

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN PLACAS PLEGADAS
SIMPLEMENTE SOPORTADAS POR MEDIO DE UN
PROGRAMA GENERAL

TESIS

Presentada a la Junta Directiva de la
Facultad de Ingeniería de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por **BIBLIOTECA CENTRAL-USA
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO**

VICENTE AUGUSTO MAZARIEGOS RODRIGUEZ

al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

GUATEMALA, FEBRERO DE 1967

DL
08
T(23)

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano	.....	Ing. Amando Vides T.
Vocal 1o.	.....	Ing. Otto Becker M.
Vocal 2o.	.....	Ing. Francisco Ubieto B.
Vocal 3o.	.....	Ing. Leonel Pinot L.
Vocal 4o.	.....	Br. Roberto Orantes T.
Vocal 5o.	.....	Br. Alfonso Padilla J.
Secretario	.....	Ing. José Massanet P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano	.....	Ing. Enrique Godoy S.
Vocal 2o.	.....	Ing. Emilio Beltranena M.
Examinador	.....	Ing. Bernardo Fuentes A.
Examinador	.....	Ing. Franz Billeb V.
Secretario	.....	Ing. Eduardo Martínez B.

DEDICO ESTA TESIS

A LA MEMORIA DE MI PADRE:

Vicente Mazariegos de León

A MI MADRE

Soledad Rodríguez de Spennemann

A MIS AMIGOS

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION

A LA FACULTAD DE INGENIERIA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con lo establecido por la Ley Universitaria presento ante vuestra consideración mi trabajo de Tesis titulado:

ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN PLACAS PLEGADAS
SIMPLEMENTE SOPORTADAS POR MEDIO DE UN
PROGRAMA GENERAL

tema que me fuera asignado por la Junta Directiva de La Facultad de Ingeniería.

INDICE

	<u>Página</u>
I INTRODUCCION	11
II CONSIDERACIONES GENERALES	13
a) Desenvolvimiento histórico	13
b) Asumpciones en que se basa la teoría	13
III PROGRAMA GENERAL DE MATRICES PARA LA COMPUTADORA DIGITAL	15
a) Comentario sobre el lenguaje Fortran	15
b) Flujo de la secuencia del Programa	24
c) Programa General	36
IV EJEMPLO	48
a) Datos y Dimensiones	48
b) Resultados obtenidos con la computadora	61
V ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS	62
a) Deformaciones al Centro de la Luz	62
b) Momentos transversales al Centro de la Luz	63
c) Esfuerzos longitudinales al Centro de la Luz	64
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
VII BIBLIOGRAFIA	68

I - INTRODUCCION

Las estructuras de placas plegadas por su forma, implican la resolución de una serie relativamente grande de ecuaciones algebraicas. El cálculo manual resulta muy laborioso, aún con los métodos aproximados que existen a la fecha. Además está la posibilidad de cometer errores por el factor humano. Actualmente los computadores Electrónicos han llegado a un estado de desarrollo y aplicación que prácticamente cubren casi todos los problemas de la Ingeniería, por lo que es posible usar métodos más exactos para su resolución, lo cual es altamente beneficioso.

El objetivo primordial de este trabajo es el de desarrollar un programa para la resolución de placas plegadas simplemente soportadas, y aplicarlo a la Computadora digital IBM-1620 del centro de cálculo de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

A través de los siguientes capítulos se tratará de explicar lo que son las placas plegadas sin entrar en mayores consideraciones sobre la teoría. El programa a desarrollar se basará en la formulación de matrices presentadas por A. C. Scordelis en el volumen 86 de la ASCE de Octubre de 1960.

En la programación propiamente dicha se usará el lenguaje FORTRAN del cual se hará un breve comentario. Para el procesador y las subrutinas se usará el PDQ.

En el Capítulo IV se aplicará un problema numérico al programa desarrollado tomando los datos del ejemplo aparecido en el Volumen 61 de la A. C. I. de Octubre de 1964. Esto se hará con el objeto de tener una base de comparación y de chequeo.

El Programa fue necesario subdividirlo en varios subprogramas debido a que las matrices ocupan gran cantidad de posiciones de memoria y la Computadora IBM 1620 tiene actualmente 20,000 posiciones lo que provee un número limitado de operaciones.

La mayor satisfacción será que este trabajo pueda servir de algo a la Facultad de Ingeniería y a la Dirección General de Obras Públicas, no solo para el análisis de esta clase de estructuras; sino también como un punto de partida para un programa posterior, más corto, que venga a substituir el aquí presentado, ya sea por el aumento de la memoria de la Computadora, o por el uso de otras técnicas de programación. Así mismo se desea contribuir en algo a la generalización del uso de la Computadora en nuestro medio pues no cabe duda que es un instrumento que nos permite ahondar más en el análisis de las estructuras por lo que debemos de tratar de sacarle el máximo provecho.

II - CONSIDERACIONES GENERALES

a) Desenvolvimiento Histórico

Los primeros métodos para el análisis de estructuras de placas plegadas fueron desarrollados en Alemania en 1930 por G. Ehlers y después por H. Craemer. Ehlers no tomó en cuenta el desplazamiento de las aristas y consideraba que las placas estaban articuladas a lo largo de las mismas. Craemer en su trabajo tomó en cuenta la continuidad de las placas, considerando los momentos transversales en las aristas.

En 1932, E. Gruber y G. Gruening (Alemania) desarrollaron un método de análisis en donde consideraron el desplazamiento relativo de las aristas. En 1936 W. Z. Vlassow (Rusia) simplificó el método anterior usando ecuaciones algebraicas lineales en lugar de las diferenciales de cuarto grado.

En 1954, I. Gaafar publicó en la ASCE un procedimiento de iteración. En 1958, H. Simpson publicó un trabajo en la ASCE introduciendo una técnica similar al procedimiento de distribución de momentos. Esto ha sido la base de los métodos actuales de análisis de superficies de placas plegadas.

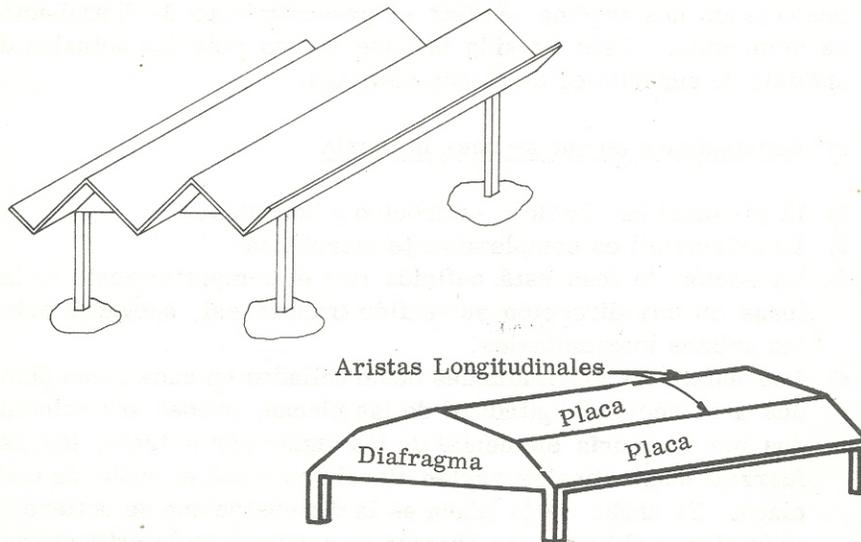
b) Asumpciones en que se basa la teoría

- 1) El material es elástico, isotrópico y homogéneo
- 2) La estructura es completamente monolítica
- 3) La acción de losa está definida por el comportamiento de las losas en una dirección en sentido transversal, apoyadas entre las aristas longitudinales.
- 4) Los esfuerzos longitudinales desarrollados en cada placa debidos a la acción longitudinal de las placas, pueden ser calculados por la teoría elemental de las vigas; por lo tanto, los esfuerzos longitudinales varían linealmente con el ancho de cada placa. El ancho de la placa es la dimensión que se obtiene en cada placa, al hacer una sección transversal en la estructura.

- 5) Los diafragmas de apoyo son infinitamente rígidos con respecto a una dirección paralela a su propio plano, pero perfectamente flexibles con respecto a una dirección normal a su propio plano.

Básicamente se puede considerar una estructura de placas plegadas (fig. 1) como formada por dos sistemas íntimamente conectados. En el primer sistema se asume que todas las aristas Longitudinales constituyen apoyos fijos para las placas que actúan como losas continuas en una dirección. Entonces se pueden determinar momentos transversales en las losas y reacciones en las aristas por medio de una distribución de momentos. El segundo sistema consiste en aplicar a las aristas las reacciones encontradas anteriormente más las reacciones adicionales que se producen por los momentos adicionales debidos al desplazamiento de las aristas. Este segundo sistema se apoya en los diafragmas.

