READ(2,1040,ERR=9998,END=9998)TITLE          654 WRITE(*,1040)TITLE
655 1040 FORMAT (A72)          656 READ (2,*)NDOV,NNOD
657 WRITE(*,2019)NDOV,NNOD
658 2019 FORMAT(/' NUMERO DE DOVELAS: ',I4,' NUMERO DE NODOS : ',I4)          659 PAUSE
660 DO 1020 I=1,NNOD          661 1020 READ(2,*)XN(I),YN(I)
662 DO 10 I=1,NDOV          663 10 READ(2,*)NVERT(I),(NODO(I,J),J=1,NVERT(I))
664 READ(2,*)NE,CHI          665 WRITE(*,24)NE
666 24 FORMAT(/'          NUMERO DE ESTRATOS: ',I4)          667 V1=1.5
668 V2=2.0          669 V3=3.0          670 V4=4.0
671 IF(CHI.EQ.V1.OR.CHI.EQ.V2.OR.CHI.EQ.V3.OR.CHI.EQ.V4)GOTO 30          672 WRITE(*,1000)
673 1000 FORMAT(/' ADVERTENCIA:',
674 +' FACTOR DE DISTRIBUCION DE ESFUERZOS MAL DECLARADO',/
675 WRITE(*,*) SE TOMARA EL:'          676 CHI=2.0          677 30 WRITE(*,26)CHI
678 26 FORMAT(' FACTOR DE DISTRIBUCION DE ESFUERZOS (X): ',F4.1)
679 IF(CHI.EQ.V1)WRITE(*,426)          680 426 FORMAT(' (Weestergard)'/
681 IF(CHI.EQ.V2)WRITE(*,526)          682 526 FORMAT(' (Fr"lich (X=2))'/
683 IF(CHI.EQ.V3)WRITE(*,626)          684 626 FORMAT(' (Boussinesq)'/
685 IF(CHI.EQ.V4)WRITE(*,726)          686 726 FORMAT(' (Fr"lich (X=4))'/
687 PAUSE          688 READ(2,*)(ZP(I),I=1,NE)
689 IF(CHI.GT.1.5)GOTO 103          689 READ(2,*)(RNU(NN),NN=1,NE)          691 103 CLOSE (2)
692 2038 WRITE(*,*) ' AUMENTAR OTRO NODO; S=SI N=NO? : '          693 READ(*,2032)RESP
694 2032 FORMAT(A2)          695 IF(RESP.EQ.'S'.OR.RESP.EQ.'s')GOTO 2034          697 GOTO 2038
696 IF(RESP.EQ.'N'.OR.RESP.EQ.'n')GOTO 2044
698 2034 WRITE(*,*)'COORDENADA "X" Y COORDENADA "Y", SEPARADOS POR COMAS'
699 READ(*,*)XN(NNOD+1),YN(NNOD+1)          700 NNOD=NNOD+1          701 R1=RESP
702 GOTO 2038          703 2044 WRITE(*,*) ' AUMENTAR OTRA DOVELA; S=SI N=NO? : '
704 READ(*,2032)RESP          705 IF(RESP.EQ.'S'.OR.RESP.EQ.'s')GOTO 2040

```

PRISRET

```

706 IF(Resp.EQ.'N'.OR.Resp.EQ.'n')GOTO 2042
708 2040 WRITE(*,*)NUMERO DE VERTICES'
710 WRITE(*,*)'INCIDENCIAS SEPARADAS POR COMAS'
711 READ(*,*)(NODO(NDOV+1,J),J=1,NVERT(NDOV+1))
713 R2=RESP
715 2042 IF(R1.EQ.'S'.OR.R1.EQ.'s'.OR.R2.EQ.'S'.OR.R2.EQ.'s')GOTO 2046
716 GOTO 9998
718 REWIND(2)
721 DO 202 I=1,NNOD
723 DO 222 I=1,NDOV
725 2028 FORMAT(16I5)
727 WRITE(2,*)(ZP(I),I=1,NE)
729 WRITE(2,*)(RNU(NN),NN=1,NE)
732 END
733 SUBROUTINE RETPLA(RIGRES,FUERES,ITER,DRE,F2)
734 COMMON /C1/UU(5,200),CCOS(200),SSEN(200),AK(3,3),AKK(300,120),
735 1 NAN,NRK
736 EQUIVALENCE (AKK,AA),(FA(1),FAB(1)),(FB(1),FAB(3001)),
737 1 (FEF(1),YY(1)),(FEF(1),DESP(1))
738 DIMENSION INC(200,2),ALON(200),AJM(200),AIY(200),
739 + AZ(200),AA(300,120),YY(900,5),X(300),Y(300)
740 DIMENSION EE(200),ANU(200),CC(200),NUR(100),LRES(3,100),
741 1 DD(2,3),FNUD(3,130,5),IJ(2),FAB(3,200,5,2),
742 2 FEF(3,300,5),FA(3,200,5),FB(3,200,5),DESP(3,300,5),
743 3 NUOCR(120),RIGRES(120),FUERES(120,5)
744 CHARACTER *60 TIT,TITCA(5)
746 XSI(XSY,C)=XSY*XSY*(6.+12.*C-8.*XSY*(1.+C)+3.*XSY*XSY)
748 IF(ITER.EQ.1)WRITE(*,1000)
751 29 FORMAT(/' ERROR: NO EXISTE O ESTA MAL DECLARADO ',
752 +' EL ARCHIVO DE DATOS DE LA RETICULA')
754 8031 FORMAT(/10X,' NOMBRE ARCHIVO RETICULA (no teclee el ".RET"/'
755 + 10X,' (e.j. XYZ) -> ')
757 8833 FORMAT(A14)
760 WRITE(DRE(1:8),8800)F2
762 10 OPEN(7,FILE=DRE,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=5)
763 READ(7,2000)TIT
765 READ(7,*) NN,NAP,NBA,NCC,NNR
766 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1002) NN,NAP,NBA,NCC,NNR
768 DO 888 I=1,NNTOT
770 IF(ITER.EQ.1)THEN
772 WRITE(5,*) ' NUDO COOR(X) COOR(Y)'
774 880 WRITE(5,*)I,X(I),Y(I)
777 DO 20 I = 1,NBA
779 1 AZ(I),EE(I),ANU(I)
782 J=INC(I,1)
786 ALON(I)=SQRT(DX*DX+DY*DY)
788 890 SSEN(I)=DY*ALON(I)
791 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1004) I,INC(I,1),INC(I,2),ALON(I)
793 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1033)
795 CC(I) = 6 * (1.0 + ANU(I)) * AIY(I) / (AZ(I) * ALON(I)**2)
796 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1044)I,AJM(I),AIY(I),AZ(I),
798 31 CONTINUE
801 C = CC(I)
804 UU(1,I) = G * AJM(I) / ALL
806 UU(3,I) = 6.0 * EIL / ALL
808 UU(4,I) = 4.0 * EIL * (1.0 + C)
810 40 CONTINUE
813 I1 = INC(I,1)
816 NAN = MAX0(NAN,ABS(I1 - I2))
818 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1005) NAN
820 NRK = 3 * NN
822 52 FORMAT(' REGLONES DE LA MATRIZ [K]:',I5/
823 + ' COLUMNAS DE LA MATRIZ [K]:',I5)
825 DO 60 I = 1,NRK
828 DO 100 I=1,NBA
831 IF (I1.GT.NN) THEN
833 ELSE
836 IF(I2.GT.I1) CALL OBTK(3,I1,I2)
838 CALL OBTK(2,I1,I2)
841 100 CONTINUE
844 DO 7000 J=1,3
846 CALL P(NNR,LRES,ITER)
707 GOTO 2042
709 READ(*,*)NVERT(NDOV+1)
712 NDOV=NDOV+1
714 GOTO 2044
717 2046 OPEN(2,FILE=AD,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
719 WRITE(2,1040)TITLE
722 202 WRITE(2,*)XN(I),YN(I)
724 222 WRITE(2,*)NVERT(I),(NODO(I,J),J=1,NVERT(I))
726 WRITE(2,*)NE,CHI
728 IF(CHI.GT.1.5)GOTO 1030
730 1030 CLOSE(2)
731 9998 RETURN
745 CHARACTER DRE='14,F2*8
747 C*
749 GOTO 4
750 5 WRITE(*,29)
753 8032 WRITE(*,8031)
756 READ(*,8833,ERR=8032)AREL
758 GOTO 10
759 4 DRE=' .RET'
761 8800 FORMAT(A8)
764 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1001)TIT
767 NNTOT=NN+NAP
769 888 READ(7,*)NK,X(NK),Y(NK)
771 WRITE(5,*) ' COORDENADAS DE LOS NUDOS'
773 DO 880 I=1,NNTOT
776 ENDIF
778 READ(7,*) INC(I,1),INC(I,2),AJM(I),AIY(I),
780 20 CONTINUE
781 DO 890 I=1,NBA
784 DX=X(K)-X(J)
785 DY=Y(K)-Y(J)
787 CCOS(I)=DX/ALON(I)
789 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1003)
790 DO 30 I = 1,NBA
792 30 CONTINUE
797 +EE(I),ANU(I),CC(I)
800 E = EE(I)
803 ALL = ALON(I)
805 EIL = E * AIY(I) / (ALL * (1.0 + 4.0 * C))
807 UU(2,I) = 2.0 * UU(3,I) / ALL
809 UU(5,I) = 2.0 * EIL * (1.0 - 2.0 * C)
811 NAN = 0
812 DO 50 I = 1,NBA
815 IF(I1.GT.NN.OR.I2.GT.NN) GO TO 50
817 50 CONTINUE
819 NAN = 3 * (NAN+1)
821 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,52)NRK,NAN
824 DO 60 J = 1,NAN
826 AKK(I,J) = 0.0
827 60 CONTINUE
829 I1 = INC(I,1)
830 I2 = INC(I,2)
832 IF (I2.LE.NN) CALL OBTK(2,I1,I2)
835 IF (I2.LE.NN) THEN
837 IF(I1.GT.I2) CALL OBTK(4,I1,I2)
839 ENDIF
840 ENDIF
842 CALL P(NNR,LRES,ITER)
843 DO 7000 I=1,NNR
845 7000 LRES(J,I)=0.
847 IF (NNR.EQ.0) GO TO 121

```

PRISRET

```

848 DO 110 I = 1,NNR
850 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,9000) NUR(I),(LRES(J,I),J = 1,3)
851 9000 FORMAT(5x,4(i4,4x))
853 CALL P(NNR,LRES,ITER)
856 K1 = (L - 1) * 3
859 K2 = K1 + J
862 AKK(K2,K) = 0.0
864 IF (K3.GE.1) AKK(K3,K) = 0.0
867 115 CONTINUE
870 DO 200 K = 1,NCC
873 FEF(I,J,K) = 0.0
875 DO 250 KON = 1,NCC
877 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,4000) TIT,TITCA(KON)
879 IF(ITER.EQ.1)THEN
881 PAUSE
884 IF (NNUC.LE.0) GO TO 211
886 DO 210 L = 1,NNUC
888 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,4020) K,(FEF(I,K,KON),I = 1,3)
890 211 DO 215 K = 1,NBA
893 FB(I,K,KON) = 0.0
895 READ(7,*) NBAC
897 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,4030)
899 READ(7,*) K,WZ,NCON,NWZP
901 XL = ALON(K)
904 D2CL = 2.0 * CCC * XL
906 D12LC = 12 * U4C
908 WZL = - WZ * ALON(K) * 0.5
910 FB(2,K,KON) = - WZ2
912 FB(3,K,KON) = WZL
914 DO 219 LL = 1,NCON
916 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,4070) A,ZMXP,ZMYP,FZ
918 FA(1,K,KON) = FA(1,K,KON) - B * ZMXP / XL
919 FB(1,K,KON) = FB(1,K,KON) - A * ZMXP / XL
921 S6ABL = 6 * A * B / XL
923 1 B * (2 * A - B - 2 * D2CL) * ZMYC
925 1 A * (2 * B - A - 2 * D2CL) * ZMYC
926 FA(3,K,KON) = FA(3,K,KON) - S6ABL * ZMYC
927 FB(3,K,KON) = FB(3,K,KON) + S6ABL * ZMYC
929 FA(2,K,KON) = FA(2,K,KON) +
931 FB(2,K,KON) = FB(2,K,KON) +
933 FA(3,K,KON) = FA(3,K,KON) -
935 1 / XL * FZC * B
937 1 (2.0 * D2CL * XL + A * (2.0 * B + XL))
938 1 / XL * FZC * A
940 221 IF (NWZP.LE.0) GO TO 224
942 READ(7,*) AW,DW,WZP
944 DL = DW / XL
946 WZL12C = WZP * XL * XL / D12LC
947 MYPA = WZL12C * (XS(DL,CCC) - XS(AL,CCC))
948 MYPB = WZL12C * (XS(1.0 - DL,CCC) -
949 1 XS(1.0 - AL,CCC))
951 1 WZP * XL * (DL * DL - AL * AL)
953 FB(2,K,KON) = FB(2,K,KON) + MYPB
954 FA(3,K,KON) = FA(3,K,KON) - WZP * (DW - AW) + RB
955 FB(3,K,KON) = FB(3,K,KON) - RB
957 224 CONTINUE
960 FNUD(I,J,KON) = FEF(I,J,KON)
962 DO 240 I = 1,NBA
965 DO 235 L = 1,2
968 CALL TRANSF(FAB(1,I,KON,L),FAB(2,I,KON,L),CCC,SSS,ZMX,
970 FEF(1,II,KON) = FEF(1,II,KON) - ZMX
972 FEF(3,II,KON) = FEF(3,II,KON) - FAB(3,I,KON,L)
974 240 CONTINUE
976 DO 245 I = 1,NNR
979 IF (LRES(K,I).EQ.1) FEF(K,L,KON) = 0.0
981 250 CONTINUE
984 305 FORMAT(' NUMERO DE NUDOS CON RESORTE = ',15)
986 NUDCR(ICR)=ICR
987 320 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,*)NUDCR(ICR),RIGRES(ICR)
989 RETURN
992 SUBROUTINE P(NN,LRES,ITER)
994 DO 998 IP6 = 1,NN
849 READ(7,*) NUR(I),(LRES(J,I),J = 1,3)
852 110 CONTINUE
854 DO 120 I = 1,NNR
858 IF (LRES(J,I).NE.1) GO TO 115
861 DO 113 K = 2,NNAN
863 K3 = K3 - 1
865 113 CONTINUE
866 120 CONTINUE
871 DO 200 J = 1,NN
874 200 CONTINUE
876 READ(7,2000) TITCA(KON)
880 WRITE(*,*) ' NUMERO DE NUDOS CARGADOS = ',NNUC
882 ELSE
885 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,4010)
887 READ(7,*) K,(FEF(I,K,KON),I = 1,3)
891 DO 215 I = 1,3
894 215 CONTINUE
896 IF (NBAC.LE.0) GO TO 250
898 DO 224 L = 1,NBAC
900 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,4050) K,WZ
902 CCC = CC(K)
905 XL24C = XL * XL * U4C
907 WZ2 = WZ * ALON(K) * ALON(K) / 12
909 FA(2,K,KON) = WZ2
911 FA(3,K,KON) = WZL
913 IF (NCON.LE.0) GO TO 221
915 READ(7,*) A,ZMXP,ZMYP,FZ
917 B = XL - A
920 ZMYC = ZMYP / XL24C
922 FA(2,K,KON) = FA(2,K,KON) +
924 FB(2,K,KON) = FB(2,K,KON) +
928 FZC = FZ / XL24C
930 1 A * (B + D2CL) * FZC * B
932 1 B * (A + D2CL) * FZC * A
934 1 (2.0 * D2CL * XL + B * (2.0 * A + XL))
936 FB(3,K,KON) = FB(3,K,KON) -
939 219 CONTINUE
941 DO 222 LL = 1,NWZP
943 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,4090) AW,DW,WZP
945 AL = AW / XL
950 RB = -(MYPB + MYPA) / XL +
952 FA(2,K,KON) = FA(2,K,KON) + MYPA
956 222 CONTINUE
958 DO 230 J = 1,NN
961 230 CONTINUE
963 CCC = CCOS(I)
966 II = INC(I,L)
971 FEF(2,II,KON) = FEF(2,II,KON) - ZMY
973 235 CONTINUE
975 IF (NNR.EQ.0) GO TO 250
977 L = NUR(I)
980 245 CONTINUE
983 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,305)NNCR
985 DO 320 ICR=1,NNCR
988 WRITE(5,400)
991
993 DIMENSION LRES(3,100)

```

PRISRET