La determinación de los momentos y reacciones en el primer sistema se hará de la manera descrita, solamente en los casos en que las cargas exteriores distribuidas sobre cada luz transversal tengan curvas similares de variación Longitudinal entre los diafragmas. En caso contrario, cada luz transversal cargada deberá tratarse independientemente.



III - PROGRAMA GENERAL DE MATRICES PARA LA COMPUTADORA DIGITAL

a) Comentario sobre el lenguaje Fortran

El lenguaje Fortran (fórmula-Translation) es un lenguaje de programación que unido a su procesador, forma un "sistema de programación". Estos sistemas se han desarrollado con el objeto de simplificar el análisis usando términos de uso común evitando de esta manera el tener que programar en clave de máquina, además de que el programador no necesita más que un conocimiento superficial de la computadora.

Existen a la fecha un buen número de sistemas de programación y su uso es dependiente de la clase de máquina y de la actividad para la cual se requieran. En este trabajo se ha usado el FORTRAN, por ser este el sistema que más se ha popularizado en la resolución de los problemas de ingeniería con la IBM-1620. Los lenguajes de programación tienen sus propias reglas gramaticales, de puntuación etc., y es el que usa el programador para elaborar el "Programa Fuente".

El procesador es el que traduce el programa Fuente a la clave de la máquina formando el "Programa Objeto" que es el que entiende la computadora.

El lenguaje Fortran está compuesto de instrucciones u órdenes que pueden ser de los siguientes tipos:

1. Aritméticas: ecuaciones y expresiones, constantes de punto fijo y de punto flotante, variables de punto fijo y punto flotante, operaciones aritméticas, funciones.
2. Lógicas y de Control: GO TO, IF, PAUSE, STOP, END, DO, CONTINUE.
3. Especificaciones: DIMENSION, FORMAT
4. Entrada y salida: ACCEPT, READ, PRINT, TYPE, PUNCH.

FORMULACION DE MATRICES DE SCORDELIS.

Las ecuaciones de placas plegadas desarrolladas en forma matricial por Scordelis, están basadas en las asunciones simplificadas que relacionan el comportamiento de la estructura como losa y como placa longitudinal.

Se divide el problema en 49 pasos. Los primeros 12 sirven para los datos y los restantes para resultados. Las matrices tendrán las dimensiones n , j , q según el caso. Siendo

n = Número de placas

j = Número de nudos

q = Número de combinaciones de cargas verticales en las aristas

1) Matriz de Cargas.

$$[B] = \begin{bmatrix} B_{1b} & 0 & 0 & 0 \\ B_{2b} & B_{2c} & 0 & 0 \\ 0 & B_{3c} & B_{3d} & 0 \\ 0 & 0 & B_{4d} & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots \end{bmatrix} \quad \underline{n \times j}$$

$$2) \quad [S_N] = \begin{bmatrix} (2/bd)_1 & 0 & 0 & 0 \\ (4/bd)_1 & 0 & 0 & 0 \\ (4/bd)_2 & (2/bd)_2 & 0 & 0 \\ (2/bd)_2 & (4/bd)_2 & 0 & 0 \\ 0 & (4/bd)_3 & (2/bd)_3 & 0 \\ 0 & (2/bd)_3 & (4/bd)_3 & 0 \\ 0 & 0 & (4/bd)_4 & (\dots) \\ 0 & 0 & (2/bd)_4 & (\dots) \\ 0 & 0 & 0 & (\dots) \\ 0 & 0 & 0 & (\dots) \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times j}$$

$$3) \quad [S_o] = \begin{bmatrix} (6/bd^2)_1 & 0 & 0 & 0 \\ (6/bd^2)_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (6/bd^2)_2 & 0 & 0 \\ 0 & (6/bd^2)_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (6/bd^2)_3 & 0 \\ 0 & 0 & (6/bd^2)_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (\dots) \\ 0 & 0 & 0 & (\dots) \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times n}$$

$$4) \quad [ADRO] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \underline{j \times 2n}$$

$$5) \quad [F_N] = \begin{bmatrix} (6/bd^2E)_1 & 0 & 0 & 0 \\ (6/bd^2E)_2 & (6/bd^2E)_2 & 0 & 0 \\ 0 & (6/bd^2E)_3 & (6/bd^2E)_3 & 0 \\ 0 & 0 & (6/bd^2E)_4 & (\dots) \\ 0 & 0 & 0 & (\dots) \end{bmatrix} \quad \underline{n \times j}$$

$$6) \quad [F_o] = \begin{bmatrix} (12/bd^3E)_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (12/bd^3E)_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (12/bd^3E)_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (\dots) \end{bmatrix} \quad \underline{n \times n}$$

7)

$$\left[K \delta \right] = \begin{bmatrix} (b^3 E / 6d)_1^* & 0 & 0 & 0 \\ (b^3 E / 3d)_1^* & 0 & 0 & 0 \\ (b^3 E / 3d)_2 & (b^3 E / 6d)_2 & 0 & 0 \\ (b^3 E / 6d)_2 & (b^3 E / 3d)_2 & 0 & 0 \\ 0 & (b^3 E / 3d)_3 & (b^3 E / 6d)_3 & 0 \\ 0 & (b^3 E / 6d)_3 & (b^3 E / 3d)_3 & 0 \\ 0 & 0 & (b^3 E / 3d)_4 & (\dots) \\ 0 & 0 & (b^3 E / 6d)_4 & (\dots) \\ 0 & 0 & 0 & (\dots)^* \\ 0 & 0 & 0 & (\dots)^* \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times j}$$

8)

$$\left[K \delta \right] = \begin{bmatrix} (b^3 E / 2dh)_1^* & 0 & 0 & 0 \\ (b^3 E / 2dh)_1^* & 0 & 0 & 0 \\ -(b^3 E / 2dh)_2 & (b^3 E / 2dh)_2 & 0 & 0 \\ -(b^3 E / 2dh)_2 & (b^3 E / 2dh)_2 & 0 & 0 \\ 0 & -(b^3 E / 2dh)_3 & (b^3 E / 2dh)_3 & 0 \\ 0 & -(b^3 E / 2dh)_3 & (b^3 E / 2dh)_3 & 0 \\ 0 & 0 & -(b^3 E / 2dh)_4 & (\dots) \\ 0 & 0 & -(b^3 E / 2dh)_4 & (\dots) \\ 0 & 0 & 0 & -(\dots)^* \\ 0 & 0 & 0 & -(\dots)^* \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times j}$$

9)

$$\left[H \right] = \begin{bmatrix} 1/h_1^* & 1/h_1^* & -1/h_2 & -1/h_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/h_2 & 1/h_2 & -1/h_3 & -1/h_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (\dots) & (\dots) & -(\dots)^* & -(\dots)^* \end{bmatrix} \quad \underline{j \times 2n}$$

* Se usa para voladizos.

$$10) \quad C_{SH} = L^2/\pi^2$$

$$C_{SW} = L^2/8$$

$$11) \quad C_{DH} = L^4/\pi^4$$

$$C_{DW} = 5L^4/384$$

12) MATRIZ DE CARGA FINAL

$$[R] = \begin{bmatrix} R_b \\ R_c \\ R_d \\ \dots \end{bmatrix} \quad \underline{j \times q}$$

$$13) \quad [S_{oB}] = [S_o] [B] \quad \underline{2n \times j}$$

$$14) \quad [D_N] = [ADRO] [S_N] \quad \underline{j \times j}$$

$$15) \quad [D_o] = [ADRO] [S_{oB}] \quad \underline{j \times j}$$

$$16) \quad [D_N^{-1}] = [D_N]^{-1} \quad \underline{j \times j}$$

$$17) \quad [D_N^{-1} D_o] = [D_N^{-1}] [D_o] \quad \underline{j \times j}$$

$$18) \quad [S_N D_N^{-1} D_o] = [S_N] [D_N^{-1} D_o] \quad \underline{2n \times j}$$

$$19) \quad [S_p] = [S_{oB}] - [S_N D_N^{-1} D_o] \quad \underline{2n \times j}$$

$$20) \quad [F_{oB}] = [F_o] [B] \quad \underline{n \times j}$$

- 21) $\begin{bmatrix} F_N D_N^{-1} D_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_N^{-1} D_o \end{bmatrix} \quad \underline{n \times j}$
- 22) $\begin{bmatrix} F_o B - F_N D_N^{-1} D_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_o B \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} F_N D_N^{-1} D_o \end{bmatrix} \quad \underline{n \times j}$
- 23) $\begin{bmatrix} G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B \end{bmatrix}^T \quad \underline{j \times n}$
- 24) $\begin{bmatrix} F_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_o B - F_N D_N^{-1} D_o \end{bmatrix} \quad \underline{j \times j}$
- 25) $\begin{bmatrix} K_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_p \end{bmatrix}^{-1} \quad \underline{j \times j}$
- 26) $\begin{bmatrix} D_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ADRO \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_\theta \end{bmatrix} \quad \underline{j \times j}$
- 27) $\begin{bmatrix} D_\delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ADRO \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_\delta \end{bmatrix} \quad \underline{j \times j}$
- 28) $\begin{bmatrix} D_\theta^{-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_\theta \end{bmatrix}^{-1} \quad \underline{j \times j}$
- 29) $\begin{bmatrix} D_\theta^{-1} D_\delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_\theta^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_\delta \end{bmatrix} \quad \underline{j \times j}$
- 30) $\begin{bmatrix} K_\theta D_\theta^{-1} D_\delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_\theta^{-1} D_\delta \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times j}$
- 31) $\begin{bmatrix} S_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_\delta \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} K_\theta D_\theta^{-1} D_\delta \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times j}$
- 32) $\begin{bmatrix} K_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_s \end{bmatrix} \quad \underline{j \times j}$
- 33) $\begin{bmatrix} C_{DH}^{-1} K_p \end{bmatrix} = C_{DH}^{-1} \begin{bmatrix} K_p \end{bmatrix} \quad \underline{j \times j}$
- 34) $\begin{bmatrix} K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{DH}^{-1} K_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_s \end{bmatrix} \quad \underline{j \times j}$

- 35) $\begin{bmatrix} F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K \end{bmatrix}^{-1} \quad \underline{j \times j}$
- 36) $\begin{bmatrix} C_{SW} S_p \end{bmatrix} = C_{SW} \begin{bmatrix} S_p \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times j}$
- 37) $\begin{bmatrix} \sigma_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{SW} S_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times q}$
- 38) $\begin{bmatrix} C_{DW} F_p \end{bmatrix} = C_{DW} \begin{bmatrix} F_p \end{bmatrix} \quad \underline{j \times j}$
- 39) $\begin{bmatrix} \delta_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{DW} F_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \end{bmatrix} \quad \underline{j \times q}$
- 40) $\begin{bmatrix} R_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_1 \end{bmatrix} \quad \underline{j \times q}$
- 41) $\begin{bmatrix} m_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_1 \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times q}$
- 42) $\begin{bmatrix} \delta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_1 \end{bmatrix} \quad \underline{j \times q}$
- 43) $\begin{bmatrix} m_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_2 \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times q}$
- 44) $\begin{bmatrix} C_{SH} S_p \end{bmatrix} = C_{SH} \begin{bmatrix} S_p \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times q}$
- 45) $\begin{bmatrix} C_{SH} S_p C_{DH}^{-1} K_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{SH} S_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{DH}^{-1} K_p \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times j}$
- 46) $\begin{bmatrix} \sigma_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{SH} S_p C_{DH}^{-1} K_p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_2 \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times q}$
- 47) $\begin{bmatrix} \sigma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \sigma_2 \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times q}$

$$48) \begin{bmatrix} m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m_2 \end{bmatrix} \quad \underline{2n \times q}$$

$$49) \begin{bmatrix} \delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \delta_2 \end{bmatrix} \quad \underline{j \times q}$$

Para los efectos de la escritura aplicando el lenguaje FORTRAN en los programas se llamará a las matrices y demás elementos de la manera siguiente:

$\begin{bmatrix} L \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} AL \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} S_o B \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} SOB \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} B \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} B \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} D_N \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} DN \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} S_N \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} SN \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} D_N^{-1} \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} DN1 \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} S_o \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} SO \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} D_N^{-1} D_o \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} DN1DO \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} ADRO \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} ADRO \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} S_N D_N^{-1} D_o \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} SD1DO \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} F_N \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} FN \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} S_p \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} SP \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} F_o \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} FO \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} F_o B \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} FOB \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} K_\theta \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} AKTE \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} F_N D_N^{-1} D_o \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} FD1DO \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} K_\delta \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} AKDEL \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} F_o B - F_N D_N^{-1} D_o \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} FBFD1 \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} H \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} H \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} G \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} G \end{bmatrix}$
C_{SH}	=	C_{SH}	$\begin{bmatrix} F_p \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} FP \end{bmatrix}$
C_{SW}	=	C_{SW}	$\begin{bmatrix} K_p \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} KP \end{bmatrix}$
C_{DH}	=	C_{DH}	$\begin{bmatrix} D_\theta \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} DTETA \end{bmatrix}$
C_{DW}	=	C_{DW}	$\begin{bmatrix} D_\delta \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} DDEL \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} R \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} R \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} D_\theta^{-1} \end{bmatrix}$	=	$\begin{bmatrix} DTET1 \end{bmatrix}$

$$\boxed{D\sigma^{-1} D \delta} = \boxed{DT1DD}$$

$$\boxed{K\sigma D \sigma^{-1} D\delta} = \boxed{AKD1D}$$

$$\boxed{S_s} = \boxed{SS}$$

$$\boxed{K_s} = \boxed{KS}$$

$$\boxed{C_{DH}^{-1} K_p} = \boxed{CDHKP}$$

$$\boxed{K} = \boxed{AK}$$

$$\boxed{F} = \boxed{AF}$$

$$\boxed{C_{SW} S_p} = \boxed{CSWSP}$$

$$\boxed{\sigma_1} = \boxed{ESF1}$$

$$\boxed{C_{DW} F_p} = \boxed{CDWFP}$$

$$\boxed{\delta_1} = \boxed{ADE1}$$

$$\boxed{R_1} = \boxed{R1}$$

$$\boxed{m_1} = \boxed{AM1}$$

$$\boxed{\delta_2} = \boxed{ADE2}$$

$$\boxed{m_2} = \boxed{AM2}$$

$$\boxed{C_{SH} S_p} = \boxed{CSHSP}$$

$$\boxed{C_{SH} S_p C_{DH}^{-1} K_p} = \boxed{CSC1K}$$

$$\boxed{\sigma_2} = \boxed{ESF2}$$

$$\boxed{\sigma} = \boxed{ESF}$$

$$\boxed{m} = \boxed{AM}$$

$$\boxed{\delta} = \boxed{ADE}$$

$$\boxed{n} = \boxed{N}$$

$$\boxed{j} = \boxed{K}$$

er Blaam

b) FLUJO DE LA SECUENCIA DEL PROGRAMA

DIAGRAMAS DE BLOQUES

A continuación aparecen los diagramas de bloques para cada uno de los subprogramas en que fué dividido el programa; estos diagramas nos facilitan la comprensión de la secuencia del programa. Como se puede observar, las matrices de entrada (pasos 1 al 9) contienen términos con valor cero en su mayor parte, estando los términos significativos localizados en la diagonal principal y adyacentemente a dicha diagonal por lo que he creído más conveniente hacer leer a la Computadora esas diagonales solamente, en lugar de perforar todos los ceros y que la máquina lea todas las tarjetas. Con esto se logra que se perforen 133 tarjetas (para nuestro caso) en vez de 468.

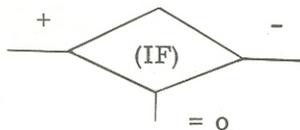
Los símbolos usados en estos diagramas son los siguientes:

Lea (READ)

(DO) Haga

Operación ó información

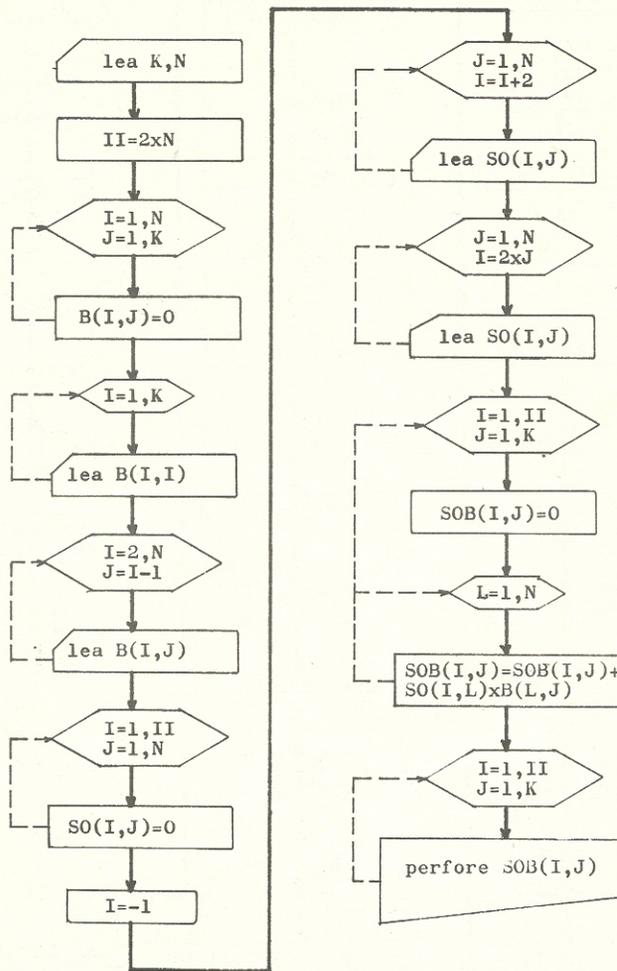
Perfore ó escriba
(PUNCH ó PRINT)