```

995 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,9000) IP6,(LRES(JP6,IP6),JP6 = 1,3)
996 9000 FORMAT(5x,4(i4,4x))
999 END
1000
1002 COMMON /C1/UU(5,200),CCOS(200),SSEN(200),AK(3,3),AKK(300,120),
1004 K1 = 3 - 2 * ((IND + 1) / 2)
1006 K2 = (IND + 1) / 2 + 3
1008 K3 = 1 - 2 * MOD(IND,2)
1010 K4 = 1 - 2 * MOD(MOD(IND,3),2)
1012 CC = CCOS(I)
1014 C2 = CC * CC
1016 CS = CC * SS
1018 AK(1,2) = (AA - BB) * CS
1020 AK(2,1) = AK(1,2)
1022 AK(2,3) = DD * CC
1024 AK(3,2) = EE * CC
1026 CALL ENSAM(K,L)
1029
1031 COMMON /C1/UU(5,200),CCOS(200),SSEN(200),AK(3,3),AKK(300,120),
1033 K1 = 3 * I1 - 2
1037 K3 = K2 + J
1039 15 CONTINUE
1043 RETURN
1046 SUBROUTINE TRIAN(A,NN,NAN,ND1,IND,ITER)
1048 IND = 0
1051 IF (I.GT.NN - NAN + 1) N1 = NN - I + 1
1054 K1 = J + 1
1057 10 IF (K3.EQ.0.OR.K1.EQ.NAN + 1) GO TO 11
1058 SUMA = SUMA + A(K3,K1) * A(K3,K2)
1061 K3 = K3 - 1
1064 IF (J.NE.1) GO TO 12
1066 A(I,J) = SQRT(SUMA)
1068 12 A(I,J) = SUMA / A(I,1)
1071 91 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,1001) I,SUMA
1074 1001 FORMAT(/,10X,10(" "),' ERROR EN RENGLON ',I3,', SUMA =',E12,5)
1076
1078 DIMENSION AA(300,120),YY(900,5)
1080 DO 50 I = 1,NN
1084 10 IF (K3.EQ.0.OR.K1.EQ.NAN + 1) GOTO 11
1086 K1 = K1 + 1
1089 11 CONTINUE
1091 50 CONTINUE
1094 N1 = NAN
1096 SUMA = 0.0
1099 51 IF (K1.EQ.N1 + 1) GOTO 100
1101 K1 = K1 + 1
1104 100 YY(I,J) = (YY(I,J) - SUMA) / AA(I,1)
1107 END
1109 SUBROUTINE TRANSF(FX,FY,C,S,FXX,FYY,SIG)
1111 FYY = FX * SIG * S + FY * C
1114 END
1001 SUBROUTINE OBTK(IND,I,K,L)
1003 + NAN,NRK
1005 AA = K1 * UU(1,I)
1007 BB = UU(K2,I)
1009 EE = K3 * UU(3,I)
1011 DD = K4 * UU(3,I)
1013 SS = SSEN(I)
1015 S2 = SS * SS
1017 AK(1,1) = AA * C2 + BB * S2
1019 AK(1,3) = - DD * SS
1021 AK(2,2) = AA * S2 + BB * C2
1023 AK(3,1) = - EE * SS
1025 AK(3,3) = K1 * UU(2,I)
1027 RETURN
1028 END
1030 SUBROUTINE ENSAM(I1,I2)
1032 + NAN,NRK
1034 K2 = (I2 - I1) * 3
1035 DO 10 I = 1,3
1036 DO 15 J = 1,3
1038 IF (K3.GE.1) AKK(K1,K3) = AKK(K1,K3) + AK(I,J)
1040 K2 = K2 - 1
1041 K1 = K1 + 1
1042 10 CONTINUE
1043 15 CONTINUE
1044 END
1045
1047 DIMENSION A(300,120)
1050 N1 = NAN
1052 DO 90 J = 1,N1
1053 SUMA = 0.0
1056 K3 = I - 1
1059 K1 = K1 + 1
1060 K2 = K2 + 1
1063 11 SUMA = A(I,J) - SUMA
1065 IF (SUMA.LE.1.0E - 20) GO TO 91
1067 GO TO 90
1069 90 CONTINUE
1070 RETURN
1072 IND = 1
1073 RETURN
1075 END
1077 SUBROUTINE RESUEL(AA,NN,NAN,ND1,YY,NCC,ND2)
1079 DO 200 J = 1,NCC
1082 K1 = 2
1083 K3 = I - 1
1085 SUMA = SUMA + AA(K3,K1) * YY(K3,J)
1088 GOTO 10
1090 YY(I,J) = (YY(I,J) - SUMA) / AA(I,1)
1092 DO 100 IP = 1,NN
1093 I = NN - IP + 1
1095 IF (I.GT.NN - NAN + 1) N1 = NN - I + 1
1097 K1 = 2
1098 K3 = I + 1
1100 SUMA = SUMA + AA(I,K1) * YY(K3,J)
1103 GOTO 51
1105 200 CONTINUE
1106 RETURN
1110 PROV = FX * C - FY * SIG * S
1113 RETURN

```

3A.2 LISTADO DEL PROGRAMA ISRET.FOR3

```

1 $LARGE                2 CHARACTER LET*80
3 CHARACTER TITLE*72,ATPC*14,AREL*14                4 CHARACTER F2*8,F3*8,OPCI*6,RESP*2
5 DIMENSION XP(88),YP(88),Q(88),DZ(88),AREA(88),AKD(88)
6 DIMENSION QA(88),FUERZ(88),NUDP(10)
7 OPEN(5,FILE='LOGO.IMG',STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=4030)                8 REWIND(5)
9 DO 141 I=1,23                10 READ(5,131)LET                11 141 WRITE(*,131)LET
12 131 FORMAT(A80)                13 CLOSE (5)
14 4030 WRITE(*,4042)
15 4042 FORMAT(/20X,' NOMBRE (SIN EXTENSION) DEL GRUPO DE ARCHIVOS: '
16 + 20X,' (e.j. XYZ) -> \)
17 READ(*,8800)F2                18 IF(F2.EQ.'CANCEL')GOTO 9998                19 ATPC= ' .ATP'
20 WRITE(ATPC(1:8),8800)F2                21 8800 FORMAT(A8)
22 4086 WRITE(*,4040)
23 4040 FORMAT(///20X,' ANALISIS CON LA MATRIZ DE FLEXIBILIDAD DEL SUELO
24 +#: '20X,' [e.j.: 1] -> \)                25 READ(*,*,ERR=9998)NAREL
26 IF(NAREL.EQ.1) AREL=' .FS1'                27 IF(NAREL.EQ.2) AREL=' .FS2'
28 IF(NAREL.EQ.3) AREL=' .FS3'                29 IF(NAREL.EQ.4) AREL=' .FS4'
30 IF(NAREL.EQ.5) AREL=' .FS5'                31 IF(NAREL.EQ.6) AREL=' .FS6'
32 IF(NAREL.EQ.7) AREL=' .FS7'                33 IF(NAREL.EQ.8) AREL=' .FS8'
34 IF(NAREL.EQ.9) AREL=' .FS9'                35 IF(NAREL.EQ.10)AREL=' .FSX'
36 WRITE(AREL(1:8),8800)F2
37 OPEN(4,FILE=ATPC,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=10)                38 GOTO 1000
39 10 WRITE(*,') NO EXISTE EL ARCHIVO DE AREAS Y CENTROIDES'                40 GOTO 4030
41 1000 OPEN(6,FILE=AREL,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=17)                42 GOTO 19
43 17 WRITE(*,29)
44 29 FORMAT(/' ERROR: NO EXISTE O ESTA MAL DECLARADO ',
45 +' EL ARCHIVO DE FLEXIBILIDADES DEL SUELO')                46 WRITE(*,8031)
47 8031 FORMAT(/10X,' NOMBRE ARCHIVO DE FLEXS.(teclea el ".FS#")/'
48 + 10X,' (e.j. XYZ.FS1) -> \)                49 READ(*,8833,ERR=17)AREL
50 8833 FORMAT(A14)                51 GOTO 1000                52 19 REWIND(4)                53 REWIND(6)
54 READ(6,2000)TITLE
55 2000 FORMAT (1X,A72)                56 READ(6,2018)NDOV
57 2018 FORMAT(215)                58 CLOSE(6)                59 READ(4,4025)
60 4025 FORMAT(A20)                61 READ(4,*)(AREA(I),I=1,NDOV)                62 READ(4,4025)
63 READ(4,*)(XP(I),YP(I),I=1,NDOV)                64 CLOSE(4)
65 6035 WRITE(*,6030)                66 6030 FORMAT(/
67 +' NUMERO DE PLANTAS DE CIMENTACION: \)                68 READ(*,*,ERR=6035)NP
69 IF(NP.LT.1)GOTO 6035                70 IF(NP.GT.1)THEN
71 DO 6045 I=1,NP-1                72 6060 WRITE(*,6055)I                73 6055 FORMAT(/
74 +' ULTIMA DOVELA DE LA PLANTA',I,': \)                75 READ(*,*)NUDP(I)
76 IF(NUDP(I).LT.1.OR.NUDP(I).GT.NDOV)GOTO 6060
77 6045 IF(NUDP(I).LT.NUDP(I-1))GOTO 6060                78 NUDP(NP)=NDOV
79 ELSE                80 NUDP(I)=NDOV                81 ENDIF
82 6020 CONTINUE
83 OPEN(5,FILE='MENU2.IMG',STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')                84 DO 14 I=1,23
85 READ(5,13)LET                86 14 WRITE(*,13)LET                87 13 FORMAT(A80)
88 WRITE(*,6010)                89 6010 FORMAT(/' OPCION?: \)
90 READ(*,48)OPCI                91 48 FORMAT(A6)
92 IF(OPCI.EQ.'1'.OR.OPCI.EQ.'VECAR')THEN                93 F3=F2
94 CALL VECAR(NDOV,Q,QA,OPCI,NUDP,NP,F3)
95 IF(OPCI.EQ.'SALIR'.OR.OPCI.EQ.'MENUP')GOTO 9998
96 IF(OPCI.EQ.'EMA')GOTO 6020                97 CALL OBTDZ(Q,DZ,NDOV,AREL)
98 CALL IMPANT(NDOV,AREA,XP,YP,Q,DZ,FUERZ,AKD,NUDP,NP)                99 ELSE
100 ENDIF                101 IF(OPCI.EQ.'2'.OR.OPCI.EQ.'VEDES')THEN
102 9900 CALL VEDES(NDOV,AREA,DZ,OPCI,NUDP,NP,XP,YP,AREL,Q,FUERZ)
103 IF(OPCI.EQ.'SALIR'.OR.OPCI.EQ.'PRINCI')GOTO 9997
104 IF(OPCI.EQ.'EMA')GOTO 6020
105 CALL IMPANT(NDOV,AREA,XP,YP,Q,DZ,FUERZ,AKD,NUDP,NP)                106 GOTO 9900
107 ELSE                108 ENDIF
109 IF(OPCI.EQ.'3'.OR.OPCI.EQ.'RETIC')THEN
110 CALL RETIC(NDOV,AKD,Q,QA,DZ,AREL,AREA,F2)
111 CALL IMPANT(NDOV,AREA,XP,YP,Q,DZ,FUERZ,AKD,NUDP,NP)                112 ELSE
113 ENDIF                114 IF(OPCI.EQ.'4'.OR.OPCI.EQ.'VER')
115 +CALL IMPANT(NDOV,AREA,XP,YP,Q,DZ,FUERZ,AKD,NUDP,NP)
116 IF(OPCI.EQ.'5'.OR.OPCI.EQ.'SALVAR'.OR.OPCI.EQ.'6'
117 +.OR.OPCI.EQ.'SALVAC')
118 +CALL SALVAR(F2,TITLE,NDOV,AREA,XP,YP,Q,DZ,AKD,OPCI)
119 IF(OPCI.EQ.'7'.OR.OPCI.EQ.'IMPRIM')CALL IMPRIM(Q,DZ,NDOV)

```

ISRET

```

120 IF(OPCI.EQ.'S'.OR.OPCI.EQ.'FLEXIB')THEN
122 26 FORMAT(/' ESTA SEGURO DE HABER SALVADO? [S]=SI \)
123 READ(*,25)RESP
124 25 FORMAT(A2)
125 IF(RESP.EQ.'S'.OR.RESP.EQ.'s')GOTO 4086
126 ELSE
127 ENDIF
128 IF(OPCI.EQ.'9')OPCI='PRINCI'
129 IF(OPCI.EQ.'0')OPCI='SALIR'
130 9997 IF(OPCI.EQ.'PRINCI'.OR.OPCI.EQ.'SALIR')THEN
131 WRITE(*,24)
132 24 FORMAT(/' ESTA SEGURO DE HABER SALVADO? [S]=SI \)
133 READ(*,25)RESP
134 IF(RESP.EQ.'S'.OR.RESP.EQ.'s')THEN
135 WRITE(*,30)
136 30 FORMAT(//////////)
137 GOTO 9998
138 ELSE
139 ENDIF
140 ELSE
141 ENDIF
142 IF(OPCI.EQ.'X'.OR.OPCI.EQ.'DOS')THEN
143 WRITE(*,*) TECLE EL COMANDO'
144 WRITE(*,*)
145 ELSE
146 ENDIF
147 GOTO 6020
148 9998 END
149
150 SUBROUTINE CORRDRZ(Q,AREA,DZ,NUDP,NP,WP,IR,NC)
151 DIMENSION DZ(88),NUDP(10),WP(10),Q(88),AREA(88)
152 DO 6115 IG=1,NP
153 AUXI=0
154 DO 9065 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
155 SUMAF=Q(I)*AREA(I)+AUXI
156 9065 AUXI=SUMAF
157 FC=WP(IG)/SUMAF
158 IF(IR.EQ.NC)THEN
159 WRITE(*,6125)IG
160 6125 FORMAT(/' PARA LA PLANTA: ',I3)
161 WRITE(*,8385)SUMAF
162 8385 FORMAT(' LA SUMA DE FUERZAS RESULTANTES ES =',F12.4,'t')
163 WRITE(*,8475)FC
164 8475 FORMAT(' Y EL FACTOR DE CORRECCION ES = ',F12.4)
165 ELSE
166 ENDIF
167 IF(IR.EQ.NC.AND.IG.EQ.NP)PAUSE
168 DO 8575 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
169 8575 DZ(I)=DZ(I)*FC
170 6115 CONTINUE
171 9998 RETURN
172 END
173
174 SUBROUTINE CORRDRZM(XP,YP,Q,AREA,DZ,NUDP,NP,MS,CONT,IM,CX,CY)
175 DIMENSION XP(88),YP(88),Q(88),AREA(88),DZ(88),NUDP(10)
176 DIMENSION MS(10),CX(10),CY(10)
177 CHARACTER CONT*2
178 REAL MS,MC
179 6130 DO 6115 IG=1,NP
180 MC=0
181 IF(CONT.EQ.'X'.OR.CONT.EQ.'x')GOTO 8775
182 8778 DO 9805 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
183 DX=CX(IG)-XP(I)
184 9805 MC=DX*Q(I)*AREA(I)+MC
185 GOTO 8175
186 8775 DO 8275 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
187 DY=CY(IG)-YP(I)
188 8275 MC=DY*Q(I)*AREA(I)+MC
189 8175 FC=MS(IG)/MC
190 IF(IM.EQ.5)THEN
191 WRITE(*,6125)IG
192 6125 FORMAT(/' PARA LA PLANTA: ',I3)
193 IF(CONT.EQ.'X'.OR.CONT.EQ.'x')WRITE(*,8385)MC
194 IF(CONT.EQ.'Y'.OR.CONT.EQ.'y')WRITE(*,8388)MC
195 8385 FORMAT(' EL MOMENTO CALC. ALRED. DE X ES =',F12.4,'t-m')
196 8388 FORMAT(' EL MOMENTO CALC. ALRED. DE Y ES =',F12.4,'t-m')
197 WRITE(*,8475)FC
198 8475 FORMAT(' Y EL FACTOR DE CORRECCION ES = ',F12.4)
199 ELSE
200 ENDIF
201 IF(IM.EQ.5.AND.IG.EQ.NP)PAUSE
202 DO 8575 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
203 8575 DZ(I)=DZ(I)*FC
204 6115 CONTINUE
205 9998 RETURN
206 END
207
208 SUBROUTINE CALMOM(XP,YP,FUERZ,NUDP,NP)
209 DIMENSION XP(88),YP(88),FUERZ(88),NUDP(10)
210 DO 6115 IG=1,NP
211 WRITE(*,9405)IG
212 9405 FORMAT(/
213 +' COORDENADA X DEL CENTROIDE DE LA PLANTA',I3,' (m)? : \)
214 READ(*,*)CX
215 WRITE(*,9410)IG
216 9410 FORMAT(
217 +' COORDENADA Y DEL CENTROIDE DE LA PLANTA',I3,' (m)? : \)
218 READ(*,*)CY
219 XMC=0
220 YMC=0
221 DO 9805 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
222 DX=CX-XP(I)
223 DY=CY-YP(I)
224 XMC=DY*FUERZ(I)+XMC
225 9805 YMC=DX*FUERZ(I)+YMC
226 WRITE(*,6125)IG
227 6125 FORMAT(' PARA LA PLANTA: ',I3)
228 WRITE(*,8385)XMC
229 WRITE(*,8388)YMC
230 8385 FORMAT(' EL MOMENTO CALC. ALRED. DE X ES =',F12.4,'t-m')
231 8388 FORMAT(' EL MOMENTO CALC. ALRED. DE Y ES =',F12.4,'t-m')
232 6115 CONTINUE
233 PAUSE
234 9998 RETURN
235 END
236
237 SUBROUTINE VECAR(NDOV,Q,QA,OPCIN,NUDP,NP,F3)
238 DIMENSION Q(88),QA(88),NUDP(10)
239 CHARACTER REA*14,OPCIN*6,LET*80,F3*8
240 6100 OPEN(5,FILE='MENU3.IMG',STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=9998)
241 REWIND(5)
242 DO 141 I=1,24
243 READ(5,131)LET
244 141 WRITE(*,131)LET
245 131 FORMAT(A80)
246 CLOSE (5)
247 WRITE(*,8104)
248 8104 FORMAT(' OPCION?: \)
249 READ(*,48)OPCIN
250 48 FORMAT(A6)
251 IF(OPCIN.EQ.'1')OPCIN='IGUALE'
252 IF(OPCIN.EQ.'4')OPCIN='ADIGUA'
253 IF(OPCIN.EQ.'IGUALE'.OR.OPCIN.EQ.'ADIGUA')GOTO 6040
254 IF(OPCIN.EQ.'2')OPCIN='ARCHIV'
255 IF(OPCIN.EQ.'5')OPCIN='ADARCH'
256 IF(OPCIN.EQ.'ARCHIV'.OR.OPCIN.EQ.'ADARCH')GOTO 8106
257 IF(OPCIN.EQ.'3'.OR.OPCIN.EQ.'TECLAD')GOTO 8108
258 IF(OPCIN.EQ.'7')OPCIN='EMA'
259 IF(OPCIN.EQ.'EMA')GOTO 9998
260 IF(OPCIN.EQ.'8')OPCIN='PRINCI'
261 IF(OPCIN.EQ.'PRINCI')GOTO 9998
262 IF(OPCIN.EQ.'9')PAUSE
263 IF(OPCIN.EQ.'9')PAUSE

```

ISRET