IF = Si condicional

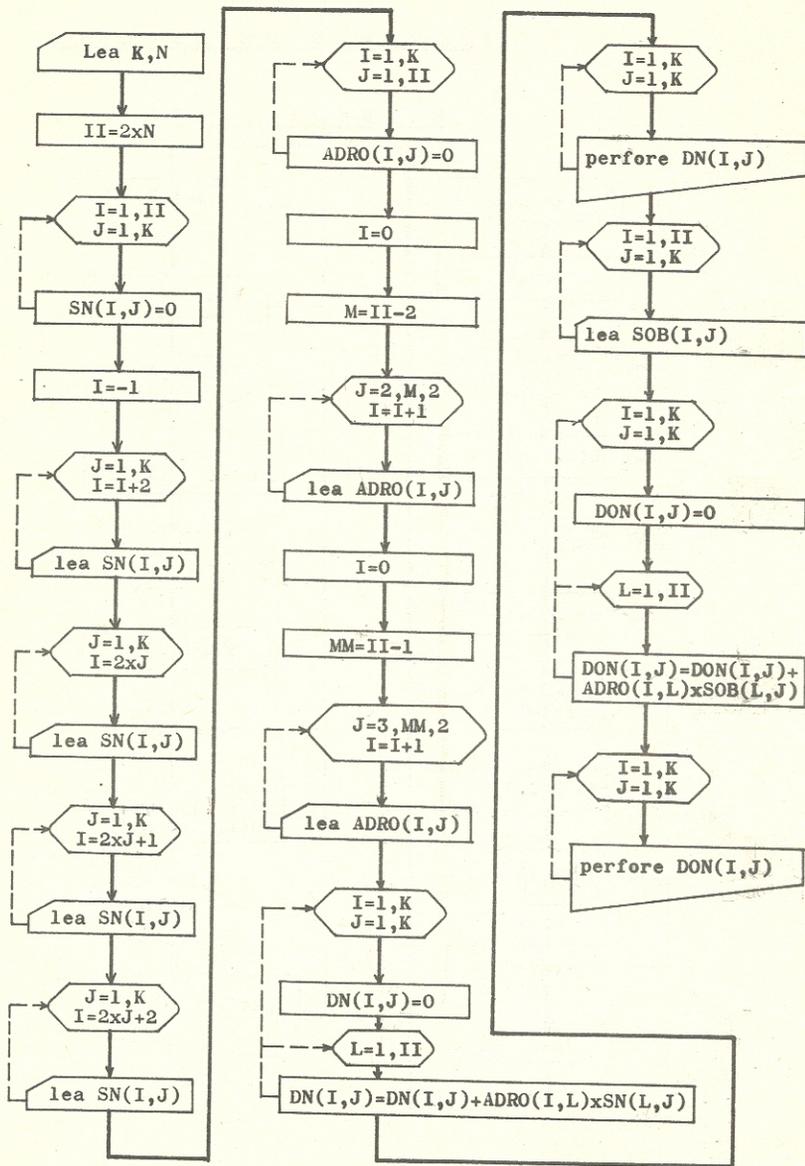
DIAGRAMAS DE BLOQUES

PRIMERA PARTE

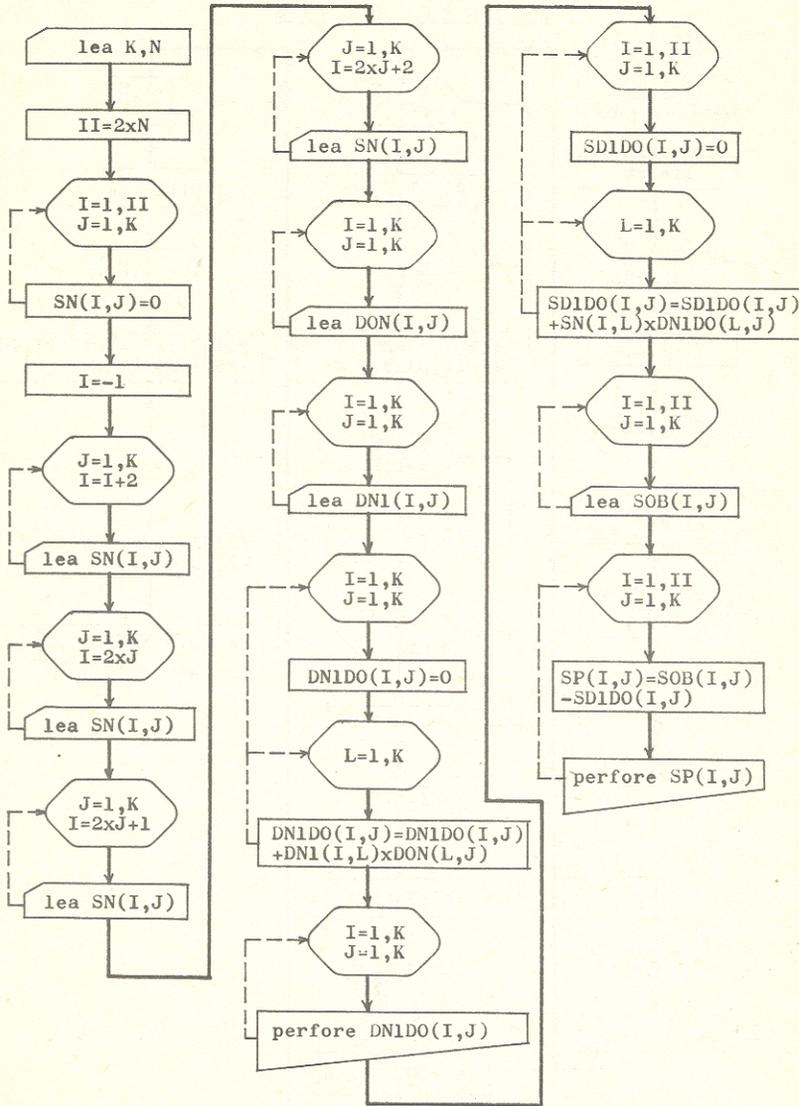


James Bloom

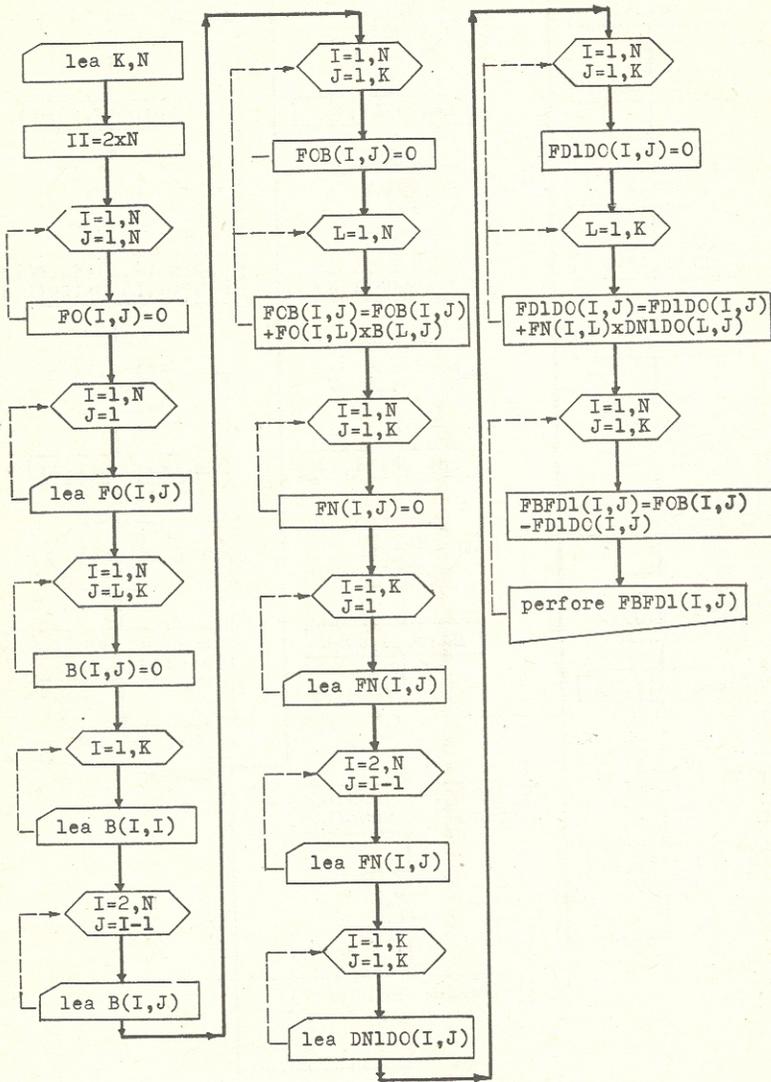
SEGUNDA PARTE



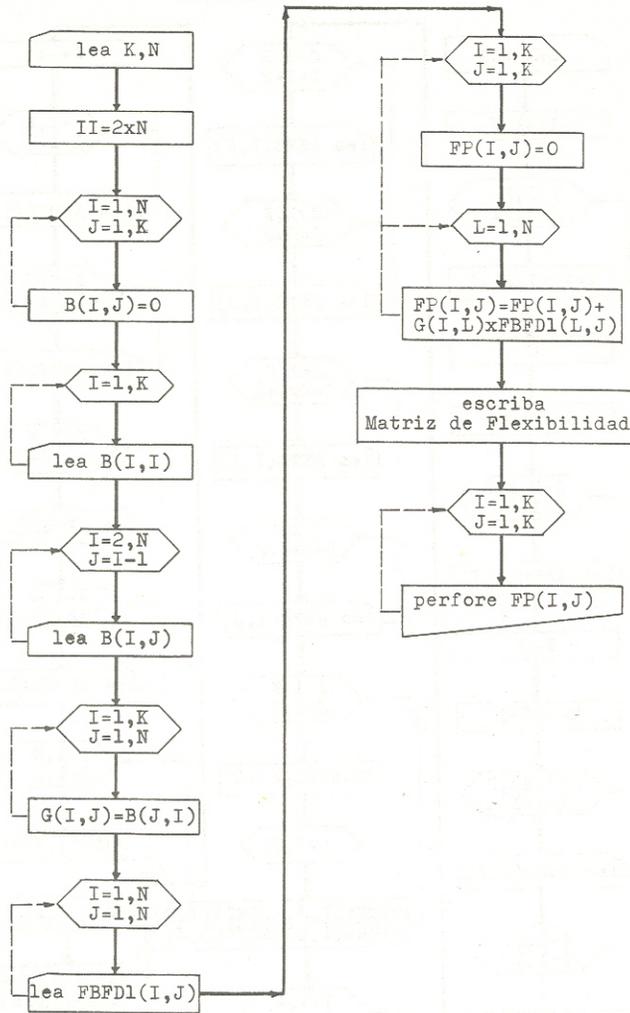
TERCERA PARTE



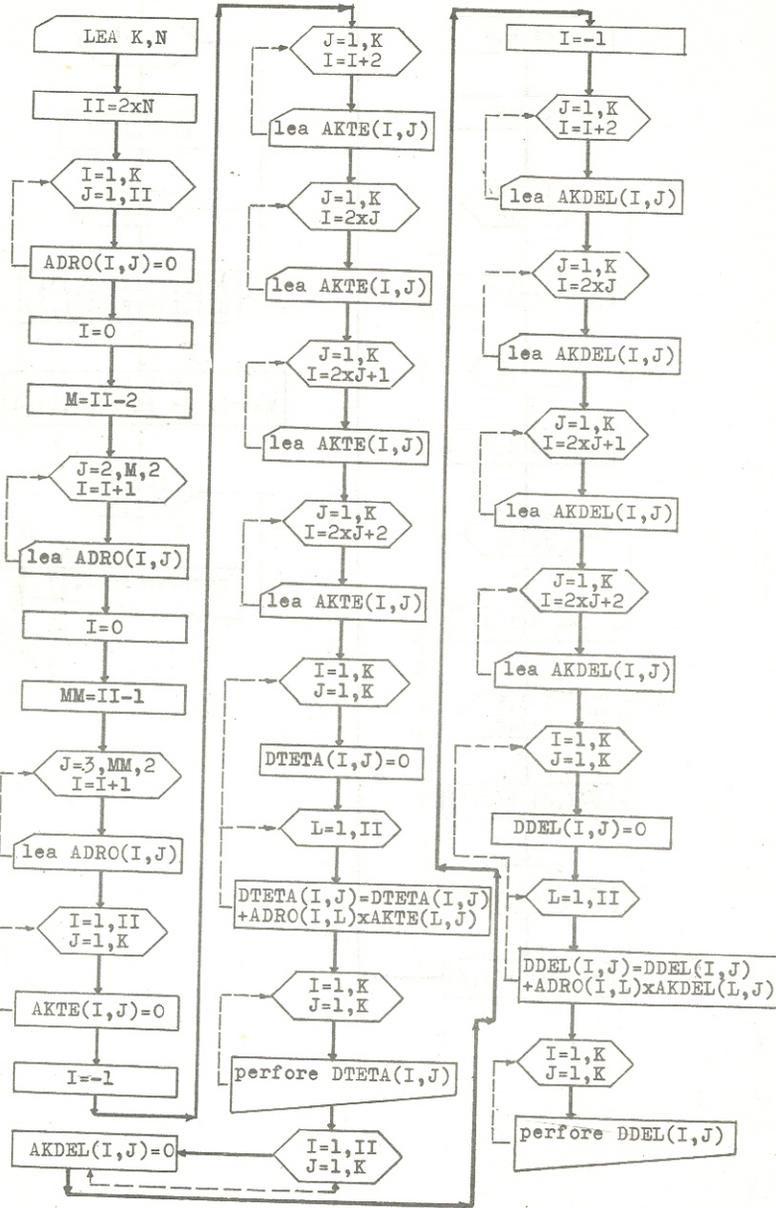
CUARTA PARTE



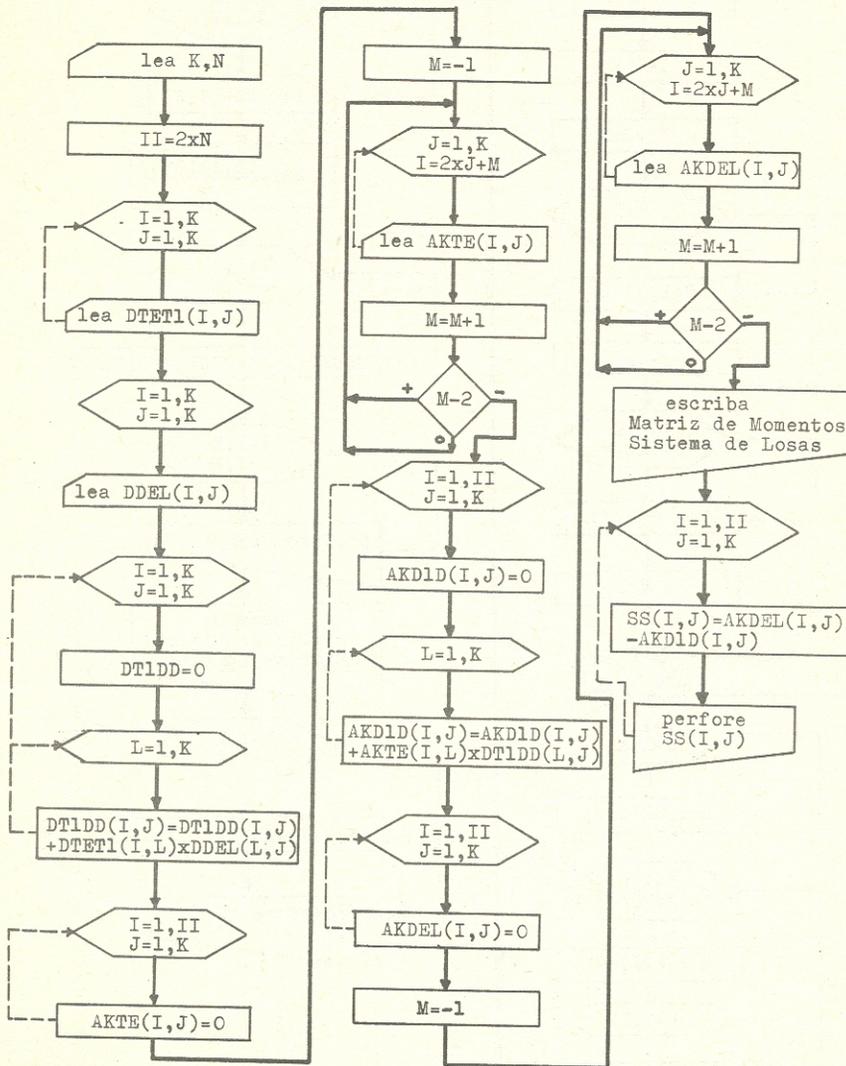
QUINTA PARTE



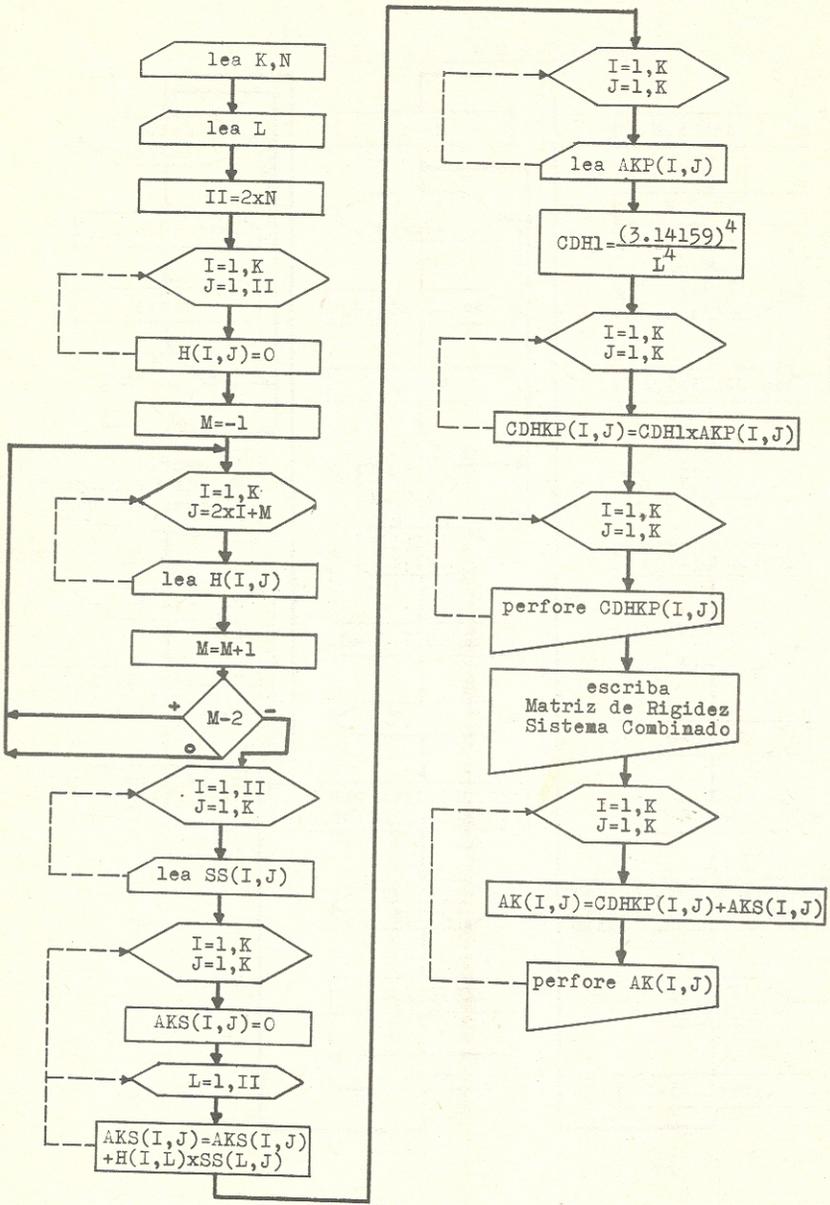
S E X T A P A R T E



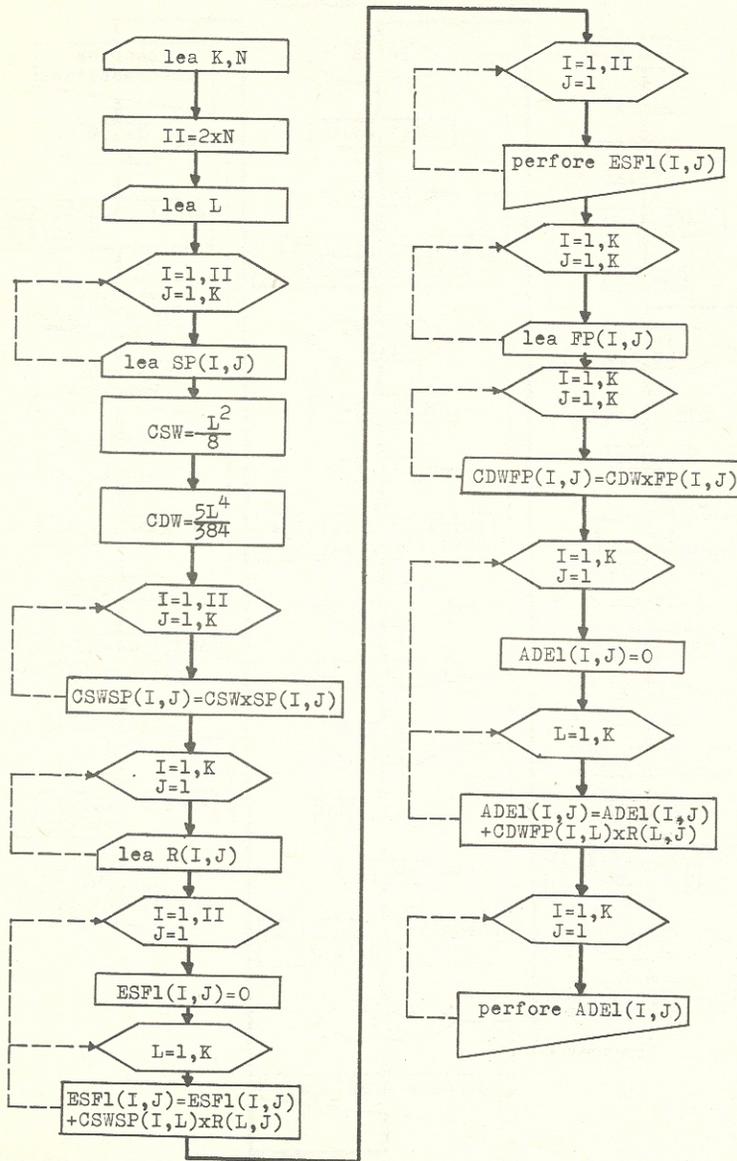
SEPTIMA PARTE



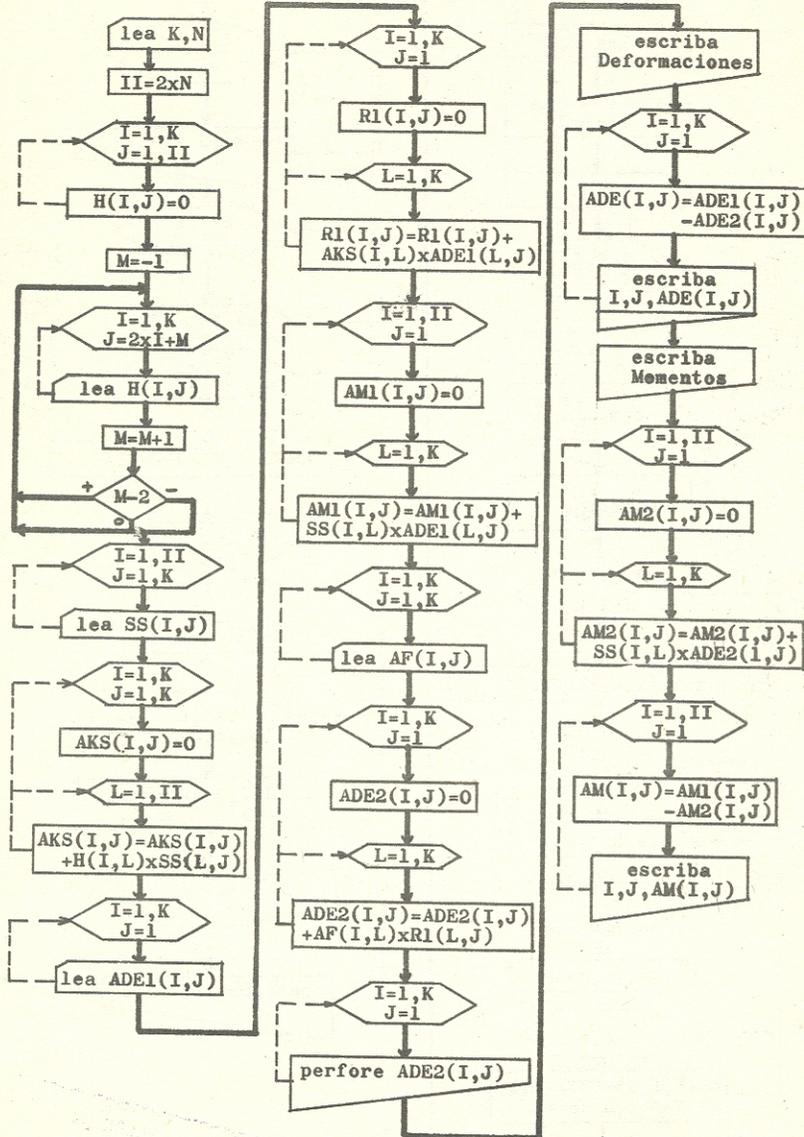
CCTAVA PARTE



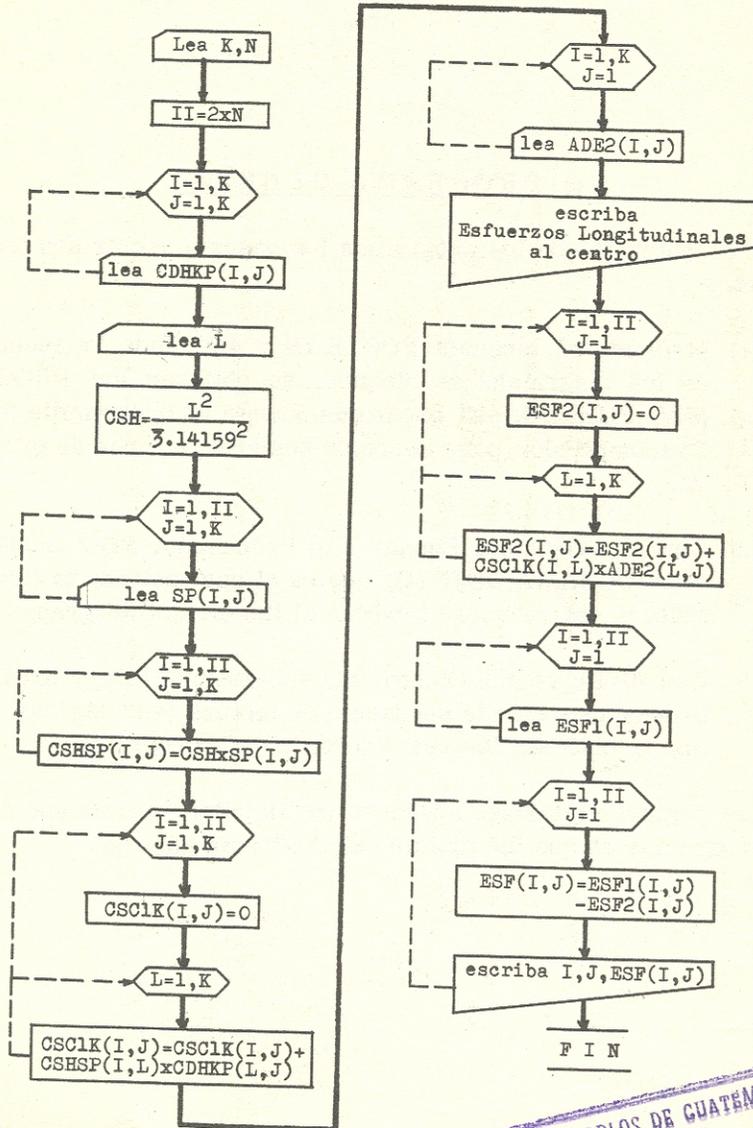
NOVENA PARTE



DECIMA PARTE



ONCEAVA PARTE



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

c) PROGRAMA GENERAL

Para la obtención de los programas los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) Mediante el lenguaje FORTRAN y siguiendo la secuencia de los diagramas de bloques, se obtienen los PROGRAMAS FUENTE. El programa Fuente se precompila con el Precompilador para corregir posibles errores de escritura.
- 2) Con el Programa Fuente y el Procesador PDQ se obtiene el PROGRAMA OBJETO, que es el que entiende la Computadora, obteniéndose también el listado del programa.
- 3) Con el Programa Objeto, las sub-rutinas PDQ y los Datos ordenados según la secuencia de lectura (ver páginas 50 á 58) se obtienen los resultados de cada programa.

En las páginas siguientes aparecen los listados de cada uno de los subprogramas en que fué dividido el programa general.

PDO FORTRAN C2

```

START
-6600 C    PRIMERA PARTE PLACAS PLEGADAS
-6600      DIMENSION B(10,9),SO(20,10),SOB(20,9)
-6600      READ 100, K, N
-6636      I1=2*N
-6672      DO 103 I=1,N
-6684      DO 103 J=1,K
-6696      103 B(I,J)=0.
-6840      DO 1 I=1,K
-6852      1 READ 101, B(I,I)
-6972      DO 2 I=2,N
-6984      J=I-1
-7020      2 READ 101, B(I,J)
-7140      DO 301 I=1,I1
-7152      DO 301 J=1,N
-7164      301 SO(I,J)=0.
-7308      I=-1
-7344      DO 3 J=1,N
-7356      I=I+2
-7392      3 READ 101, SO(I,J)
-7512      DO 4 J=1,N
-7524      I=2*J
-7560      4 READ 101, SO(I,J)
-7680      DO 131 I=1,I1
-7692      DO 131 J=1,K
-7704      SOB(I,J)=0.
-7776      DO 131 L=1,N
-7788      131 SOB(I,J)=SOB(I,J)+SO(I,L)*B(L,J)
-8184      DO 132 I=1,I1
-8196      DO 132 J=1,K
-8208      132 PUNCH 101, SOB(I,J)
-8364      100 FORMAT (2I4 )
-8392      101 FORMAT (1X, E15.8)
-8422      STOP
-8434      END

```

```

-6600 C   SEGUNDA PARTE PLACAS PLEGADAS
-6600     DIMENSION SN(20,9),ADRO(9,20),DN(9,9),SOB(20,9),DON(9,9)
-6600     READ 100,K,N
-6636     II=2*N
-6672     DO 301 I=1,II
-6684     DO 301 J=1,K
-6696 301 SN(I,J)=0.
-6840     I=-1
-6876     DO 3 J=1,K
-6888     I=I+2
-6924     3 READ 101,SN(I,J)
-7044     DO 4 J=1,K
-7056     I=2*J
-7092     4 READ 101,SN(I,J)
-7212     DO 5 J=1,K
-7224     I=2*J+1