```

264 IF(OPCIN.EQ.'0')OPCIN='SALIR'
266 PAUSE
269 WRITE(*,6050)IG
271 READ(*,*)CARGU
273 DO 6090 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
275 GOTO 6095
278 QA(I)=CARGU
281 ENDIF
283 GOTO 6100
285 WRITE(REA(1:8),8800)F3
288 8800 FORMAT(A8)
290 OPEN(21,FILE=REA,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=7074)
292 7074 WRITE(*,8110)
294 + 20X,' (e.j. B:ZYX) -> \)
296 REA=' .CGS'
299 OPEN(21,FILE=REA,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
301 DO 8112 I=1,NDOV
304 8116 FORMAT(F10.4)
306 IF(OPCIN.EQ.'ARCHIV')THEN
308 8118 Q(I)=Q(I)+QA(I)
311 DO 8120 I=1,NDOV
314 ENDIF
317 6110 FORMAT(' CARGA EN LA DOVELA',I2,' (t/mý) ? = ',\))
319 IF(OPCIN.EQ.'TECLAD')THEN
321 8122 Q(I)=Q(I)+QA(I)
324 DO 8124 I=1,NDOV
327 ENDIF
331 SUBROUTINE VEDES(NDOV,AREA,DZ,OPTIO,NUDP,NP,XP,YP,AREL,Q,FUERZ)
332 DIMENSION DZ(88),NUDP(10),XP(88),YP(88),Q(88),FUERZ(88)
333 DIMENSION WP(10),AREA(88),CX(10),CY(10)
335 CHARACTER OPTIO*6,DZP*14,LET*80,AREL*14,RESP*2
336 9000 OPEN(5,FILE='MENU4.IMG',STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=9998)
337 REWIND(5)
340 141 WRITE(*,131)LET
343 WRITE(*,9104)
346 48 FORMAT(A6)
348 IF(OPTIO.EQ.'IGUALE')GOTO 7000
350 IF(OPTIO.EQ.'ARCHIV')GOTO 9106
352 IF(OPTIO.EQ.'TECLAD')GOTO 9108
354 IF(OPTIO.EQ.'GIRAX')GOTO 700
356 IF(OPTIO.EQ.'GIRAY')GOTO 800
358 IF(OPTIO.EQ.'PONTON')GOTO 7175
360 IF(OPTIO.EQ.'MOMEN')GOTO 9901
362 IF(OPTIO.EQ.'COFTO')GOTO 9902
364 IF(OPTIO.EQ.'COMOM')GOTO 9903
366 IF(OPTIO.EQ.'EMA')GOTO 9998
368 IF(OPTIO.EQ.'PRINCI')GOTO 9998
370 IF(OPTIO.EQ.'DOS')PAUSE
372 IF(OPTIO.EQ.'0')OPTIO='SALIR'
374 PAUSE
377 WRITE(*,7040)IG
379 READ(*,*)DU
382 6075 CONTINUE
385 9112 FORMAT(///20X,' NOMBRE ARCHIVO DE DEZPLAZAMIENTOS (m): \)
386 + 20X,' (e.j. B:ZYX.DZP) -> \)
388 IF(DZP.EQ.'CANCEL')GOTO 9998
390 OPEN(22,FILE=DZP,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
392 DO 9114 I=1,NDOV
395 9114 CONTINUE
396 CLOSE(22)
399 WRITE(*,9110)I
401 9120 READ(*,*)DZ(I)
404 WRITE(*,9405)IG
406 +' ANGULO DE GIRO ALREDEDOR DE X DE LA PLANTA ',I3,' (grad.): \)
408 AN=AN/57.29577951
411 +' COORDENADA "Y" DEL CENTROIDE DE LA PLANTA ',I3,' (m): \)
412 READ(*,*)CY(IG)
414 702 DZ(I)=(CY(IG)-YP(I))*SQRT(1-COS(AN)**2)/COS(AN)
416 GOTO 9997
419 8405 FORMAT(/
421 READ(*,*)AN
265 IF(OPCIN.EQ.'SALIR')GOTO 9998
268 6040 DO 6095 IG=1,NP
270 6050 FORMAT(/' CARGA UNIFORME EN LA PLANTA',I3,' (t/mý) = \)
272 IF(OPCIN.EQ.'IGUALE')THEN
274 6090 Q(I)=CARGU+QA(I)
277 DO 6094 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
279 6094 CONTINUE
282 6095 IF(IG.EQ.NP.AND.OPCIN.EQ.'IGUALE')GOTO 9998
284 8106 REA=' .CGS'
286 WRITE(*,8810)REA
287 PAUSE
289 8810 FORMAT(' ARCHIVO DE CARGAS: ',A14)
291 GOTO 7076
293 8110 FORMAT(///20X,' NOMBRE ARCHIVO DE CARGAS (t/mý): \)
295 READ(*,8115)F3
298 8115 FORMAT(A8)
300 7076 REWIND(21)
303 8112 CONTINUE
305 CLOSE(21)
307 DO 8118 I=1,NDOV
309 GOTO 9998
310 ELSE
313 GOTO 6100
316 WRITE(*,6110)I
318 6120 READ(*,*)Q(I)
322 GOTO 9998
323 ELSE
326 GOTO 6100
329 END
330
334 REAL MS(10)
341 131 FORMAT(A80)
342 CLOSE (5)
344 9104 FORMAT(' OPCION?: \)
345 READ(*,48)OPTIO
349 IF(OPTIO.EQ.'2')OPTIO='ARCHIV'
351 IF(OPTIO.EQ.'3')OPTIO='TECLAD'
353 IF(OPTIO.EQ.'4')OPTIO='GIRAX'
355 IF(OPTIO.EQ.'5')OPTIO='GIRAY'
357 IF(OPTIO.EQ.'6')OPTIO='PONTON'
359 IF(OPTIO.EQ.'7')OPTIO='MOMEN'
361 IF(OPTIO.EQ.'8')OPTIO='COFTO'
363 IF(OPTIO.EQ.'9')OPTIO='COMOM'
365 IF(OPTIO.EQ.'10')OPTIO='EMA'
367 IF(OPTIO.EQ.'11')OPTIO='PRINCI'
369 IF(OPTIO.EQ.'12')OPTIO='DOS'
371 IF(OPTIO.EQ.'DOS')PAUSE
373 IF(OPTIO.EQ.'SALIR')GOTO 9998
376 7000 DO 6075 IG=1,NP
378 7040 FORMAT(/' DESPLZ. UNIFORME DE LA PLANTA',I3,' (m) = \)
380 DO 7550 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
381 7550 DZ(I)=DU
383 GOTO 9997
384 9106 WRITE(*,9112)
387 READ(*,8500)DZP
389 8500 FORMAT(A12)
391 REWIND(22)
393 READ(22,8116)DZ(I)
394 8116 FORMAT(F10.4)
398 9108 DO 9120 I=1,NDOV
400 9110 FORMAT(' DESPLZ DE LA DOVELA',I2,' (m)? : ',\))
402 GOTO 9997
403 700 DO 6115 IG=1,NP
407 READ(*,*)AN
410 9406 FORMAT(/
415 6115 CONTINUE
418 WRITE(*,8405)IG
420 +' ANGULO DE GIRO ALREDEDOR DE Y DE LA PLANTA ',I3,' (grad.): \)
423 WRITE(*,8406)IG

```

```

424 8406 FORMAT(/
425 + ' COORDENADA "X" DEL CENTROIDE DE LA PLANTA ',I3,' (m): ')
426 READ(*,*)CX(IG)
427 DO 802 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
428 802 DZ(I)=(CX(IG)-XP(I))*SQRT(1-COS(AN)**2)/COS(AN)
429 7115 CONTINUE
430 GOTO 9997
431 9901 CALL CALMOM(XP,YP,FUERZ,NUDP,NP)
432 GOTO 9000
433 9902 DO 6215 IR=1,NP
434 WRITE(*,9407)IR
435 9407 FORMAT(/ ' DESCARGA TOTAL DE LA PLANTA ',I3,' (t): ')
436 6215 READ(*,*)WP(IR)
437 NC=10
438 DO 6200 IR=1,NC
439 CALL CORRDRZ(Q,AREA,DZ,NUDP,NP,WP,IR,NC)
440 6200 CALL GAUSS(NDOV,DZ,Q,AREL)
441 GOTO 9998
442 9903 WRITE(*,9905)
443 9905 FORMAT(/ ' SENTIDO DEL MOMENTO ? : ')
444 +2X.' (X=GIRO EN X, Y=GIRO EN Y) -> ')
445 READ(*,28)RESP
446 28 FORMAT(A2)
447 IF(ESP.EQ.'X'.OR.ESP.EQ.'Y')GOTO 7130
448 IF(ESP.EQ.'Y'.OR.ESP.EQ.'X')GOTO 6130
449 GOTO 9903
450 6130 DO 6315 IG=1,NP
451 WRITE(*,9425)IG
452 9425 FORMAT(/
453 + ' COORDENADA "X" DEL CENTROIDE DE LA PLANTA ',I3,' (m): ')
454 READ(*,*)CX(IG)
455 WRITE(*,9415)IG
456 9415 FORMAT(/ ' MOMENTO SOBRE LA PLANTA ',I3,' (t-m): ')
457 6315 READ(*,*)MS(IG)
458 GOTO 7135
459 7130 DO 7315 IG=1,NP
460 WRITE(*,9410)IG
461 9410 FORMAT(/
462 + ' COORDENADA "Y" DEL CENTROIDE DE LA PLANTA ',I3,' (m): ')
463 READ(*,*)CY(IG)
464 WRITE(*,9415)IG
465 7315 READ(*,*)MS(IG)
466 7135 DO 6195 IM=1,50
467 CALL CORRDM(XP,YP,Q,AREA,DZ,NUDP,NP,MS,RESP,IM,CX,CY)
468 6195 CALL GAUSS(NDOV,DZ,Q,AREL)
469 GOTO 9998
470 7175 DO 7205 IG=1,2
471 WRITE(*,7215)IG
472 7215 FORMAT(/
473 + ' COORDENADA "X" DE LA JUNTA ',I3,' (m): ')
474 READ(*,*)CJ(IG)
475 WRITE(*,1138)IG
476 1138 FORMAT(/
477 + ' MOMENTO ALREDEDOR DE "Y" DE LA JUNTA ',I3,' (t-m): ')
478 7205 READ(*,*)MS(IG)
479 MS(3)=MS(2)
480 MS(2)=MS(1)+MS(3)
481 DO 7223 J2=1,NDOV
482 7223 DZJ(J2)=0.01
483 DO 7218 II=1,5
484 DO 7217 JI=1,15
485 CALL JUN1(DZ,XP, 0 ,NUDP(1),PEN1,B1)
486 CALL JUN1(DZ,XP,NUDP(2),NUDP(3),PEN3,B3)
487 CALL JUN2(DZ,XP,CJ,NUDP(1),NUDP(2),PEN1,B1,PEN3,B3)
488 CALL GAUSS(NDOV,DZ,Q,AREL)
489 7217 CALL CORRDM(XP,YP,Q,AREA,DZ,NUDP,NP,MS,RESP,CX,CY,MC)
490 WP(1)=0
491 WP(3)=0
492 DO 7216 JI=1,(NUDP(1)+NUDP(2))/2
493 7216 WP(1)=Q(JI)*AREA(JI)+WP(1)
494 DO 7221 JI=1+(NUDP(1)+NUDP(2))/2,NUDP(3)
495 7221 WP(3)=Q(JI)*AREA(JI)+WP(3)
496 A1=-WP(1)
497 A3=-WP(3)
498
499 NA=0
500 CALL GAUSS(NDOV,DZJ,Q,AREL)
501 DO 7228 J3=1,15
502 WP(1)=0.0
503 WP(3)=0.0
504 DO 7225 JI=1,(NUDP(1)+NUDP(2))/2
505 7225 WP(1)=Q(JI)*AREA(JI)+WP(1)
506 DO 7224 JI=1+(NUDP(1)+NUDP(2))/2,NUDP(3)
507 7224 WP(3)=Q(JI)*AREA(JI)+WP(3)
508 IF(ABS(A1).LT.0.000000001)THEN
509 FC1=0.0
510 GOTO 7233
511 ELSE
512 ENDIF
513 IF(ABS(WP(1)).LT.0.000000001)WP(1)=0.000000001
514 FC1=A1/WP(1)
515 7233 IF(ABS(A3).LT.0.000000001)THEN
516 FC3=0.0
517 GOTO 7234
518 ELSE
519 ENDIF
520 IF(ABS(WP(3)).LT.0.000000001)WP(3)=0.000000001
521 FC3=A3/WP(3)
522 7234 DO 7226 J2=1,(NUDP(1)+NUDP(2))/2
523 7226 DZJ(J2)=DZJ(J2)*FC1
524 DO 7229 J2=1+(NUDP(1)+NUDP(2))/2,NUDP(3)
525 7229 DZJ(J2)=DZJ(J2)*FC3
526 CALL GAUSS(NDOV,DZJ,Q,AREL)
527 7228 CONTINUE
528 DO 7230 J2=1,NDOV
529 7230 DZ(J2)=DZ(J2)+DZJ(J2)
530 7218 CONTINUE
531 CALL JUN1(DZ,XP, 0 ,NUDP(1),PEN1,B1)
532 CALL JUN1(DZ,XP,NUDP(2),NUDP(3),PEN3,B3)
533 CALL JUN2(DZ,XP,CJ,NUDP(1),NUDP(2),PEN1,B1,PEN3,B3)
534 9997 CALL GAUSS(NDOV,DZ,Q,AREL)
535 9998 RETURN
536 END
537
538 SUBROUTINE JUN1(DZ,CP,N1,N2,PENN,BN)
539 DIMENSION DZ(88),CP(88)
540 DMA=0.0
541 DO 1 I=N1+1,N2
542 IF(DZ(I).GT.DZ(I-1))THEN
543 DMA=DZ(I)
544 CMA=CP(I)
545 ELSE
546 ENDIF
547 1 CONTINUE
548 DMI=0.0
549 DO 2 I=N1+1,N2
550 IF(DZ(I).LT.DZ(I-1))THEN
551 DMI=DZ(I)
552 CMI=CP(I)
553 ELSE
554 ENDIF
555 2 CONTINUE
556 PENN=(DMA-DMI)/(CMA-CMI)
557 BN=DZ(N1+1)-PENN*CP(N1+1)
558 RETURN
559 END
560
561 SUBROUTINE JUN2(DZ,CP,CJ,N1,N2,PEN1,B1,PEN3,B3)
562 DIMENSION DZ(88),CJ(2),CP(88)
563 A1=PEN1*CJ(1)+B1
564 A2=PEN3*CJ(2)+B3
565 A3=CJ(2)-CJ(1)
566 PEN2=(A2-A1)/A3
567 B2=PEN2*CJ(1)+A1
568 DO 1148 I=N1+1,N2

```

ISRET

```

569 1148 DZ(I)=PEN2*CP(I)+B2
572
574 DIMENSION Q(88),DZ(88)
577 5010 FORMAT(' PREPARE LA IMPRESORA, Y APRIETE LA')
579 5020 FORMAT(' TECLA [ENTER] & [<U] PARA CONTINUAR')
581 DO 5025 I=1,NDOV
583 6175 FORMAT(' CRG.DOV.',I3,' =',F10.4,' tmy',9X,'DZ',',',F10.4,' m')
584 5025 CONTINUE
586 6575 FORMAT('-----FIN-----')
588 9998 RETURN
591 SUBROUTINE LEDRU(AREL,NDOV,ADT)
593 CHARACTER AREL*14
594 OPEN(6,FILE=AREL,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
596 READ(6,9010)
599 9020 READ(6,7010)(ADT(I,J),J=1,NDOV)
601 CLOSE(6)
605 SUBROUTINE OBTDZ(Q,DZ,NDOV,AREL)
607 CHARACTER AREL*14
609 DO 6140 I=1,NDOV
612 DZ(I)=ADT(I,J)*Q(J)+AUXI
614 6140 CONTINUE
618 SUBROUTINE GAUSS(NDOV,DZ,Q,AREL)
620 CHARACTER AREL*14
622 DO 7050 I=1,NDOV
625 PIVOTE=A(I,I)
628 DO 3 K=1,NDOV
631 DO 2 J=I,NDOV+1
634 4 CONTINUE
637 RETURN
640 SUBROUTINE KRET(NNRET,NC,NCE,PO,AREA,AKD,AKN)
641 DIMENSION NC(300,10),PO(300,88),NCE(300)
642 DIMENSION AKD(88),AKN(300),AREA(88)
644 AUX=0
646 AKN(IKR)=AREA(NC(IKR,J))*AKD(NC(IKR,J))*PO(IKR,NC(IKR,J))+AUX
647 40 AUX=AKN(IKR)
651 DIMENSION PO(300,88),R(300,5),AREAN(300),Q(88)
653 AUX=0
655 Q(I)=R(J,1)*PO(J,I)/AREAN(J)+AUX
660 10 CONTINUE
664 SUBROUTINE KSUEL(NDOV,AKD,Q,DZ)
666 DO 10 IKS=1,NDOV
668 AKD(IKS)=Q(IKS)/DZ(IKS)
671 END
673 SUBROUTINE CHECAMU(AKD,NG,NDPG,NDUG)
674 DIMENSION AKD(88),NDPG(88),NDUG(88)
675 WRITE(*,*) REVISION NO EXAHUSTIVA DE LOS MODULOS UNITARIOS'
676 ND=NDUG(NG)-NDPG(NG)
678 DO 10 ICK=NDPG(NG),NDUG(NG)
680 AI=AI+1.0
683 WRITE(*,1)
684 1 FORMAT(' ADVERTENCIA TODOS LOS MODULOS DE REACCION = 100.0')
685 DO 30 ICK=NDPG(NG),NDUG(NG)
687 20 WRITE(*,*) FIN DE LA REVISION DE LOS MODULOS DE REACCION'
689 PAUSE
693 SUBROUTINE SALVAR(F2,TITLE,NDOV,AREA,XP,YP,Q,DZ,AKD,OPCI)
694 DIMENSION AREA(88),XP(88),YP(88)
695 DIMENSION Q(88),DZ(88),FUERZ(88),AKD(88)
696 CHARACTER ASEREA*14,F2*8,F4*8,TITLE*72,LET*80,OPCI*6
698 IF(OPCI.EQ.'6'.OR.OPCI.EQ.'SALVAC')GOTO 1
699 4021 ASEREA=' .JSC'
701 8800 FORMAT(A8)
703 4020 WRITE(*,1021)ASEREA
704 1021 FORMAT(' SE GENERARA EL SIGUIENTE ARCHIVO DE RESULTADOS: ',
706 OPEN(5,FILE=ASEREA,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=2)
708 GOTO 10
710 8 FORMAT(' ADVERTENCIA: EL ARCHIVO DE RESULTADOS YA EXISTE')
712 402 FORMAT('13X,' DESEA SOBRESCRIBIRLO? [S]=SI ',)
714 15 FORMAT(A2)
716 OPEN(5,FILE=ASEREA,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=9998)
718 ELSE
570 RETURN
573 SUBROUTINE IMPRIM(Q,DZ,NDOV)
575 5000 OPEN(1,FILE='PRN')
576 WRITE(*,5010)
578 WRITE(*,5020)
580 PAUSE
582 WRITE(1,6175)I,Q(I),DZ(I)
585 WRITE(1,6575)
587 +//////////)
589 END
592 DIMENSION ADT(88,89)
595 REWIND(6)
597 9010 FORMAT(/)
598 DO 9020 I=1,NDOV
600 7010 FORMAT(17E15.9)
603 END
604
606 DIMENSION Q(88),DZ(88),ADT(88,89)
608 CALL LEDRU(AREL,NDOV,ADT)
611 DO 6170 J=1,NDOV
613 6170 AUXI=DZ(I)
616 END
617
619 DIMENSION A(88,89),DZ(88),Q(88)
621 CALL LEDRU(AREL,NDOV,A)
624 DO 4 I=1,NDOV
627 1 A(I,J)=A(I,J)/PIVOTE
630 CERO=A(K,I)
633 3 CONTINUE
636 8760 Q(I)=A(I,NDOV+1)
639
643 DO 60 IKR=1,NNRET
645 DO 40 J=1,NCE(IKR)
649 RETURN
650 END
652 SUBROUTINE QSUEL(NDOV,NNRET,PO,AREAN,R,Q)
654 DO 10 I=1,NDOV
656 DO 20 J=1,NNRET
658 AUX=Q(I)
659 20 CONTINUE
662 END
663
665 DIMENSION AKD(88),Q(88),DZ(88)
667 IF(DZ(IKS).EQ.0)GOTO 10
669 10 CONTINUE
670 RETURN
672
677 AI=0.0
679 IF(AKD(ICK).EQ.0.0)GOTO 10
682 IF(AI.GT.0.0)GOTO 20
686 30 AKD(ICK)=100.0
688 WRITE(*,*)
691 END
692
700 WRITE(ASEREA(1:8),8800)F4
702 CALL KSUEL(NDOV,AKD,Q,DZ)
705 +A14,J)
707 PAUSE
709 2 WRITE(*,8)
711 WRITE(*,402)
713 READ(*,15)SOBRE
715 IF(SOBRE.EQ.'S'.OR.SOBRE.EQ.'s')THEN
717 GOTO 10
720 1 WRITE(*,*)

```

```

721 WRITE(*,*) NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS'
723 4 FORMAT(' (NO TECLEE EL .ISC) ---->',\))
725 20 FORMAT(A8)
726 GOTO 4021
728 2000 FORMAT (1X,A72)
730 4070 FORMAT(' NUMERO DE DOVELAS = ',I3)
731 OPEN(4,FILE='TAB1.IMG',STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=9998)
733 DO 141 I=1,4
734 READ(4,131)LET
736 131 FORMAT(A76)
737 CLOSE (4)
739 FUERZ(I)=Q(I)*AREA(I)
740 6140 WRITE(5,6175)I,AREA(I),XP(I),YP(I),Q(I),DZ(I),FUERZ(I),AKD(I)
741 6175 FORMAT(I4,4F10.4,1X,F10.7,2F10.4)
742 CLOSE (5)
743 9998 RETURN
744 END
745
746 SUBROUTINE IMPANT(NDOV,AREA,XP,YP,Q,DZ,FUERZ,AKD,NUDP,NP)
747 DIMENSION AREA(88),XP(88),YP(88)
748 DIMENSION Q(88),DZ(88),FUERZ(88),AKD(88),NUDP(10)
749 CHARACTER LET*80
751 DO 6070 IG=1,NP
752 OPEN(5,FILE='TAB1.IMG',STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=9998)
753 REWIND(5)
754 DO 141 I=1,4
755 READ(5,131)LET
756 141 WRITE(*,131)LET
757 131 FORMAT(A80)
758 CLOSE (5)
759 NCO=1
761 FUERZ(I)=Q(I)*AREA(I)
762 WRITE(*,6175)I,AREA(I),XP(I),YP(I),Q(I),DZ(I),FUERZ(I),AKD(I)
763 IF(I.EQ.(18*NCO+NUDP(IG-1)).OR.I.EQ.NUDP(IG))PAUSE
764 IF(I.EQ.18*NCO)NCO=NCO+1
765 6140 CONTINUE
766 6175 FORMAT(I4,4F10.4,1X,F10.7,2F10.4)
767 AUXI=0
768 AUXD=0
769 DO 9065 I=1+NUDP(IG-1),NUDP(IG)
770 SUMAF=FUERZ(I)+AUXI
771 PROMA=DZ(I)+AUXD
772 AUXD=PROMA
773 9065 AUXI=SUMAF
774 PROMA=PROMA/(NUDP(IG)-NUDP(IG-1))
775 WRITE(*,9085)IG,SUMAF,PROMA
776 9085 FORMAT(
777 + ' PARA LA PLANTA :',I3//,
778 + ' LA FUERZA RESULTANTE ES =',F14.6,' t'//
779 + ' Y EL PROMEDIO DE ASENTAMIENTOS ES =',F14.6,' m'//)
780 PAUSE
781 6070 CONTINUE
782 9998 RETURN
783 END
784
785 SUBROUTINE RETIC(NDOV,AKD,Q,A,Q,DZ,AREL,AREA,F2)
786 DIMENSION AREA(88),AREAN(300),Q(88),DZ(88),R(300,5),AKD(88)
787 DIMENSION NDPG(88),NDUG(88),NCE(88),NC(300,10),PO(300,88)
788 DIMENSION AKN(300),QA(88)
789 CHARACTER AREL(16)*14,POR*14,DRE*14,F2*8,RTC*14,RESP*2,F3*8
790 CHARACTER LET*80
791 OPEN(5,FILE='LOGO3.IMG',STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=259)
792 DO 141 I=1,15
793 READ(5,131)LET
794 141 WRITE(*,131)LET
795 131 FORMAT(A80)
796 CLOSE (5)
797 259 WRITE(*,260)
798 260 FORMAT(/// -SE HARAN 10 ITERACIONES!')
799 NDPG(1)=1
800 NDUG(1)=NDOV
801 RTC=' .RTC'
802 WRITE(RTC(1:8),8800)F2
803 8800 FORMAT(A8)
804 WRITE(*,127)RTC
805 127 FORMAT(/// LOS RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL SE SALVARAN EN
806 + EL SIGUIENTE ARCHIVO: ',25X,A14//)
807 PAUSE
808 4020 OPEN(5,FILE=RTC,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=19)
809 GOTO 14
810 19 WRITE(*,8)
811 8 FORMAT(' ADVERTENCIA: EL ARCHIVO DE RESULTADOS DE LA RETICULA YA
812 + EXISTE')
813 WRITE(*,402)
814 402 FORMAT(13X,' DESEA SOBRESCRIBIRLO? [S]=SI ',\))
815 READ(*,15)RESP
816 15 FORMAT(A2)
817 IF(RESP.EQ.'S'.OR.RESP.EQ.'s')THEN
818 OPEN(5,FILE=RTC,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
819 GOTO 14
820 ELSE
821 WRITE(*,*)
822 WRITE(*,*) NOMBRE DEL ARCHIVO DE RESULTADOS DE LA RETICULA'
823 WRITE(*,4)
824 4 FORMAT(' (NO TECLEE EL .RTC) ---->',\))
825 READ(*,24)F3
826 24 FORMAT(A8)
827 RTC=' .RTC'
828 WRITE(RTC(1:8),8800)F3
829 GOTO 4020
830 ENDIF
831 14 REWIND(5)
832 IF(ITER.GT.1)GOTO 100
833 1112 POR=' .FRC'
834 WRITE(POR(1:8),8800)F2
835 1110 OPEN(24,FILE=POR,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=2)
836 GOTO 3
837 2 WRITE(*,29)
838 29 FORMAT(' ERROR: NO EXISTE O ESTA MAL DECLARADO ',
839 + ' EL ARCHIVO DE FRACCIONES DE AREA')
840 8032 WRITE(*,8031)
841 8031 FORMAT('10X,' NOMBRE ARCHIVO DE FRACS.(no teclee el ".FRC")')
842 + ' 10X,' (e.j. XYZ.FRC) --> \))
843 READ(*,8833,ERR=8032)F2
844 8833 FORMAT(A8)
845 GOTO 1112
846 3 REWIND(24)
847 READ(24,111)NNRET
848 111 FORMAT(I5)
849 WRITE(*,*)
850 WRITE(*,*) NUMERO DE RESORTES =',NNRET
851 DO 50 I=1,NNRET
852 READ(24,111)NCE(I)
853 DO 110 J=1,NCE(I)
854 READ(24,113)NC(I,J),PO(I,NC(I,J))
855 113 FORMAT(I5,F10.6)

```

ISRET

```

856 110 CONTINUE
860 DO 60 IKR=1,NNRET
863 AREAN(IKR)=AREA(NC(IKR,J))*PO(IKR,NC(IKR,J))+AU1
865 WRITE(*,*)
867 42 FORMAT(' NODO:',I5,' AREA TRIBUTARIA:',F10.4,' m2')
868 WRITE(*,*) ' CENTROIDE PORCENTAJE'
870 44 WRITE(*,*)NC(IKR,J),PO(IKR,NC(IKR,J))
872 IF(ICN.GT.20*IAU-NCE(IKR))PAUSE
874 60 CONTINUE
877 DO 76 IAT=1,NNRET
879 DO 77 IAT=1,NDOV
882 WRITE(*,78)AREATD,AREATN
883 78 FORMAT(' AREA TOTAL DE LAS DOVELAS:',F10.4,' m2/',
884 + ' AREA TOTAL DE LOS NODOS:',F10.4,' m2/')
886 WRITE(*,*)
889 DO 10 ITER=1,NITER
891 251 FORMAT(/' ITERACION NUMERO= ',I5)
892 CALL KRET(NNRET,NC,NCE,PO,AREA,AKD,AKN)
893 IF(ITER.EQ.1.OR.ITER.EQ.NITER)THEN
894 WRITE(*,*) ' RIGIDECES DE LOS RESORTES'
897 252 FORMAT(' RESORTE RIGIDEZ',/
899 IAU=1
901 WRITE(*,*)IKR,AKN(IKR)
903 PAUSE
907 ENDIF
911 DO 200 IMAS=1,NNRET
913 CALL RETPLA(AKN,R,ITER,DRE,F2)
914 CALL QSUEL(NDOV,NNRET,PO,AREAN,R,Q)
916 300 Q(IM)=Q(IM)+QA(IM)
918 IF(ITER.LT.NITER)CALL KSUEL(NDOV,AKD,Q,DZ)
920 WRITE(*,62)NITER
922 PAUSE
926
928 COMMON /C1/UU(5,200),CCOS(200),SSEN(200),AK(3,3),AKK(300,120),
929 1 NAN,NRK
931 1 (FEF(1),YY(1)),(FEF(1),DESP(1))
932 DIMENSION INC(200,2),ALON(200),AJM(200),AIY(200),
933 + AZ(200),AA(300,120),YY(900,5),X(300),Y(300)
934 DIMENSION EE(200),ANU(200),CC(200),NUR(100),LRES(3,100),
935 1 DD(2,3),FNUD(3,130,5),IJ(2),FAB(3,200,5,2),
936 2 FEF(3,300,5),FA(3,200,5),FB(3,200,5),DESP(3,300,5),
937 3 NUDCR(120),RIGRES(120),FUERES(120,5)
938 CHARACTER *60 TIT,TITCA(6)
940 XSI(XSY,C)=XSY*XSX*(6.+12.*C-8.*XSX*(1.+C)+3.*XSX*XSX)
942 IF(ITER.EQ.1)WRITE(*,1000)
945 29 FORMAT(/' ERROR: NO EXISTE O ESTA MAL DECLARADO ',
946 +/' EL ARCHIVO DE DATOS DE LA RETICULA')
948 8031 FORMAT(/'10X,' NOMBRE ARCHIVO RETICULA (no teclee el ".RET"')/
949 + ' 10X,' (e.j. XYZ) -> ')
951 8833 FORMAT(A14)
954 WRITE(DRE(1:8),8800)F2
956 10 OPEN(7,FILE=DRE,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=5)
957 READ(7,2000)TIT
959 READ(7,*) NN,NAP,NBA,NCC,NNR
960 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1002) NN,NAP,NBA,NCC,NNR
962 DO 888 I=1,NNTOT
965 WRITE(5,*) ' COORDENADAS DE LOS NUDOS'
966 WRITE(5,*) ' NUDO COOR(X) COOR(Y)'
968 880 WRITE(5,*)I,X(I),Y(I)
971 DO 20 I = 1,NBA
973 1 AZ(I),EE(I),ANU(I)
976 J=INC(I,1)
980 ALON(I)=SQRT(DX*DX+DY*DY)
982 890 SSEN(I)=DY/ALON(I)
984 DO 30 I = 1,NBA
986 30 CONTINUE
989 CC(I) = 6 * (1.0 + ANU(I)) * AIY(I) / (AZ(I) * ALON(I)**2)
990 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1044)I,AJM(I),AIY(I),AZ(I),
992 31 CONTINUE
995 C = CC(I)
998 UU(1,I) = G * AJM(I) / ALL
857 50 CONTINUE
861 AU1=0.0
866 WRITE(*,42)IKR,AREAN(IKR)
875 AREATN=0.0
878 76 AREATN=AREAN(IAT)+AREATN
880 77 AREATD=AREA(IAT)+AREATD
887 CALL CHECAMU(AKD,NG,NDPG,NDUG)
890 WRITE(*,251)ITER
900 DO 253 IKR=1,NNRET
902 IF(IKR.GT.20*IAU1-3.OR.IKR.EQ.NNRET)THEN
904 IAU1=IAU1+1
908 253 CONTINUE
912 200 AKN(IMAS)=AKN(IMAS)
915 DO 300 IM=1,NDOV
917 CALL OBTDZ(Q,DZ,NDOV,AREL)
919 10 CONTINUE
921 62 FORMAT(' FIN DEL ANALISIS EST. LUEGO DE',I5,' ITERACIONES')
923 CLOSE(5)
927 SUBROUTINE RETPLA(RIGRES,FUERES,ITER,DRE,F2)
930 EQUIVALENCE (AKK,AA),(FA(1),FAB(1)),(FB(1),FAB(300,1)),
939 CHARACTER DRE*14,F2*8
941 C*
944 5 WRITE(*,29)
947 8032 WRITE(*,8031)
952 GOTO 10
958 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1001)TIT
961 NNTOT=NN+NAP
964 IF(ITER.EQ.1)THEN
967 DO 880 I=1,NNTOT
970 ENDIF
972 READ(7,*) INC(I,1),INC(I,2),AJM(I),AIY(I),
974 20 CONTINUE
975 DO 890 I=1,NBA
978 DX=X(K)-X(J)
979 DY=Y(K)-Y(J)
981 CCOS(I)=DX/ALON(I)
983 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1003)
985 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1004) I,INC(I,1),INC(I,2),ALON(I)
987 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1033)
988 DO 31 I = 1,NBA
991 +EE(I),ANU(I),CC(I)
994 E = EE(I)
997 ALL = ALON(I)
999 EIL = E * AIY(I) / (ALL * (1.0 + 4.0 * C))

```

ISRET

```

1000 UU(3,I) = 6.0 * EIL / ALL
1001 UU(2,I) = 2.0 * UU(3,I) / ALL
1002 UU(4,I) = 4.0 * EIL * (1.0 + C)
1003 UU(5,I) = 2.0 * EIL * (1.0 - 2.0 * C)
1004 40 CONTINUE
1005 NAN = 0
1006 DO 50 I = 1,NBA
1007 I1 = INC(I,1)
1008 I2 = INC(I,2)
1009 IF(I1.GT.NN.OR.I2.GT.NN) GO TO 50
1010 NAN = MAX0(NAN,ABS(I1 - I2))
1011 50 CONTINUE
1012 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,1005) NAN
1013 NAN = 3 * (NAN+1)
1014 NRK = 3 * NN
1015 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,52)NRK,NAN
1016 52 FORMAT(' REGLONES DE LA MATRIZ [K]:',I5/
1017 + ' COLUMNAS DE LA MATRIZ [K]:',I5)
1018 DO 60 J = 1,NAN
1019 DO 60 I = 1,NRK
1020 AKK(I,J) = 0.0
1021 60 CONTINUE
1022 DO 100 I=1,NBA
1023 I1 = INC(I,1)
1024 I2 = INC(I,2)
1025 IF (I1.GT.NN) THEN
1026 IF (I2.LE.NN) CALL OBTK(2,I,I2,I2)
1027 ELSE
1028 CALL OBTK(1,I,I1,I1)
1029 IF (I2.LE.NN) THEN
1030 IF(I2.GT.I1) CALL OBTK(3,I,I1,I2)
1031 IF(I1.GT.I2) CALL OBTK(4,I,I2,I1)
1032 CALL OBTK(2,I,I2,I2)
1033 ENDIF
1034 ENDIF
1035 100 CONTINUE
1036 CALL P(NNR,LRES,ITER)
1037 DO 7000 I=1,NNR
1038 DO 7000 J=1,3
1039 7000 LRES(J,I)=0.
1040 CALL P(NNR,LRES,ITER)
1041 IF (NNR.EQ.0) GO TO 121
1042 DO 110 I = 1,NNR
1043 READ(7,*) NUR(I),(LRES(J,I),J = 1,3)
1044 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,9000) NUR(I),(LRES(J,I),J = 1,3)
1045 9000 FORMAT(5x,4(i4,4x))
1046 110 CONTINUE
1047 CALL P(NNR,LRES,ITER)
1048 DO 120 I = 1,NNR
1049 L = NUR(I)
1050 K1 = (L - 1) * 3
1051 DO 115 J = 1,3
1052 IF (LRES(J,I).NE.1) GO TO 115
1053 K2 = K1 + J
1054 K3 = K2
1055 DO 113 K = 2,NAN
1056 AKK(K2,K) = 0.0
1057 K3 = K3 - 1
1058 IF (K3.GE.1) AKK(K3,K) = 0.0
1059 113 CONTINUE
1060 AKK(K2,1) = 1.0
1061 115 CONTINUE
1062 120 CONTINUE
1063 121 CONTINUE
1064 DO 200 K = 1,NCC
1065 DO 200 J = 1,NN
1066 DO 200 I = 1,3
1067 FEF(I,J,K) = 0.0
1068 200 CONTINUE
1069 DO 250 KON = 1,NCC
1070 READ(7,2000) TITCA(KON)
1071 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,4000) TIT,TITCA(KON)
1072 READ(7,*)NNUC
1073 IF(ITER.EQ.1)THEN
1074 WRITE(*,*)' NUMERO DE NUDOS CARGADOS= ',NNUC
1075 PAUSE
1076 ELSE
1077 ENDIF
1078 IF (NNUC.LE.0) GO TO 211
1079 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,4010)
1080 DO 210 L = 1,NNUC
1081 READ(7,*) K,(FEF(I,K,KON),I = 1,3)
1082 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,4020) K,(FEF(I,K,KON),I = 1,3)
1083 210 CONTINUE
1084 211 DO 215 K = 1,NBA
1085 DO 215 I = 1,3
1086 FA(I,K,KON) = 0.0
1087 FB(I,K,KON) = 0.0
1088 215 CONTINUE
1089 READ(7,*) NBAC
1090 IF (NBAC.LE.0) GO TO 250
1091 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,4030)
1092 DO 224 L = 1,NBAC
1093 READ(7,*) K,WZ,NCON,NWZP
1094 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,4050) K,WZ
1095 XL = ALON(K)
1096 CCC = CC(K)
1097 U4C = 1.0 + 4.0 * CCC
1098 D2CL = 2.0 * CCC * XL
1099 XL24C = XL * XL * U4C
1100 D12LC = 12 * U4C
1101 WZ2 = WZ * ALON(K) * ALON(K) / 12
1102 WZL = - WZ * ALON(K) * 0.5
1103 FA(2,K,KON) = WZ2
1104 FB(2,K,KON) = - WZ2
1105 FA(3,K,KON) = WZL
1106 FB(3,K,KON) = WZL
1107 IF (NCON.LE.0) GO TO 221
1108 DO 219 LL = 1,NCON
1109 READ(7,*) A,ZMXP,ZMYP,FZ
1110 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,4070) A,ZMXP,ZMYP,FZ
1111 B = XL - A
1112 FA(1,K,KON) = FA(1,K,KON) - B * ZMXP / XL
1113 FB(1,K,KON) = FB(1,K,KON) - A * ZMXP / XL
1114 ZMYC = ZMYP / XL24C
1115 S6ABL = 6 * A * B / XL
1116 FA(2,K,KON) = FA(2,K,KON) +
1117 1 B * (2 * A - B - 2 * D2CL) * ZMYC
1118 FB(2,K,KON) = FB(2,K,KON) +
1119 1 A * (2 * B - A - 2 * D2CL) * ZMYC
1120 FA(3,K,KON) = FA(3,K,KON) - S6ABL * ZMYC
1121 FB(3,K,KON) = FB(3,K,KON) + S6ABL * ZMYC
1122 FZC = FZ / XL24C
1123 FA(2,K,KON) = FA(2,K,KON) +
1124 1 A * (B + D2CL) * FZC * B
1125 FB(2,K,KON) = FB(2,K,KON) +
1126 1 B * (A + D2CL) * FZC * A
1127 FA(3,K,KON) = FA(3,K,KON) -
1128 1 (2.0 * D2CL * XL + B * (2.0 * A + XL))
1129 1 / XL * FZC * B
1130 FB(3,K,KON) = FB(3,K,KON) -
1131 1 (2.0 * D2CL * XL + A * (2.0 * B + XL))
1132 1 / XL * FZC * A
1133 219 CONTINUE
1134 221 IF (NWZP.LE.0) GO TO 224
1135 DO 222 LL = 1,NWZP
1136 READ(7,*) AW,DW,WZP
1137 IF(ITER.EQ.1)WRITE(5,4090) AW,DW,WZP
1138 DL = DW / XL
1139 AL = AW / XL
1140 WZL2C = WZP * XL * XL / D12LC
1141 MYPB = WZL2C * (XSI(DL,CCC) - XSI(AL,CCC))
1142 MYPB = WZL2C * (XSI(1.0 - DL,CCC) -
1143 1 XSI(1.0 - AL,CCC))
1144 RB = -(MYPB + MYPB) / XL +
1145 1 WZP * XL * (DL * DL - AL * AL)
1146 FA(2,K,KON) = FA(2,K,KON) + MYPB
1147 FB(2,K,KON) = FB(2,K,KON) + MYPB
1148 FA(3,K,KON) = FA(3,K,KON) - WZP * (DW - AW) + RB
1149 FB(3,K,KON) = FB(3,K,KON) - RB
1150 222 CONTINUE

```