-7272     5 READ 101,SN(I,J)
-7392     DO 6 J=1,K
-7404     I=2*J+2
-7452     6 READ 101,SN(I,J)
-7572     DO 103 I=1,K
-7584     DO 103 J=1,II
-7596 103 ADRO(I,J)=0.
-7740     I=0
-7752     M = II-2
-7788     DO 7 J = 2,M,2
-7800     I=I+1
-7836     7 READ 101,ADRO(I,J)
-7956     I=0
-7968     MM = II-1
-8004     DO 8 J = 3,MM,2
-8016     I=I+1
-8052     8 READ 101,ADRO(I,J)
-8172     DO 131 I=1,K
-8184     DO 131 J=1,K
-8196     DN(I,J)=0.
-8268     DO 131 L=1,II
-8280 131 DN(I,J)=DN(I,J)+ADRO(I,L)*SN(L,J)
-8676     DO 132 I=1,K
-8688     DO 132 J=1,K
-8700 132 PUNCH 101, DN(I,J)
-8856     DO 9 I=1,II
-8868     DO 9 J=1,K
-8880     9 READ 101, SOB(I,J)
-9036     DO 138 I=1,K
-9048     DO 138 J=1,K
-9060     DON(I,J)=0.
-9132     DO 138 L=1,II
-9144 138 DON(I,J)=DON(I,J)+ADRO(I,L)*SOB(L,J)
-9540     DO 152 I=1,K
-9552     DO 152 J=1,K
-9564 152 PUNCH 101, DON(I,J)
-9720 101 FORMAT(1X,E15.8)
-9750 100 FORMAT(214)
-9778     STOP
-9790     END