```

1151 224 CONTINUE
1154 FNUD(I,J,KON) = FEF(I,J,KON)
1156 DO 240 I = 1,NBA
1159 DO 235 L = 1,2
1162 CALL TRANSF(FAB(1,I,KON,L),FAB(2,I,KON,L),CCC,SSS,ZMX,
1163 1 ZMY,1.0)
1165 FEF(2,II,KON) = FEF(2,II,KON) - ZMY
1166 FEF(3,II,KON) = FEF(3,II,KON) - FAB(3,I,KON,L)
1168 240 CONTINUE
1171 L = NUR(II)
1174 245 CONTINUE
1177 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,305)NNCR
1178 305 FORMAT(' NUMERO DE NUDOS CON RESORTE = ',I5)
1180 NUDCR(ICR)=ICR
1182 DO 330 ICR=1,NNCR
1185 330 AKK(IRENK,1)=AKK(IRENK,1)+RIGRES(ICR)
1186 CALL TRIAN(AA,NRK,NAN,300,IND,ITER)
1188 CALL RESUEL(AA,NRK,NAN,300,YY,NCC,900)
1190 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,4100) TIT,TITCA(KON)
1191 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,4150)
1193 499 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,4200)J,(DESP(I,J,KON),I=1,3)
1194 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,4300)
1197 DO 375 KKK = 1,3
1200 IKL = INC(I,K)
1202 CALL TRANSF(DESP(1,IKL,KON),DESP(2,IKL,KON),CCOS(I),
1203 1 SSEN(I),DD(K,1),DD(K,2), - 1.0)
1205 380 CONTINUE
1208 SIG = 2 * L - 3
1210 1 + UU(1,I) * (DD(L,1) - DD(LP,1))
1211 DILP = DD(L,3) - DD(LP,3)
1212 FAB(2,I,KON,L) = FAB(2,I,KON,L) + UU(4,I) * DD(L,2)
1213 1 + SIG * UU(3,I) * DILP
1215 FAB(3,I,KON,L) = FAB(3,I,KON,L)
1216 1 + SIG * UU(3,I) * (DD(L,2)
1217 2 + DD(LP,2)) + UU(2,I) * DILP
1219 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,4400)I,INC(I,1),
1220 1 (FA(M,I,KON),M = 1,3),INC(I,2),(FB(M,I,KON),M = 1,3)
1222 IF(ITER.EQ.10)THEN
1224 WRITE(5,*)' RESORTE NUDO DESPLAZ FUERZA'
1226 ENDIF
1229 DESRES=DESP(3,NCR,KON)
1231 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,345)INCR,NCR,DESRES,FUERES(INCR,KON)
1232 345 FORMAT(I5,3X,I5,1X,2E14.7)
1235 DO 400 J = NN + 1,NAP
1238 400 CONTINUE
1241 FNUD(K,I,KON) = - FNUD(K,I,KON)
1243 DO 430 J = 1,NBA
1247 II = IJ(L)
1249 1 SSEN(J),FAB(1,J,KON,L),FAB(2,J,KON,L),1.0)
1251 FNUD(K,II,KON) = FNUD(K,II,KON) + FAB(K,J,KON,L)
1253 430 CONTINUE
1256 2020 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,4510) J,(FNUD(K,J,KON),K = 1,3)
1257 IF(ITER.EQ.10)THEN
1260 2040 WRITE(5,4020) J,(FNUD(K,J,KON),K = 1,3)
1262 ENDIF
1265 1*****
1266 2*****
1267 3** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** * /,8x,
1268 4** ** ** ** * /,8x,
1269 5***** ** ** * /,8x,
1270 6***** ** ** * /,8x,
1271 7** ** ** ** * /,8x,
1272 8** ** ** ** * /,8x,
1273 9** ** ** * /,8x,
1274 1** ** **
1276 2'Análisis Estructural de las Reticulas planas'
1277 1001 format(/,8x,'Análisis de la reticula : ',a)
1278 1002 format(/,8x,'Nudos ',i3
1280 2 /,8x,'Barras ',i3
1282 4 /,8x,'Nudos restringidos ',i3)
1284 1'Características de las Barras'
1152 DO 230 J = 1,NN
1155 230 CONTINUE
1157 CCC = CCOS(II)
1160 II = INC(II,L)
1164 FEF(1,II,KON) = FEF(1,II,KON) - ZMX
1167 235 CONTINUE
1170 DO 245 I = 1,NNR
1173 IF (LRES(K,I).EQ.1) FEF(K,L,KON) = 0.0
1176 NNCR=NN
1179 DO 320 ICR=1,NNCR
1181 320 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,*)NUDCR(ICR),RIGRES(ICR)
1183 NCR=NUDCR(ICR)
1184 IRENK=3*NCR
1187 IF (IND.EQ.1) GOTO 999
1189 DO 500 KON = 1,NCC
1192 DO 499 J=1,NN
1196 DO 380 K = 1,2
1199 375 CONTINUE
1204 DD(K,3) = DESP(3,I,IKL,KON)
1207 LP = 3 - L
1209 FAB(1,I,KON,L) = FAB(1,I,KON,L)
1214 2 + UU(5,I) * DD(LP,2)
1218 390 CONTINUE
1221 395 CONTINUE
1225 ELSE
1228 NCR=NUDCR(INCR)
1233 335 CONTINUE
1234 GOTO 999
1236 DO 400 I5 = 1,3
1237 FNUD(I5,J,KON) = 0.0
1239 DO 405 K = 1,3
1242 405 CONTINUE
1244 IJ(1) = INC(J,1)
1245 IJ(2) = INC(J,2)
1246 DO 420 L = 1,2
1250 DO 420 K = 1,3
1252 420 CONTINUE
1255 DO 2020 J=1,NN
1259 DO 2040 J=NN+1,NN+NAP
1261 ELSE
1264 1000 format(//////////8x,
1275 1 //,8x,
1279 1 /,8x,'Apoyos completos ',i3
1281 3 /,8x,'Condiciones de carga ',i3
1283 1003 format(/,8x,
1285 2 //,8x

```

```

1286 3,'Barra Origen Destino Longitud '
1288 1033 format(/,8x,'Barra',
1289 1' Momento Momento Area Modulo Relacion C '
1291 2' polar de de de de de '
1293 3'de Inercia Inercia Cortante Elasticidad Poisson Cortante)
1294 1044 format(8x,1x,i3,1x,2(e14.7,1x),e14.7,2x,e14.7,3x,e14.7,2x,e14.7)
1295 1005 format(/,8x,'La maxima diferencia de incidencias es : ',i3)
1297 4000 format(/,8x,'Analisis de la reticula : ',a,
1298 1 /,8x,'Condicion de carga : ',a)
1299 4010 format(/,8x,'Fuerzas en los nudos',/,8x,
1300 1'Nudo Momento en X Momento en Y Fuerza en Z')
1301 4020 format(/,8x,i4,3x,3(e14.7,2x))
1302 4030 format(/,8x,'Fuerzas en las Barras',/,8x,
1303 1'Barra Wz A Mx My Fz a d wz)
1304 4050 format(8x,i4,8(1x,f10.3))
1306 4090 format(8x,5(1x,7x),3(1x,f7.2))
1307 4100 format(/,8x,'Solucion de la reticula : ',a,
1308 1 //,8x,'Condicion de carga : ',a)
1309 4150 format(/,8x,'desplazamientos de los nudos',
1310 1 //,8x,'Nudo Giro en X Giro en Y Despl. en Z')
1311 4200 format(8x,i4,3(1x,e14.7))
1312 4300 format(/,8x,'Elementos mecanicos en las barras',/,8x,
1313 1'Barra'2('Extremo Momento Momento Fuerza'),/,8x,
1314 2 5x, 2(' Torsionante Flexionante Cortante'))
1316 1 i5, 2( 2x,i3,2x,3(1x,f11.2))
1317 4500 format(/,8x,'Equilibrio de los nudos',/,8x,
1318 12('Nudo Suma Mx Suma My Suma Fz'))
1319 4510 format(8x,i4,3(1x,e11.2),)
1320 4600 format(/,8x,'Reacciones en los apoyos',/,8x,
1321 1'Apoyo Momento en X Momento en Y Fuerza en Z')
1323 CALL P(NNR,LRES,ITER)
1324 1324 RETURN
1324 DO 998 IP6 = 1,NN
1328 IF(ITER.EQ.10)WRITE(5,9000)IP6,(LRES(JP6,IP6),JP6 = 1,3)
1329 9000 FORMAT(5x,4(i4,4x))
1330 1330 CONTINUE
1332 END
1333 1333 SUBROUTINE OBTK(IND,I,K,L)
1334 COMMON /C1/UU(5,200),CCOS(200),SSEN(200),AK(3,3),AKK(300,120),
1337 K1 = 3 - 2 * ((IND + 1) / 2)
1338 AA = K1 * UU(1,I)
1339 K2 = (IND + 1) / 2 + 3
1340 BB = UU(K2,I)
1341 K3 = 1 - 2 * MOD(IND,2)
1342 EE = K3 * UU(3,I)
1343 K4 = 1 - 2 * MOD(MOD(IND,3),2)
1344 DD = K4 * UU(3,I)
1345 CC = CCOS(I)
1346 SS = SSEN(I)
1347 C2 = CC * CC
1348 S2 = SS * SS
1349 CS = CC * SS
1350 AK(1,1) = AA * C2 + BB * S2
1351 AK(1,2) = (AA - BB) * CS
1352 AK(1,3) = - DD * SS
1353 AK(2,1) = AK(1,2)
1354 AK(2,2) = AA * S2 + BB * C2
1355 AK(2,3) = DD * CC
1356 AK(3,1) = - EE * SS
1357 AK(3,2) = EE * CC
1358 AK(3,3) = K1 * UU(2,I)
1359 CALL ENSAM(K,L)
1360 RETURN
1361 END
1362
1363 SUBROUTINE ENSAM(I1,I2)
1364 COMMON /C1/UU(5,200),CCOS(200),SSEN(200),AK(3,3),AKK(300,120),
1366 K1 = 3 * I1 - 2
1367 K2 = (I2 - I1) * 3
1368 DO 10 I = 1,3
1369 DO 15 J = 1,3
1370 K3 = K2 + J
1371 IF (K3.GE.1) AKK(K1,K3) = AKK(K1,K3) + AK(I,J)
1372 15 CONTINUE
1373 K2 = K2 - 1
1374 K1 = K1 + 1
1375 10 CONTINUE
1376 RETURN
1377 END
1378
1379 SUBROUTINE TRIAN(A,NN,NAN,ND1,IND,ITER)
1380 DIMENSION A(300,120)
1381 IND = 0
1382 DO 90 I = 1,NN
1383 N1 = NAN
1384 IF (I.GT.NN - NAN + 1) N1 = NN - I + 1
1385 DO 90 J = 1,N1
1386 SUMA = 0.0
1387 K1 = J + 1
1388 K2 = 2
1389 K3 = I - 1
1390 10 IF (K3.EQ.0.OR.K1.EQ.NAN + 1) GO TO 11
1391 SUMA = SUMA + A(K3,K1) * A(K3,K2)
1392 K1 = K1 + 1
1393 K2 = K2 + 1
1394 K3 = K3 - 1
1395 GO TO 10
1396 11 SUMA = A(I,J) - SUMA
1397 IF (J.NE.1) GO TO 12
1398 IF (SUMA.LE.1.0E - 20) GO TO 91
1399 A(I,J) = SQRT(SUMA)
1400 GO TO 90
1401 12 A(I,J) = SUMA / A(I,1)
1402 90 CONTINUE
1403 RETURN
1404 91 WRITE(5,1001) I,SUMA
1405 IND = 1
1406 RETURN
1407 1001 FORMAT(/,10X,10(' '), ' ERROR EN RENGLON ',I3, ', SUMA = ',E12.5)
1408 END
1409 1410 SUBROUTINE RESUEL(AA,NN,NAN,ND1,YY,NCC,ND2)
1411 DIMENSION AA(300,120),YY(900,5)
1412 DO 200 J = 1,NCC
1413 DO 50 I = 1,NN
1414 SUMA = 0.0
1415 K1 = 2
1416 K3 = I - 1
1417 10 IF (K3.EQ.0.OR.K1.EQ.NAN + 1) GOTO 11
1418 SUMA = SUMA + AA(K3,K1) * YY(K3,J)
1419 K1 = K1 + 1
1420 K3 = K3 - 1
1421 GOTO 10
1422 11 CONTINUE

```

ISRET

```

1423 YY(I,J) = (YY(I,J) - SUMA) / AA(I,1)
1424 50 CONTINUE
1425 DO 100 IP = 1,NN
1426 I = NN - IP + 1
1427 N1 = NAN
1428 IF (I.GT.NN - NAN + 1) N1 = NN - I + 1
1429 SUMA = 0.0
1430 K1 = 2
1431 K3 = I + 1
1432 51 IF (K1.EQ.N1 + 1) GOTO 100
1433 SUMA = SUMA + AA(I,K1) * YY(K3,J)
1434 K1 = K1 + 1
1435 K3 = K3 + 1
1436 GOTO 51
1437 100 YY(I,J) = (YY(I,J) - SUMA) / AA(I,1)
1438 200 CONTINUE
1439 RETURN
1440 END
1441
1442 SUBROUTINE TRANSF(FX,FY,C,S,FXX,FYY,SIG)
1443 PROV = FX * C - FY * SIG * S
1444 FYY = FX * SIG * S + FY * C
1445 FXX = PROV
1446 RETURN
1447 END

```

3A.3 LISTADO DEL PROGRAMA CHECAMIS.FOR

```

1  INCLUDE 'FGRAPH.FI'                2  INCLUDE 'FGRAPH.FD'
3  LOGICAL fourcolors                4  EXTERNAL fourcolors
5  CHARACTER AD*14,F2*8,TITLE*72,ATPC*14,ADAT*14
6  DIMENSION XI(100,16),YI(100,16),XP(100),YP(100),XN(150),YN(150)
7  DIMENSION XJP(17),YJP(17)        8  DIMENSION NVERT(100),NODO(100,100)
9  DIMENSION AREA(100)              10 8010 WRITE(*,8850)
11 WRITE(*,8024)
12 8850 FORMAT(///) HOLA, EL ARCHIVO DE DATOS DEBE TENER POR FUERZA LA')
13 8024 FORMAT(' EXTENSION ".DOV"; ES NECESARIO NO TECLEAR LA EXTENSION
14 + YA QUE EL PROGRAMA SE LA AGREGA ') 15 WRITE(*,8020)
16 8020 FORMAT(/20X,' NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS(no teclee el ".DOV")')/
17 + 20X,' (e.j. B:XYZ) --> \)      18 READ(*,8800)AD
19 F2=AD                               20 ADAT=' .DOV'                21 WRITE(ADAT(1:8),8860)F2
22 8800 FORMAT(A14)
23 OPEN(2,FILE=ADAT,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
24 ATPC=' .CHM'                        25 WRITE(ATPC(1:8),8860)F2
26 8860 FORMAT(A8)
27 OPEN(4,FILE=ATPC,STATUS='NEW',ACCESS='SEQUENTIAL',ERR=7763)
28 GOTO 7764                            29 7763 OPEN(4,FILE=ATPC,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
30 7764 REWIND (2)                      31 READ(2,1040,ERR=9999,END=9999)TITLE
32 1040 FORMAT (A72)                   33 WRITE (4,2000)TITLE
34 2000 FORMAT (1X,A72)                35 READ (2,*)NNOD,NDOV
36 WRITE(*,2019)NDOV,NNOD
37 2019 FORMAT(/' NUMERO DE DOVELAS: ',I4/, ' NUMERO DE NODOS : ',I4/) 38 PAUSE
39 WRITE(4,2018)NDOV,NNOD              40 2018 FORMAT(2I5)
41 DO 1020 I=1,NNOD                   42 1020 READ(2,*)XN(I),YN(I)
43 2032 FORMAT(2F10.6)                44 DO 10 I=1,NDOV
45 10 READ(2,*)NVERT(I),(NODO(I,J),J=1,NVERT(I)) 46 2028 FORMAT(16I5)
47 XMIN= 9999999                      48 XMAX=-9999999
49 YMIN= 9999999                      50 YMAX=-9999999
51 DO 1024 I=1,NDOV                   52 DO 1028 J=1,NVERT(I)
53 XI(I,J)=XN(NODO(I,J))              54 IF(XI(I,J).LT.XMIN)XMIN=XI(I,J)
55 IF(XI(I,J).GT.XMAX)XMAX=XI(I,J)    56 YI(I,J)=YN(NODO(I,J))
57 IF(YI(I,J).LT.YMIN)YMIN=YI(I,J)   58 1028 IF(YI(I,J).GT.YMAX)YMAX=YI(I,J)
59 2066 FORMAT(2F10.4)                60 1024 CONTINUE
61 WRITE(4,*)XMIN,YMIN,XMAX,YMAX      62 DO 3024 I=1,NDOV
63 WRITE(4,3028)NVERT(I)              64 3028 FORMAT(I2)
65 DO 3026 J=1,NVERT(I)              66 WRITE(4,2066)XI(I,J),YI(I,J)
67 3026 CONTINUE                      68 WRITE(4,2066)XI(I,1),YI(I,1)
69 WRITE(4,*)                          70 3024 CONTINUE              71 DO 20 I=1,NDOV
72 AREA(I)=0.0                        73 2026 FORMAT(' DOV.: ',J3,' NUM.VERTS: ',J3,' VERTS.:',32F10.2)
74 XMO=0.0                             75 YMO=0.0                  76 ATR=0.0
77 DO 1052 IA=2,NVERT(I)
79 1052 YJP(IA)=YI(I,IA)-YI(I,1)      78 XJP(IA)=XI(I,IA)-XI(I,1)
81 ATR=(XJP(IA)*YJP(IA+1)-XJP(IA+1)*YJP(IA))/2 80 DO 1054 IA=2,NVERT(I)-1
83 YAM=(YI(I,IA)+YI(I,IA+1))/2      82 XAM=(XI(I,IA)+XI(I,IA+1))/2
85 YAR=(YI(I,1)+2*YAM)/3            84 XAR=(XI(I,1)+2*XAM)/3
87 YMO=YAR*ATR+YMO                   86 XMO=XAR*ATR+XMO
89 XP(I)=XMO/AREA(I)                 88 1054 AREA(I)=AREA(I)+ATR
91 WRITE(4,2926)XP(I),YP(I),AREA(I)  90 YP(I)=YMO/AREA(I)
92 2926 FORMAT(3F10.4)                93 WRITE(4,*)                94 20 CONTINUE
95 CLOSE(2)                            96 CLOSE(4)                 97 IF( fourcolors() ) THEN
98 CALL graphs(F2)                     99 ELSE                       100 WRITE (*,*)
101 + ' Este programa requiere tarjeta grafica CGA, EGA, o VGA.' 102 END IF
103 status=setvideomode($TEXTBW80)     104 9999 END                   105
106 LOGICAL FUNCTION fourcolors()      107 INCLUDE 'FGRAPH.FD'
108 INTEGER*2 dummy                    109 RECORD /videoconfig/ screen
110 COMMON screen                     111 CALL getvideoconfig( screen )
112 SELECT CASE( screen.adapter )      113 CASE( $CGA, $OEGA )
114 dummy = setvideomode( $MRES4COLOR ) 115 CASE( $EGA, $OEGA )
116 dummy = setvideomode( $ERESCOLOR ) 117 CASE( $VGA, $OVGA )
118 dummy = setvideomode( $VRES16COLOR ) 119 CASE DEFAULT
120 dummy = 0                          121 END SELECT
122 CALL getvideoconfig( screen )      123 fourcolors = .TRUE.
124 IF( dummy .EQ. 0 ) fourcolors = .FALSE. 125 END
126 INCLUDE 'FGRAPH.FD'                127 SUBROUTINE graphs(F2)
128

```

CHECAMIS

```

129 INTEGER*2      dummy, halfx, halfy
130 INTEGER*2      xwidth, yheight, cols, rows
132 RECORD /videoconfig/ screen
134 CALL clearscreen( $GCLEARSCREEN )
136 yheight = screen.numypixels
138 rows = screen.numtextrows
140 halfy = (yheight / rows) * (rows / 2)
141 CALL setviewport( 0, HALFY/2, xwidth - 1, yheight - 1 )
142 CALL settextwindow( 1, 1, ROWS, COLS)
143 dummy = setwindow( .TRUE., -2.0, -2.0, 2.0, 2.0 )
144 CALL gridshape( INT2( (rows / 2) + MOD( rows, 2 ) ), F2)
145 dummy = rectangle_w( $GBORDER, -2.0, -2.0, 2.0, 2.0 )
146 READ (*,*)      ! Wait for ENTER key to be pressed
147 dummy = setvideomode( $DEFAULTMODE )
148 END
149
150 SUBROUTINE gridshape( numc, F2 )
151 INCLUDE 'FGRAPH.FD'
152 INTEGER*2      dummy, numc, i, NVERT(100)
153 CHARACTER*2    str
154 CHARACTER*14   ADAT
155 CHARACTER*8    F2
156 CHARACTER*72   TITLE
157 DOUBLE PRECISION YI(100,17), XI(100,17)
158 RECORD /videoconfig/ screen
159 RECORD /wxycoord/ wxy
160 RECORD /rccoord/ curpos
161 COMMON screen
162 ADAT=' .CHM'
163 WRITE(ADAT(1:8),8860)F2
164 8860 FORMAT(A8)
165 8800 FORMAT(A14)
166 OPEN(2,FILE=ADAT,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
167 7764 REWIND (2)
168 READ(2,7766)TITLE
169 7766 FORMAT(A72)
170 READ(2,*)NDOV
171 READ(2,*)XMENOR, YMENOR, XMAYOR, YMAYOR
172 DO I=1, NDOV
173 READ(2,*)NVERT(I)
174 DO J=1, NVERT(I)+1
175 READ(2,*)XI(I,J), YI(I,J)
176 XI(I,J)=XI(I,J)/(XMAYOR-XMENOR)*3-1.5
177 YI(I,J)=YI(I,J)/(YMAYOR-ymenor)*3-1.5
178 END DO
179 READ(2,*)
180 END DO
181 CALL clearscreen( $GCLEARSCREEN )
182 WRITE(*,7766)TITLE
183 IF( screen.numcolors .LT. numc ) numc = screen.numcolors - 1
184 dummy = setcolor( 1 )
185 DO I = 1, NDOV
186 CALL moveto_w( XI(I,1), YI(I,1) , wxy )
187 DO J = 2, NVERT(I)+1
188 dummy = setcolor( 14 )
189 lineto_w( XI(I,J), YI(I,J) )
190 dummy = setcolor( 3 )
191 END DO
192 DO I=1, NDOV
193 READ(2,*)XI(I,1), YI(I,1)
194 READ(2,*)XI(I,1), YI(I,1)
195 XI(I,1)=XI(I,1)/(XMAYOR-XMENOR)*3-1.5
196 YI(I,1)=YI(I,1)/(YMAYOR-ymenor)*3-1.5
197 CALL MOVETO_W(XI(I,1)-0.005, YI(I,1)-0.005, WXY)
198 dummy = lineto_w(XI(I,1)+0.005, YI(I,1)+0.005)
199 CALL MOVETO_W(XI(I,1)+0.005, YI(I,1)-0.005, WXY)
200 dummy = lineto_w(XI(I,1)-0.005, YI(I,1)+0.005)
201 READ(2,*)
202 CALL SETTEXTPOSITION(I/10, I/10, CURPOS)
203 WRITE(STR, '(I2)') I
204 CALL OUTTEXT(' '//STR)
205 END DO
206 CLOSE(2)
207 END

```

ANEXO "E"

CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE CONSOLIDACIÓN EN SUELOS FINOS SATURADOS UTILIZANDO EL MODELO DE VISCOSIDAD INTERGRANULAR DE ZEEVAERT MEDIANTE UN PROGRAMA DE COMPUTADORA

E.1 INTRODUCCIÓN

Frecuentemente el ingeniero geotecnista se enfrenta a la problemática de la determinación de los parámetros de consolidación de los suelos, para lo cual es necesario realizar una interpretación de las curvas de laboratorio en función del modelo de comportamiento adoptado. Esta tarea involucra muchas horas de cálculo si se realiza en forma manual, tal como se hacía hasta hace algunos años, si el modelo requiere la determinación de varios parámetros esta actividad resulta mucho más ardua.

A continuación se desarrolla un programa de computo que permite la determinación de los parámetros de consolidación empleando el modelo de viscosidad intergranular propuesto por Zeevaert (ref. 20).

E.2 VISCOSIDAD INTERGRANULAR

Las sobrecargas de las estructuras cimentadas en suelos finos saturados inducen la consolidación de estos últimos. En forma clásica el fenómeno se divide en consolidación primaria y consolidación secundaria. La consolidación primaria se genera por un exceso de la presión del agua de poro la cual requiere de tiempos relativamente grandes para su disipación y desalojo retardando el proceso de deformación del suelo. La consolidación secundaria se presenta cuando existe un deslizamiento relativo entre las laminas arcillosas, este fenómeno se denomina "viscosidad intergranular" y tiene importancia, sobre todo, cuando el subsuelo se encuentra altamente estratificado con intercalaciones de material permeable, ya que la consolidación primaria se presenta rápidamente.

Para analizar el fenómeno de viscosidad intergranular Zeevaert propone utilizar dos modelos reológicos conectados en serie, los cuales son:

a) El modelo de Kelvin, que es equivalente al modelo de Terzaghi, por lo que con esta parte se toma en cuenta la consolidación primaria. El amortiguador Newtoniano del modelo tiene una fluidez lineal ϕ_1 y el elemento resistente cuenta una compresibilidad α_1 .

b) La unidad Z, compuesta por un elemento viscoso no lineal y un elemento viscoso lineal conectados en paralelo (el efecto de esta conexión es que la viscosidad lineal retarda el movimiento del elemento viscoso no lineal). La fluidez lineal es ϕ_2 y la no lineal que varía con el tiempo (t), es $\frac{a}{b+t}$, siendo "a" y "b" dos constantes que se determinan experimentalmente.

La deformación volumétrica, $\Delta\varepsilon_v$, se calcula con la siguiente expresión:

$$\Delta\varepsilon_v = m_v \Delta p \left[F(T_v) + \beta \log(1 + \xi T_v) \right]$$

donde:

- m_v : coeficiente de compresibilidad volumétrica unitario para la compresión primaria.
- Δp : incremento de esfuerzo aplicado.
- $F(T_v)$: función de Terzaghi del fenómeno primario.
- T_v : factor tiempo
- β : factor que mide la magnitud relativa del fenómeno viscoso intergranular.
- ξ : factor adimensional que modifica el valor de T_v en el fenómeno viscoso intergranular.

los parámetros m_v , β y ξ se obtienen del ajuste de las curvas de las pruebas de consolidación en muestras inalteradas representativas de los estratos, como una función del nivel de esfuerzos (ref. 20).

E.3 ALCANCE DEL PROGRAMA

El programa de computadora consiste en un "macro" de LOTUS 123r3 o superior (inciso 4), y permite calcular los parámetros de consolidación de la teoría de Zeevaert de viscosidad intergranular mediante el ajuste de las gráficas de laboratorio. Este ajuste se realiza en forma manual observando la tendencia de la curva experimental; en la hoja de cálculo se introducen los valores "iniciales" de los parámetros del modelo, observados de la tendencia, los valores finales se pueden determinar modificando los propuestos inicialmente, hasta lograr el mejor ajuste a juicio del calculista.

E.4 LISTADO

En la tabla E.1 se proporciona la codificación de los algoritmos empleados para el desarrollo del programa, mismo que deberá ser reproducido en una hoja de lotus en alguna de las celdas a partir de la P1. Para correrlo será necesario declarar el rango y el nombre del macro, esto se realiza invocando el menú con la tecla "/", eligiendo "rango" "nombrar" "\A" ó "\B" etc. e indicando donde empieza dicho rango (por ejemplo el macro [ALT] [A] deberá comenzar en la celda P3 y el [ALT] [B] en la P34, no es necesario dar todo el rango solo se requiere definir donde empieza). Los macros así declarados se invocan tecleando [ALT] (sin soltar) + [letra]. Una vez reproducida la hoja se pueden borrar las instrucciones de macro.

TABLA E1.- CODIFICACIÓN DEL PROGRAMA PARZEV EN LOTUS

- 1) MACRO [ALT][A]
- 2) DATOS DEL PROBLEMA Y LLENADO DE LA TABLA
- 3) {GOTO}A1~{MENU}WCS12~
- 4) DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE CONSOLIDACION CON LA TEORIA DE ZEEVAERT-
- 5) :WCSB1.D1~8~{GOTO}F1~{MENU}WCS11~{GOTO}I1~{MENU}WCS10~{GOTO}A1~
- 6) {GOTO}A3~"OBRA:~{GOTO}B3~{?}~{GOTO}A4~"LOC.:~{GOTO}B4~{?}~
- 7) {GOTO}A5~"SONDEO:~{GOTO}B5~{?}~{GOTO}A6~"MUESTRA:~{GOTO}B6~{?}~
- 8) {GOTO}A7~"PROF.:~{GOTO}C7~m~{GOTO}B7~{?}~
- 9) {GOTO}I3~kg/cm²~{GOTO}F3~ESFUERZO INICIAL=~{GOTO}H3~{?}~
- 10) {GOTO}F4~' INCREMENTO=~{GOTO}I4~kg/cm²~
- 11) {GOTO}H4~{?}~{GOTO}F5~' ALTURA INICIAL=~{GOTO}F6~' DE LA PROBETA~
- 12) {GOTO}I5~cm~{GOTO}H5~{?}~{GOTO}A9~^FECHA~{GOTO}A10~^día-mes-año~
- 13) {GOTO}B9~^DIAS~{GOTO}B10~^TRANSC.~{GOTO}C9~^HORA~{GOTO}C10~
- 14) {GOTO}C10~^hora:min~{GOTO}D9~^HORA~{GOTO}D10~^CORREG.~
- 15) {GOTO}E9~^TIEMPO~{GOTO}E10~^min~{GOTO}F9~^TIEMPO~{GOTO}F10~^s~
- 16) {GOTO}G9~^t(log)~{GOTO}G10~^s~{GOTO}H9~^MICROM.~{GOTO}H10~^mm~
- 17) {GOTO}I9~^DEFORM.~{GOTO}I10~^micras~{GOTO}A9~:FLOA9.I10~:FLA9.I10~
- 18) {GOTO}A11~:FLAA11.I30~{GOTO}B11~^-----{MENU}CB11~D11~
- 19) {MENU}CB11~I11~{GOTO}E11~0~{MENU}C~F11.G11~{GOTO}E12~5/60~{D}1/6~
- 20) {D}30/60~{D}1~{GOTO}B12~@IF(A12=0,+\$\$S11,+A12-\$A\$11)~
- 21) {MENU}RFDT2D12.D30~{MENU}C~B13.B30~{GOTO}D12~
- 22) @IF(B12=0,@IF(C12=0,+\$\$S11,+C12),@IF(C12=0,+\$\$S11+B12,+B12+C12))~
- 23) {MENU}C~D13.D30~{MENU}RFD1A11.A30~{MENU}RFDT2C11.C30~
- 24) {GOTO}F12~@IF(D12=0,@IF(E12=0,+F11,+E12*60),+(D12-\$\$S11)*3600*60/2.5)~
- 25) {MENU}C~F13.F30~{GOTO}G12~@IF(F12=0,+G11,@LOG(F12))~{MENU}C~G13.G30~
- 26) {GOTO}I12~@IF(H12=0,+I11,(+H12-\$\$S11)*1000)~{MENU}C~I13.I30~{GOTO}A9~
- 27) {MENU}RUA11.A30~{MENU}RUC11.C30~{MENU}RUE12.E30~{MENU}RUH11.H30~
- 28) {MENU}RUB3.B7~{MENU}RUH3.H5~{MENU}WGPE~{DOWN 2}
- 29)
- 30)
- 31) MACRO [ALT][B]
- 32) DIBUJO DE LA GRAFICA
- 33) PARA NO ACUMULAR GRAFICOS EN LA TABLA BORRELOS PERIODICAMENTE
- 34) {MENU}WGPD{MENU}GRG
- 35) TXXG12.G771~A112.I30~OTXTiempo en segundos~TYDeformación en micras~FASQQQ
- 36) {GOTO}F72~1.2~{DOWN}1.2~{DOWN}+F72+0.2~{DOWN}+F74~{UP}
- 37) {MENU}C{DOWN}~F76.F77~{MENU}CF74.F77~F78~{MENU}CF74.F81~F82~
- 38) {MENU}CF74.F89~F90~{MENU}CF74.F105~F106~{MENU}CF74.F137~F138~
- 39) {GOTO}F162~+F72*10~{MENU}C~F163.F519~{GOTO}F72~
- 40) {GOTO}G72~@LOG(F72)~{MENU}C~G73.G519~
- 41) {GOTO}F521~1~{DOWN}2~{DOWN}3~{DOWN}4~{DOWN}5~{DOWN}10~
- 42) {GOTO}F527~+F522*10~{MENU}C~{DOWN}. {DOWN 4}~{MENU}CF527.F532~F533~
- 43) {MENU}CF527.F534~F539~{MENU}CG519~G521.G546~{MENU}RVF72.G546~F72~
- 44) {GOTO}K521~1~{DOWN}2~{DOWN}3~{DOWN}4~{DOWN}5~{DOWN}10~
- 45) {MENU}CK522.K525~K527~{GOTO}K531~+K526*10~{MENU}CK527.K531~K532~
- 46) {MENU}CK527.K536~K537~{MENU}RVK72.K546~K72~{GOTO}J521~-\$D\$70~
- 47) {MENU}C~J522.J546~{GOTO}C68~
- 48) RALLADO LOGARITMICO:~{GOTO}C69~"cota mín =~{GOTO}D69~@ABS(I30-I12/I30)~
- 49) {GOTO}E69~micras~{GOTO}C70~"cota máx =~{GOTO}D70~@ABS(I12+I30/I12)~
- 50) {GOTO}E70~micras~
- 51) {GOTO}J72~-\$D\$69~{DOWN}~-\$D\$70~{DOWN}~-\$D\$70~{DOWN}~-\$D\$69~
- 52) {GOTO}J72~{MENU}CJ72.J75~J76~{MENU}CJ72.J79~J80~{MENU}CJ72.J87~J88~
- 53) {MENU}CJ72.J103~J104~{MENU}CJ72.J135~J136~{MENU}CJ72.J199~J200~
- 54) {MENU}CJ72.J263~J328~{MENU}GBJ12.J771~ODBK12.K546~BQGH~
- 55) FBLCLQXXML0~U5~FHQQQ{GOTO}B32~
- 56) :GACE32.I47~Q{MENU}WGPE{MENU}RUD69.D70~
- 57)
- 58)

59) MACRO [ALT][C]
60) CALCULO DE PARAMETROS
61) {MENU} WGPD
62) {GOTO} B32~Deformación al 0%~{GOTO} D33~micras~{GOTO} B33~"0% =~{RIGHT 1}
63) {GOTO} C33~+D70~{GOTO} B35~Cambio de curvatura:~{GOTO} B36~"delta B=~
64) {GOTO} C36~-(130+I12)/2~{GOTO} D36~micras~{GOTO} B37~"tB=~{GOTO} C37~
65) +(F30+F12)/100~{GOTO} D37~s~{GOTO} B39~Punto final de la curva:~{GOTO} B40~
66) "delta F=~{GOTO} C40~I30~{GOTO} D40~micras~{GOTO} B41~"tF=~{GOTO} C41~
67) +F30~{GOTO} D41~s~{GOTO} B43~Pendiente al final de la curva:~{GOTO} B44~
68) "Ct=~{GOTO} C44~I30/3.5~{GOTO} B46~Primera aprox. de t50 con:~{GOTO} B47~
69) "1/2delta v=~{GOTO} C47~
70) @IF(D73>0,+1/2*((C36-C33)-C44*@LOG(1+C37/D73))+C33,+D72)~{GOTO} B49~
71) Aproximaciones posteriores:~{GOTO} B50~"delta 50=~{GOTO} C50~
72) @IF(C63>0,+C47+C44*@LOG(1+0.2*C63),+A11)~{GOTO} D50~micras~
73) {GOTO} B51~"t 50=~{GOTO} C51~+C41/100~{GOTO} D51~s~
74) {GOTO} F49~"0% : Deformación para el cero % de consolidación~
75) {GOTO} F51~delta B Y tB: Punto en el cual se presenta el cambio~
76) {GOTO} F52~' de curvatura~
77) {GOTO} F54~delta F Y tF: Punto elegido lo más alejado~
78) {GOTO} F55~' del cambio de curvatura~
79) {GOTO} F57~Ct: Pendiente de la zona recta logaritmica~
80) {GOTO} F58~' al final de la curva~
81) {GOTO} F60~t50: Tiempo para el 50% de consolidación primaria.~
82) {GOTO} F61~' En la primera aproximación se iguala al tiempo~
83) {GOTO} F62~' correspondiente a la deformación 1/2 delta v~
84) {GOTO} F63~' y luego a la de los deltas 50s., hasta que ya~
85) {GOTO} F64~' no varíe según los deltas 50s.~{GOTO} C72~"a =~{GOTO} D72~
86) @IF(C44>0,@LN(0.1)/@LOG(0.1)*(+C36-C40)/C44,+A11)~{GOTO} C73~"tao =~
87) {GOTO} D73~@IF(D73<0,(@EXP(D72)*C41-C37)/(1-@EXP(D72)),+D72)~{GOTO} C74~
88) "cv =~{GOTO} D74~@IF(C51>0,0.2*(H5/2)^2/C51.A11)~{GOTO} C75~"psi =~
89) {GOTO} D75~@IF(C51>0,+(H5/2)^2/(D74*D73),+A11)~{GOTO} B32~{GOTO} C33~
90) {MENU} RU~{MENU} RUC36.C37~{MENU} RUC40.C41~{MENU} RUC44~{MENU} RUC51~
91) {GOTO} F548~{MENU} DFF548.F592~1.2~0.2~{GOTO} F593~+F548*10~
92) {MENU} C~F594.F771~{GOTO} G548~@LOG(F548)~{MENU} C~G549.G771~
93) {MENU} RVF548.G771~F548~{GOTO} A547~^Tv~{RIGHT}^F(Tv)~{RIGHT 10}^m=0~
94) {RIGHT}^m=1~{RIGHT}^m=2~{RIGHT}^m=3~{RIGHT}^m=4~{RIGHT}^m=5~
95) {GOTO} A548~@IF(\$D\$73*\$D\$75>0.F548/(\$D\$73*\$D\$75),0)~{GOTO} L548~
96) @IF(A548<5.8*@EXP(-@PI^2*A548/4)/@PI^2,0)~{RIGHT}
97) @IF(A548<5.8*@EXP(-9*@PI^2*A548/4)/(9*@PI^2),0)~{RIGHT}
98) @IF(A548<5.8*@EXP(-25*@PI^2*A548/4)/(25*@PI^2),0)~{RIGHT}
99) @IF(A548<5.8*@EXP(-49*@PI^2*A548/4)/(49*@PI^2),0)~{RIGHT}
100) @IF(A548<5.8*@EXP(-81*@PI^2*A548/4)/(81*@PI^2),0)~{RIGHT}
101) @IF(A548<5.8*@EXP(-121*@PI^2*A548/4)/(121*@PI^2),0)~{GOTO} B548~
102) @SUM(L548.Q548)~{MENU} CA548.B548~A549.B771~{MENU} CL548.Q548~L771.Q771~
103)~{MENU} CL548.Q548~L549.Q771~{GOTO} J548~
104) @IF(\$C\$62>0,-(\$C\$47-\$C\$33)*2*B548-\$C\$44*@LOG(1+\$C\$63*A548)-\$C\$33,-\$D\$69)~
105) {MENU} C~J549.J771~{GOTO} B57~LOS PARAMETROS DE~{DOWN}
106) CONSOLIDACION SON:~{DOWN}"mv=~{RIGHT 2}cm²/kg~{LEFT}
107) @IF(B66=O1,@IF((H5*H4)>0,+C47*2*10^(-4)/(H5*H4),+\$A\$11),\$A\$11)~{DOWN}
108) @IF(B66=O1,@IF((H5*H4)>0,+C44*10^(-4)/(H5*H4),\$A\$11),\$A\$11)~{LEFT}"mt=~
109) {RIGHT 2}cm²/kg~{DOWN}cm²/s~{LEFT}@IF(B66=O1,+D74,\$A\$11)~{LEFT}"cv=~
110) {DOWN}"β=~{RIGHT}@IF(C59>0,+C60/C59,+\$A\$11)~{DOWN}
111) @IF(B66=O1,+D75.\$A\$11)~{LEFT}"psi=~:FLDOB54.D63~{GOTO} B54~
112) PARA EL ESFUERZO MEDIO~{DOWN}DE:~{RIGHT 2}kg/cm²~{LEFT}
113) @IF(H4>0,H3+H4/2,\$A\$11)~
114) {GOTO} B32~{DOWN}{RIGHT}{MENU} WGPE
115)
116)
117) MACRO [ALT][D]
118) IMPRESION DE RESULTADOS
119) :PRSAI.I65~LCALM1{ESC}{ESC}P

E.5 EJEMPLOS DE AJUSTE DE CURVAS DE CONSOLIDACION

En la Fig. E.1 se presenta la curva de compresibilidad de un material arcilloso de la zona de lago de la ciudad de México. En los puntos "3", antes del esfuerzo crítico, y "5", después del esfuerzo crítico, se realizaron los ajustes a las curvas de consolidación que se muestra en las Figs. E.2 y E.3.

Las curvas de consolidación en suelos finos saturados como las arcillas de la ciudad de México, antes del esfuerzo crítico, tienen una forma típica como la mostrada en la Fig. E.2, resultando relativamente fáciles de interpretar ya que el cambio de curvatura se define con bastante claridad, no así después del esfuerzo crítico donde la deformación secundaria tiene una mayor contribución. En este último caso se ha observado en la práctica que el t_B cambia poco, por lo cual se puede adoptar un valor del mismo igual al que se presentó para las curvas de consolidación cerca del esfuerzo crítico; el verdadero valor de t_B se puede determinar conociendo la evolución de la presión de poro con el tiempo generada por la aplicación del incremento de esfuerzo correspondiente, sin embargo este tipo de mediciones no son comunes en los laboratorios de rutina, por lo que el ajuste de las curvas de consolidación después del esfuerzo crítico dependerá grandemente del criterio del geotecnista.

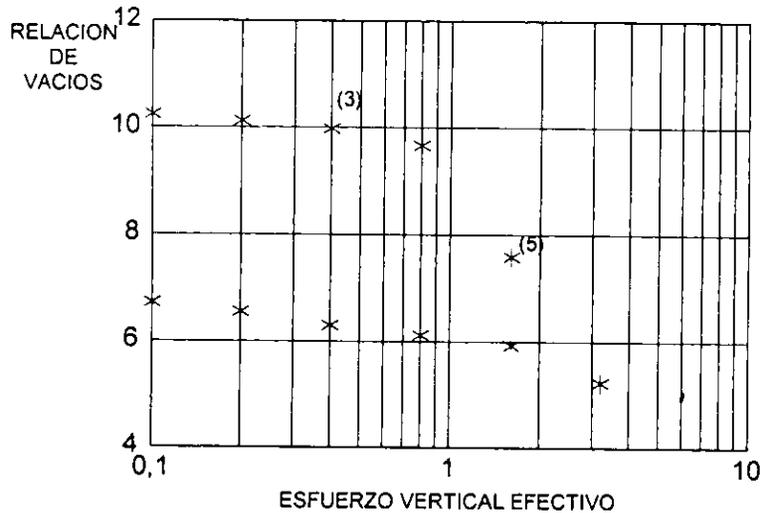


Fig. E.1 CURVA DE COMPRESIBILIDAD

OBRA: TERCER INCREMENTO
 LOC.: ROJO GOMEZ ESQ. FF.CC. RIO FRIO
 SONDEO: SM-1
 MUESTRA: 35
 PROF.: 21.0-21.8 m

ESFUERZO INICIAL= 0.2 kg/cm²
 INCREMENTO= 0.2 kg/cm²
 ALTURA INICIAL= 1.986 cm
 DE LA PROBETA

FECHA día-mes-año	DIAS TRANSC.	HORA hora:min	HORA CORREG.	TIEMPO min	TIEMPO s	t(log) s	MICROM. mm	DEFORM. micras
20-Jul-96	----	10:34 AM	----	0	0	0	9.446	----
				0.083333	5	0.69897	9.354	-92
				0.166667	10	1	9.338	-108
				0.25	15	1.176091	9.324	-122
				0.5	30	1.477121	9.3	-146
				1	60	1.778151	9.274	-172
				2	120	2.079181	9.25	-196
				4	240	2.380211	9.234	-212
				8	480	2.681241	9.22	-226
				15	900	2.954243	9.218	-228
				30	1800	3.255273	9.206	-240
				60	3600	3.556303	9.2	-246
				120	7200	3.857332	9.19	-256
				240	14400	4.158362	9.178	-268
					14400	4.158362		-268
					14400	4.158362		-268
					14400	4.158362		-268
					14400	4.158362		-268
					14400	4.158362		-268
					14400	4.158362		-268

Deformación al 0%:
 0% = 58 micras

Cambio de curvatura:
 delta B= 215 micras
 tB= 250 s

Punto final de la curva:
 delta F= 271 micras
 tF= 14400 s

Pendiente al final de la curva:
 Ct= 50

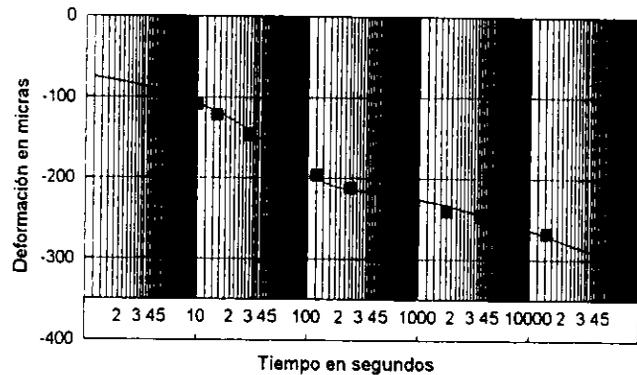
Primera aprox. de t50 con:
 1/2 delta v= 133.868

Aproximaciones posteriores:
 delta 50= 134.456 micras
 t 50= 25 s

PARA EL ESFUERZO MEDIO
 DE: 0.3 kg/cm²

LOS PARAMETROS DE
 CONSOLIDACION SON:
 mv= 0.06741 cm²/kg
 mt= 0.01259 cm²/kg
 cv= 0.00789 cm²/s
 beta= 0.18675
 psi= 0.13714

INCREMENTO "3" (FIG. E.1)



0% : Deformación para el cero % de consolidación

delta B Y tB: Punto en el cual se presenta el cambio de curvatura

delta F Y tF: Punto elegido lo más alejado del cambio de curvatura

Ct: Pendiente de la zona recta logarítmica al final de la curva

t50: Tiempo para el 50% de consolidación primaria. En la primera aproximación se iguala al tiempo correspondiente a la deformación 1/2 delta v y luego a la de los deltas 50s., hasta que ya no varíe respecto de los deltas 50s.

FIG. E.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONSOLIDACIÓN CON EL MODELO DE ZEEVAERT

OBRA: QUINTO INCREMENTO
 LOC.: ROJO GOMEZ ESQ. FF.CC. RIO FRIO
 SONDEO: SM-1
 MUESTRA: 35
 PROF.: 21.0-21.8 m

ESFUERZO INICIAL= 0.8 kg/cm²
 INCREMENTO= 0.8 kg/cm²
 ALTURA INICIAL= 1.903 cm
 DE LA PROBETA

FECHA día-mes-año	DIAS TRANSC.	HORA hora:min	HORA CORREG.	TIEMPO min	TIEMPO s	t(log) s	MICROM. mm	DEFORM. micras
21-Jul-95		09:30 AM		0	0	0	8.616	
				0.083333	5	0.69897	8.44	-176
				0.166667	10	1	8.384	-232
				0.25	15	1.176091	8.34	-276
				0.5	30	1.477121	8.244	-372
				1	60	1.778151	8.112	-504
				2	120	2.079181	7.946	-670
				4	240	2.380211	7.752	-864
				8	480	2.681241	7.518	-1098
				15	900	2.954243	7.33	-1286
				30	1800	3.255273	6.875	-1741
				60	3600	3.556303	6.745	-1871
				120	7200	3.857332	6.36	-2256
				240	14400	4.158362	6.095	-2521
				480	28800	4.459392	5.701	-2915
22-Jul-95	1	11:06 AM	11:06 AM		92160	4.964542	4.909	-3707
					92160	4.964542		-3707
					92160	4.964542		-3707
					92160	4.964542		-3707
					92160	4.964542		-3707

Deformación al 0%:
 0% = 60 micras

Cambio de curvatura:
 delta B = 700 micras
 tB = 110 s

Punto final de la curva:
 delta F = 3650 micras
 tF = 92160 s

Pendiente al final de la curva:
 Ct = 1300

Primera aprox. de t50 con:
 1/2 delta v = 309.524

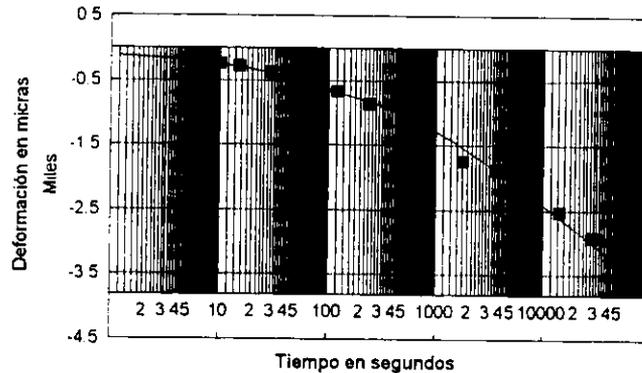
Aproximaciones posteriores:
 delta 50 = 340.67 micras
 t 50 = 22 s

PARA EL ESFUERZO MEDIO
 DE: 1.2 kg/cm²

LOS PARAMETROS DE
 CONSOLIDACION SON:

mv = 0.04066 cm²/kg
 mt = 0.08539 cm²/kg
 cv = 0.00823 cm²/s
 beta = 2.1
 psi = 0.28358

INCREMENTO "5" (FIG. E.1)



0% : Deformación para el cero % de consolidación

delta B Y tB: Punto en el cual se presenta el cambio de curvatura

delta F Y tF: Punto elegido lo más alejado del cambio de curvatura

Ct: Pendiente de la zona recta logarítmica al final de la curva

t50: Tiempo para el 50% de consolidación primaria. En la primera aproximación se iguala al tiempo correspondiente a la deformación 1/2 delta v y luego a la de los deltas 50s., hasta que ya no varíe respecto de los deltas 50s.

FIG. E.3 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONSOLIDACIÓN CON EL MODELO DE ZEEVAERT

ANEXO F

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA ALFAS.WK

Este programa se desarrolló para determinar las compresibilidades de los estratos. Sin embargo, para un análisis preliminar aunque las compresibilidades varíen para cada placa, se pueden adoptar incrementos de esfuerzo medio y compresibilidades medias para cada planta de cimentación y para cada estrato que se defina.

Pasos:

- 1) Abrir una hoja nueva en lotus
- 2) En las casillas mostradas en las figuras E.1 y E.2 se colocan los letreros correspondientes.
- 3) La casilla K6 debe tener la fórmula: +D6-C6
- 4) Se copia la casilla K6 a las L6.Q6
- 5) Se copian las casillas K6.Q6 a las K14, K22, K30, K38, K46, K54, K62, K70, K78, K86 y K94.
- 6) En la casilla K7 se escribe la fórmula: @SI(D6>0,(D7-C7)/L6,0)
- 7) Se copia la casilla K7 a las L7.Q7
- 8) Se copian las casillas K7.Q7 a las K15, K23, K31, K39, K47, K55, K63, K71, K79, K87 y K95.
- 9) Se modifica la casilla K7 a la fórmula: @SI(\$D\$6>0,(D7-C7)/L6,0); la casilla L7, de la fórmula @SI(E6>0,(E7-D7)/M6,0) a la fórmula: @SI(\$E\$6>0,(E7-D7)/M6,0); etc. hasta la casilla Q95, de la fórmula @SI(J94>0,(J95-I95)/R94,0) a la fórmula @SI(\$J\$94>0,(J95-I95)/R94,0).
- 10) Se copia el rango K7.Q7 al rango K8.Q10, el rango K15.Q15 al rango K16.Q19, ..., el rango K95.Q95 al rango K96.Q98.
- 11) La celda F108 debe tener la fórmula para calcular el factor de corrección ρ_e para alivio parcial de esfuerzos, por ejemplo para arcillas de la ciudad de México se ha comprobado experimentalmente: +@RCUAD(E108/D108).
- 12) En la celda H108 se escribe la fórmula: +B108*F108*G108/1000, en la J108 la fórmula: D108-I108/2, en la K108: +j108/10.

13) En la celda L108: $@SI(K108>=C6\#Y\#K108<D6,(K108-C6)*K7-C7,@SI(K108>=D6\#Y\#K108<E6),(K108-D6)*L7+D7,@SI.....,@SI(K108>=H6\#Y\#K108<I6),(K108-H6)*P7+H7,0))))$

14) En la celda M108 se escribe la fórmula: $@SI(K108>=C6\#Y\#K108<D6,(K108-C6)*K8-C8,@SI(K108>=D6\#Y\#K108<E6),(K108-D6)*L8+D8,@SI.....,@SI(K108>=H6\#Y\#K108<I6),(K108-H6)*P8+H8,0))))$

15) En la celda N108: $@SI(K108>=C6\#Y\#K108<D6,(K108-C6)*K9-C9,@SI(K108>=D6\#Y\#K108<E6),(K108-D6)*L9+D9,@SI.....,@SI(K108>=H6\#Y\#K108<I6),(K108-H6)*P9+H9,0))))$

16) En la celda O108: $@SI(K108>=C6\#Y\#K108<D6,(K108-C6)*K10-C10,@SI(K108>=D6\#Y\#K108<E6),(K108-D6)*L10+D10,@SI.....,@SI(K108>=H6\#Y\#K108<I6),(K108-H6)*P10+H10,0))))$

17) En la celda P108: $+M108*86400*365*15/C108^2$; en la celda Q108: $+N108*@log(1+O108*P108)$; en la celda R108: $I108/D108$; en la celda S108: $+(1+Q108*R108)/(1+Q108)*F108$; en la celda U108: $+L108*B108*(T108+N108*@LOG(1+O108*P108))*S108$; y en la celda V108: $+U108/1000$.

18) Se copia el rango F108.V108 al rango F110.V110, ..., al F130.V130 y se corrigen las celdas de m_v , c_v β y ξ , para los estratos que correspondan, por ejemplo la celda L110 debe decir: $@SI(K110>=C14\#Y\#K110<D14,(K110-C14)*K15-C15,@SI(K110>=D14\#Y\#K110<E14),(K110-D14)*L15+D15,@SI.....,@SI(K110>=H14\#Y\#K110<I14),(K110-H14)*P15+H15,0))))$

19) En la celda H148, la fórmula: $+D148+E148/2$; en la I148: $+H148/10$; en la J148: $@SI(I148>=C6\#Y\#I148<D6,(I148-C6)*K7-C7,@SI(I148>=D6\#Y\#I148<E6),(I148-D6)*L7+D7,@SI.....,@SI(I148>=H6\#Y\#I148<I6),(I148-H6)*P7+H7,0))))$, procediendo como en los pasos 13 a 18 para el rango H150 a Q170.

Una vez que se terminan de escribir las fórmulas en las casillas correspondientes, se puede proteger la hoja tecleando: $[/][H][G][B][S]$, donde: /.-menú, H.- hoja, G.- global, B.-bloqueo, S.- si, y desproteger los rangos convenientes tecleando: $[/][R][D]$ y definiendo los rangos a desproteger (para luego poder introducir los datos), donde /.- menú, R.- rango, D.- desproteger.

Por último se introducen los datos del problema a resolver para determinar las compresibilidades correspondientes.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q							
1	CÁLCULO DE COMPRESIBILIDADES																							
2	RESUMEN DE PROPIEDADES																							
4	ESTRATO 1																							
5	INCREMENTO No.																							
6	σ	(kg/cm ²)	0.05000	0.10000	0.20000	0.40000	0.70000	1.10000	PENDIENTES (NO BORRAR)									0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	-1.1	0
7	mv	(cm ² /kg)	0.26760	0.08620	0.09371	0.05532	0.04776	0.03107	-1.814	0.03755	-0.127883	-0.018895	0.01517	0	0	0	0	0						
8	cv	(cm ² /kgs)	0.00103	0.02252	0.01253	0.00437	0.00657	0.00926	0.2149	-0.049945	-0.027197	0.005491	-0.002444	0	0	0	0							
9	β		0.11046	0.34572	0.18651	0.36454	0.68149	0.75260	2.352582	-0.796085	0.5934433	0.7923725	-0.064647	0	0	0	0							
10	ξ		0.02874	0.07395	0.11126	0.06970	0.46605	0.12200	0.452111	0.1865175	-0.138531	0.9908725	0.31277	0	0	0	0							
12	ESTRATO 2																							
13	INCREMENTO No.																							
14	σ	(kg/cm ²)	0.05000	0.10000	0.20000	0.40000	0.70000	1.10000	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	-1.1	0	0	0							
15	mv	(cm ² /kg)	0.26760	0.08620	0.09371	0.05532	0.04776	0.03107	-1.814	0.03755	-0.127883	-0.018895	0.01517	0	0	0	0							
16	cv	(cm ² /kgs)	0.00103	0.02252	0.01253	0.00437	0.00657	0.00926	0.2149	-0.049945	-0.027197	0.005491	-0.002444	0	0	0	0							
17	β		0.11046	0.34572	0.18651	0.36454	0.68149	0.75260	2.352582	-0.796085	0.5934433	0.7923725	-0.064647	0	0	0	0							
18	ξ		0.02874	0.07395	0.11126	0.06970	0.46605	0.12200	0.452111	0.1865175	-0.138531	0.9908725	0.31277	0	0	0	0							
20	ESTRATO 3																							
21	INCREMENTO No.																							
22	σ	(kg/cm ²)	0.05000	0.15000	0.35000	0.75000	1.15000	1.75000	0.01	0.2	0.4	0.4	0.6	-1.8	0	0	0							
23	mv	(cm ² /kg)	0.23069	0.14991	0.16493	0.05941	0.09273	0.03127	-0.40391	0.03755	-0.263809	0.0555422	0.0351201	0	0	0	0							
24	cv	(cm ² /kgs)	0.00694	0.01458	0.00813	0.00197	0.00099	0.00148	0.0382205	-0.016123	-0.015395	-0.001644	-0.000282	0	0	0	0							
25	β		0.08925	0.23111	0.36829	1.00484	1.10149	2.55932	0.7093115	0.3429425	1.5913975	0.1610833	-0.833045	0	0	0	0							
26	ξ		0.63887	0.79655	1.16418	0.30571	1.40994	1.45958	0.7884286	0.9180707	-2.146172	1.8387222	-0.028935	0	0	0	0							
28	ESTRATO 4																							
29	INCREMENTO No.																							
30	σ	(kg/cm ²)	0.05000	0.15000	0.35000	0.75000	1.15000	1.75000	0.1	0.2	0.4	0.4	0.6	-1.8	0	0	0							
31	mv	(cm ² /kg)	0.23069	0.14991	0.16493	0.05941	0.09273	0.03127	-0.40391	0.03755	-0.263809	0.0555422	0.0351201	0	0	0	0							
32	cv	(cm ² /kgs)	0.00694	0.01458	0.00813	0.00197	0.00099	0.00148	0.0382205	-0.016123	-0.015395	-0.001644	-0.000282	0	0	0	0							
33	β		0.08925	0.23111	0.36829	1.00484	1.10149	2.55932	0.7093115	0.3429425	1.5913975	0.1610833	-0.833045	0	0	0	0							
34	ξ		0.63887	0.79655	1.16418	0.30571	1.40994	1.45958	0.7884286	0.9180707	-2.146172	1.8387222	-0.028935	0	0	0	0							
36	ESTRATO 5																							
37	INCREMENTO No.																							
38	σ	(kg/cm ²)	0.10000	0.30000	0.50000	0.90000	1.20000	1.90000	0.2	0.2	0.4	0.3	0.7	-1.9	0	0	0							
39	mv	(cm ² /kg)	0.08395	0.05184	0.03364	0.03896	0.05045	0.16415	-0.160527	-0.045518	0.0177545	0.0164039	-0.059842	0	0	0	0							
40	cv	(cm ² /kgs)	0.00673	0.00664	0.00971	0.00647	0.00228	0.00020	-0.000467	0.0076803	-0.010791	-0.005998	0.0010948	0	0	0	0							
41	β		0.07107	0.14124	0.03017	0.34001	2.85654	0.74575	0.350815	-0.277674	1.0328096	3.5950451	1.1109413	0	0	0	0							
42	ξ		1.16430	0.81240	0.62470	0.31640	0.03805	1.25290	-1.7595	-0.46925	-1.027667	-0.397643	-0.639395	0	0	0	0							
44	ESTRATO 6																							
45	INCREMENTO No.																							
46	σ	(kg/cm ²)	0.10000	0.30000	0.50000	0.90000	1.20000	1.90000	0.2	0.2	0.4	0.3	0.7	-1.9	0	0	0							
47	mv	(cm ² /kg)	0.08395	0.05184	0.03364	0.03896	0.05045	0.16415	-0.160527	-0.045518	0.0177545	0.0164039	-0.059842	0	0	0	0							
48	cv	(cm ² /kgs)	0.00673	0.00664	0.00971	0.00647	0.00228	0.00020	-0.000467	0.0076803	-0.010791	-0.005998	0.0010948	0	0	0	0							
49	β		0.07107	0.14124	0.03017	0.34001	2.85654	0.74575	0.350815	-0.277674	1.0328096	3.5950451	1.1109413	0	0	0	0							
50	ξ		1.16430	0.81240	0.62470	0.31640	0.03805	1.25290	-1.7595	-0.46925	-1.027667	-0.397643	-0.639395	0	0	0	0							
52	ESTRATO 7																							
53	INCREMENTO No.																							
54	σ	(kg/cm ²)	0.10000	0.30000	0.50000	0.90000	1.20000	1.90000	0.2	0.2	0.4	0.3	0.7	-1.9	0	0	0							
55	mv	(cm ² /kg)	0.08395	0.05184	0.03364	0.03896	0.05045	0.16415	-0.160527	-0.045518	0.0177545	0.0164039	-0.059842	0	0	0	0							
56	cv	(cm ² /kgs)	0.00673	0.00664	0.00971	0.00647	0.00228	0.00020	-0.000467	0.0076803	-0.010791	-0.005998	0.0010948	0	0	0	0							
57	β		0.07107	0.14124	0.03017	0.34001	2.85654	0.74575	0.350815	-0.277674	1.0328096	3.5950451	1.1109413	0	0	0	0							
58	ξ		1.16430	0.81240	0.62470	0.31640	0.03805	1.25290	-1.7595	-0.46925	-1.027667	-0.397643	-0.639395	0	0	0	0							
60	ESTRATO 8																							
61	INCREMENTO No.																							
62	σ	(kg/cm ²)	0.20000	0.40000	0.70000	1.30000	1.60000	2.80000	0.2	0.3	0.3	0.6	1.2	-2.8	0	0	0							
63	mv	(cm ² /kg)	0.15268	0.03517	0.02787	0.01246	0.01840	0.01686	-0.39171	-0.02431	-0.025688	0.0049458	0.0005504	0	0	0	0							
64	cv	(cm ² /kgs)	0.00808	0.01605	0.01027	0.03478	0.00707	0.01472	0.0265767	-0.019264	0.0408471	-0.023096	-0.002732	0	0	0	0							
65	β		0.03910	0.24357	0.26546	0.66775	0.36434	0.39178	0.6815567	0.0729667	0.670485	-0.252841	-0.009799	0	0	0	0							
66	ξ		0.35519	0.11035	0.22004	0.03878	0.46352	0.72072	-0.81612	0.3656167	-0.302089	0.3539485	-0.091858	0	0	0	0							
68	ESTRATO 9																							
69	INCREMENTO No.																							
70	σ	(kg/cm ²)	0.20000	0.40000	0.70000	1.30000	1.60000	2.80000	0.2	0.3	0.3	0.6	1.2	-2.8	0	0	0							
71	mv	(cm ² /kg)	0.15268	0.03517	0.02787	0.01246	0.01840	0.01686	-0.39171	-0.02431	-0.025688	0.0049458	0.0005504	0	0	0	0							
72	cv	(cm ² /kgs)	0.00808	0.01605	0.01027	0.03478	0.00707	0.01472	0.0265767	-0.019264	0.0408471	-0.023096	-0.002732	0	0	0	0							
73	β		0.03910	0.24357	0.26546	0.66775	0.36434	0.39178	0.6815567	0.0729667	0.670485	-0.252841	-0.009799	0	0	0	0							
74	ξ		0.35519	0.11035	0.22004	0.03878	0.46352	0.72072	-0.81612	0.3656167	-0.302089	0.3539485	-0.091858	0	0	0	0							
76	ESTRATO 10																							
77	INCREMENTO No.																							
78	σ	(kg/cm ²)	0.20000	0.40000	0.70000	1.30000	1.60000	2.80000	0.2	0.3	0.3	0.6	1.2	-2.8	0	0	0							
79	mv	(cm ² /kg)	0.15268	0.03517	0.02787	0.01246	0.01840	0.01686	-0.39171	-0.02431	-0.025688	0.0049458	0.0005504	0	0	0	0							
80	cv	(cm ² /kgs)	0.00808	0.01605	0.01027	0.03478	0.00707	0.01472	0.0265767	-0.019264	0.0408471	-0.023096	-0.002732	0	0	0	0							
81	β		0.03910	0.24357	0.26546	0.66775	0.36434	0.39178	0.6815567	0.0729667	0.670485	-0.252841	-0.009799	0	0	0	0							
82	ξ		0.35519	0.11035	0.22004	0.03878	0.46352	0.72072	-0.81612	0.3656167	-0.302089	0.3539485	-0.091858	0	0	0	0							
84	ESTRATO 11																							
85	INCREMENTO No.																							
86	σ	(kg/cm ²)	0.20000	0.40000	0.70000	1.30000	1.60000	2.80000	0.2	0.3	0.3	0.6	1.2	-2.8	0	0	0							
87	mv	(cm ² /kg)	0.15268	0.03517	0.02787	0.01246	0.01840	0.01686	-0.39171	-0.02431	-0.025688	0.0049458	0.0005504	0	0	0	0							
88	cv	(cm ² /kgs)	0.00808	0.01605	0.01027	0.03478	0.00707	0.01472	0.0265767	-0.019264	0.0408471	-0.023096	-0.002732	0	0	0	0							
89	β		0.03910	0.24357	0.26546	0.66775	0.36434	0.39178	0.6815567	0.0729667	0.670485	-0.252841	-0.009799	0	0	0	0							
90	ξ		0.35519	0.11035	0.22004	0.03878	0.46352	0.72072	-0.81612	0.3656167	-0.302089	0.3539485	-0.091858	0	0	0	0							
92	ESTRATO 12																							
93	INCREMENTO No.																							
94	σ	(kg/cm																						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
101	CÁLCULO DE COMPRESIBILIDADES																			
102	(RECOMPRESIÓN $w = 1.1 \text{ } \mu\text{m}^2$)																			
103	EXPANSIÓN										RECOMPRESIÓN									
104	EST	H	He	σ_0	$\Delta\sigma$	ρ	Me	α	$\Delta\sigma$	σ	mv	cv	β	ξ	Tv	Kvpo	$\Delta\sigma/\sigma_0$	ρ	F(Tv)	α
105	#	cm	cm	μm^2	exp. (μm^2)	exp. (μm^2)	cm^2/kg	(exp.) m^2/t	rec. (μm^2)	kg/cm^2	cm^2/kg	cm^2/kgs			(t=15 años)			(recom.)		(recom.)
106						(Fa =)														
107						1.0														
108	1	130	130	2.640	1.064	0.635	0.02860	0.00236	1.064	0.211	0.0923	0.01224	0.1929	0.1098	342.54	0.3061	0.4032	0.5462	1.0	0.008562
109	2	150	150	3.200	0.921	0.536	0.02860	0.00230	0.921	0.274	0.0842	0.01052	0.2304	0.1010	221.17	0.3152	0.2878	0.4449	1.0	0.007394
110	3	170	170	3.450	0.794	0.480	0.09900	0.00807	0.794	0.305	0.1557	0.01208	0.2844	0.9393	197.67	0.6458	0.2302	0.3349	1.0	0.014591
111	4	240	240	3.600	0.673	0.432	0.09900	0.01027	0.673	0.326	0.1565	0.01174	0.2916	0.9586	96.39	0.5745	0.1869	0.3040	1.0	0.017982
112	5	390	390	4.200	0.507	0.348	0.03220	0.00436	0.507	0.395	0.0475	0.00737	0.1150	0.7680	22.91	0.1459	0.1208	0.3086	1.0	0.006557
113	6	450	450	4.800	0.383	0.282	0.03220	0.00409	0.383	0.462	0.0445	0.00788	0.0963	0.7365	18.41	0.1120	0.0797	0.2561	1.0	0.005700
114	7	580	580	5.250	0.297	0.235	0.03220	0.00287	0.297	0.524	0.0341	0.00945	0.0551	0.5999	30.96	0.0712	0.0552	0.2202	1.0	0.003053
115	8	200	200	6.500	0.246	0.195	0.02733	0.00144	0.246	0.638	0.0294	0.01148	0.2609	0.1972	74.46	0.3119	0.0381	0.1505	1.0	0.001567
116	9	230	230	7.100	0.216	0.175	0.02733	0.00101	0.216	0.699	0.0279	0.01029	0.2654	0.2197	110.39	0.3722	0.0307	0.1291	1.0	0.001038
117	10	210	210	7.800	0.196	0.158	0.02733	0.00091	0.196	0.770	0.0261	0.01314	0.3125	0.1988	140.97	0.4572	0.0251	0.1099	1.0	0.000877
118	11	300	300	8.500	0.173	0.143	0.02733	0.00117	0.173	0.841	0.0242	0.01605	0.3602	0.1773	84.35	0.4334	0.0203	0.1003	1.0	0.001046
119	12							0.00000		0.000	0.0000	0.00000	0.0000	0.0000		0.0000				0.000000
120																				
121																				
122																				
123																				
124																				
125																				
126																				
127																				
128																				
129																				
130																				
131																				
132																				
133																				
134																				
135																				
136																				
137																				
138																				
139																				
140																				
141																				
142	CÁLCULO DE COMPRESIBILIDADES																			
143	(COMPRESIÓN $w = 0.935 \text{ } \mu\text{m}^2$)																			
144	EST	H	He	σ_0	$\Delta\sigma$	σ	mv	cv	β	ξ	Tv	Kvpo	$\Delta\sigma/\sigma_0$	F(Tv)	α	EST	α			
145	#	cm	cm	μm^2	rec. (μm^2)	kg/cm^2	cm^2/kg	cm^2/kgs			(t=15 años)				(comp.) m^2/t	#	(total) m^2/t			
146																				
147																				
148																				
149	1	130	130	2.640	0.891	0.309	0.0798	0.00957	0.2510	0.0962	267.96	0.3584	0.3391	1.0	0.014091	1	0.00644			
150	2	150	150	3.200	0.774	0.359	0.0734	0.00821	0.2807	0.0893	172.70	0.3411	0.2420	1.0	0.014765	2	0.00674			
151	3	170	170	3.450	0.665	0.378	0.1574	0.00769	0.4135	1.1032	125.94	0.8873	0.1936	1.0	0.050513	3	0.02307			
152	4	240	240	3.600	0.560	0.388	0.1548	0.00754	0.4292	1.0820	61.94	0.7866	0.1571	1.0	0.066388	4	0.03033			
153	5	390	390	4.200	0.441	0.441	0.0454	0.00773	0.1020	0.7461	24.03	0.1303	0.1016	1.0	0.020017	5	0.00914			
154	6	450	450	4.800	0.321	0.497	0.0429	0.00815	0.0865	0.7199	19.05	0.1010	0.0670	1.0	0.021241	6	0.0097			
155	7	580	580	5.250	0.250	0.552	0.0346	0.00916	0.0834	0.5718	29.99	0.1049	0.0464	1.0	0.014507	7	0.00663			
156	8	200	200	6.500	0.205	0.660	0.0288	0.01104	0.2626	0.2056	71.61	0.3142	0.0320	1.0	0.010232	8	0.00467			
157	9	230	230	7.100	0.183	0.719	0.0274	0.01106	0.2783	0.2142	118.60	0.3957	0.0258	1.0	0.008025	9	0.00367			
158	10	210	210	7.800	0.163	0.788	0.0256	0.01388	0.3246	0.1934	148.86	0.4785	0.0211	1.0	0.007951	10	0.00363			
159	11	300	300	8.500	0.145	0.857	0.0238	0.01670	0.3709	0.1725	87.76	0.4480	0.0171	1.0	0.010354	11	0.00473			
160	12						0.000	0.0000	0.00000	0.0000		0.0000			0.000000	12	0			
161																				
162																				
163																				
164																				
165																				
166																				
167																				
168																				
169																				
170																				
171																				
172																				
173																				
174																				
175																				
176																				
177																				
178																				
179																				

FIG. F2 PROGRAMA ALFAS PARA EL CÁLCULO DE LAS COMPRESIBILIDADES DE LOS ESTRATOS MEDIANTE HOJA ELECTRÓNICA (CONTINUACIÓN)