```

```

START
-6600 C TERCERA PARTE DE PLACAS PLEGADAS
-6600 DIMENSION SN(20,9),DON(9,9),DN1(9,9),DN1DO(9,9),SD1DO(20,9)
-6600 DIMENSION SOB(20,9),SP(20,9)
-6600 READ 100,K,N
-6636 I1=2*N
-6672 DO 301 I=1,I1
-6684 DO 301 J=1,K
-6696 301 SN(I,J)=0.
-6840 I=-1
-6876 DO 3 J=1,K
-6888 I=I+2
-6924 3 READ 101,SN(I,J)
-7044 DO 4 J=1,K
-7056 I=2*J
-7092 4 READ 101,SN(I,J)
-7212 DO 5 J=1,K
-7224 I=2*J+1
-7272 5 READ 101,SN(I,J)
-7392 DO 6 J=1,K
-7404 I=2*J+2
-7452 6 READ 101,SN(I,J)
-7572 DO 7 I=1,K
-7584 DO 7 J=1,K
-7596 7 READ 101,DON(I,J)
-7752 DO 8 I=1,K
-7764 DO 8 J=1,K
-7776 8 READ 101,DN1(I,J)
-7932 DO 9 I=1,K
-7944 DO 9 J=1,K
-7956 DN1DO(I,J)=0.
-8028 DO 9 L=1,K
-8040 9 DN1DO(I,J)=DN1DO(I,J)+DN1(I,L)*DON(L,J)
-8436 DO 90 I=1,K
-8448 DO 90 J=1,K
-8460 90 PUNCH 101, DN1DO(I,J)
-8616 DO 10 I=1,I1
-8628 DO 10 J=1,K
-8640 SD1DO(I,J)=0.
-8712 DO 10 L=1,K
-8724 10 SD1DO(I,J)=SD1DO(I,J)+SN(I,L)*DN1DO(L,J)
-9120 DO 11 I=1,I1
-9132 DO 11 J=1,K
-9144 11 READ 101, SOB(I,J)
-9300 DO 12 I=1,I1
-9312 DO 12 J=1,K
-9324 SP(I,J)=SOB(I,J)-SD1DO(I,J)
-9540 12 PUNCH 101, SP(I,J)
-9696 100 FORMAT(214)
-9724 101 FORMAT(1X,E15.8)
-9754 STOP
-9766 END

```

```

START
-6600 C CUARTA PARTE DE PLACAS PLEGADAS
-6600 DIMENSION FO(10,10),B(10,9),FOB(10,9),FN(10,9),DN1D0(9,9)
-6600 DIMENSION FD1D0(10,9),FBFD1(10,9)
-6600 READ 100,K,N
-6636 I1=2*N
-6672 DO 1 I=1,N
-6684 DO 1 J=1,N
-6696 1 FO(I,J)=0.
-6840 DO 2 I=1,N
-6852 J=1
-6864 2 READ 101,FO(I,J)
-6984 DO 103 I=1,N
-6996 DO 103 J=1,K
-7008 103 B(I,J)=0.
-7152 DO 104 I=1,K
-7164 104 READ 101, B(I,I)
-7284 DO 105 I=2,N
-7296 J=I-1
-7332 105 READ 101, B(I,J)
-7452 DO 3 I=1,N
-7464 DO 3 J=1,K
-7476 FOB(I,J)=0.
-7548 DO 3 L=1,N
-7560 3 FCB(I,J)=FOB(I,J)+FO(I,L)*B(L,J)
-7956 DO 5 I=1,N
-7968 DO 5 J=1,K
-7980 5 FN(I,J)=0.
-8124 DO 6 I=1,K
-8136 J=1
-8148 6 READ 101, FN(I,J)
-8268 DO 7 I=2,N
-8280 J=I-1
-8316 7 READ 101, FN(I,J)
-8436 DO 8 I=1,K
-8448 DO 8 J=1,K
-8460 8 READ 101, DN1D0(I,J)
-8616 DO 9 I=1,N
-8628 DO 9 J=1,K
-8640 FD1D0(I,J)=0.
-8712 DO 9 L=1,K
-8724 9 FD1D0(I,J)=FD1D0(I,J)+FN(I,L)*DN1D0(L,J)
-9120 DO 10 I=1,N
-9132 DO 10 J=1,K
-9144 FBFD1(I,J)=FOB(I,J)-FD1D0(I,J)
-9360 10 PUNCH 101, FBFD1(I,J)
-9516 100 FORMAT(2I4)
-9544 101 FORMAT(1X,E15.8)
-9574 STOP
-9586 END

```

```

-6600 C      QUINTA PARTE PLACAS PLEGADAS
-6600      DIMENSION B(10,9),G(9,10),FBFD1(10,9),FP(9,9)
-6600      READ 100,K,N
-6636      I1=2*N
-6672      DO 103 I=1,N
-6684      DO 103 J=1,K
-6696      103 B(I,J)=0.
-6840      DO 104 I=1,K
-6852      104 READ 101, B(I,I)
-6972      DO 105 I=2,N
-6984      J=I-1
-7020      105 READ 101, B(I,J)
-7140      DO 1 I=1,K
-7152      DO 1 J=1,N
-7164      1 G(I,J)=B(J,I)
-7380      DO 2 I=1,N
-7392      DO 2 J=1,K
-7404      2 READ 101,FBFD1(I,J)
-7560      DO 3 I=1,K
-7572      DO 3 J=1,K
-7584      FP(I,J)=0.
-7656      DO 3 L=1,N
-7668      3 FP(I,J)=FP(I,J)+G(I,L)*FBFD1(L,J)
-8064      PRINT 102
-8076      DO 4 I=1,K
-8088      DO 4 J=1,K
-8100      4 PUNCH 101,FP(I,J)
-8256      100 FORMAT(2I4)
-8284      101 FORMAT(1X,E15.8)
-8314      102 FORMAT(1X, 22HMATRIZ DE FLEXIBILIDAD)
-8390      STOP
-8402      END
PROCESSING COMPLETE
START

```

```

P00 FORTRAN C2
START
-6600 C.  SEXTA PARTE PLACAS PLEGADAS
-6600 DIMENSION ADRO(9,20),AKTE(20,9),DTETA(9,9),DDEL(9,9),AKDEL(20,9)
-6600 READ 100,K,N
-6636 I1=2*N
-6672 DO 1 I=1,K
-6684 DO 1 J=1,I1
-6696 1 ADRO(I,J)=0.
-6840 I=0
-6852 M = I1-2
-6888 DO 2 J = 2,M,2
-6900 I=I+1
-6936 2 READ 101,ADRO(I,J)
-7056 I=0
-7068 MM = I1-1
-7104 DO 3 J = 3,MM,2
-7116 I=I+1
-7152 3 READ 101,ADRO(I,J)
-7272 DO 10 I=1,I1
-7284 DO 10 J=1,K
-7296 10 AKTE(I,J)=0.
-7440 I=-1
-7476 DO 20 J=1,K
-7488 I=I+2
-7524 20 READ 101,AKTE(I,J)
-7644 DO 30 J=1,K
-7656 I=2*J
-7692 30 READ 101,AKTE(I,J)
-7812 DO 40 J=1,K
-7824 I=2*J+1
-7872 40 READ 101,AKTE(I,J)
-7992 DO 50 J=1,K
-8004 I=2*J+2
-8052 50 READ 101,AKTE(I,J)
-8172 DO 6 I=1,K
-8184 DO 6 J=1,K
-8196 DTETA(I,J)=0.
-8268 DO 6 L=1,I1
-8280 6 DTETA(I,J)=DTETA(I,J)+ADRO(I,L)*AKTE(L,J)
-8676 DO 7 I=1,K
-8688 DO 7 J=1,K
-8700 7 PUNCH 101,DTETA(I,J)
-8856 DO 8 I=1,I1
-8868 DO 8 J=1,K
-8880 8 AKDEL(I,J)=0.
-9024 I=-1
-9060 DO 9 J=1,K
-9072 I=I+2
-9108 9 READ 101,AKDEL(I,J)
-9228 DO 11 J=1,K
-9240 I=2*J
-9276 11 READ 101,AKDEL(I,J)
-9396 DO 12 J=1,K
-9408 I=2*J+1
-9456 12 READ 101,AKDEL(I,J)
-9576 DO 13 J=1,K
-9588 I=2*J+2
-9636 13 READ 101,AKDEL(I,J)
-9756 DO 14 I=1,K
-9768 DO 14 J=1,K
-9780 DDEL(I,J)=0.
-9852 DO 14 L=1,I1
-9864 14 DDEL(I,J)=DDEL(I,J)+ADRO(I,L)*AKDEL(L,J)
J0260 DO 15 I=1,K
J0272 DO 15 J=1,K
J0284 15 PUNCH 101,DDEL(I,J)
J0440 100 FORMAT(2I4)
J0468 101 FORMAT(1X,E15.8)
J0498 STOP
J0510 END

```

```

PDQ FORTRAN C2
START
-6600 C SEPTIMA PARTE PLACAS PLEGADAS
-6600 DIMENSION DTET1(9,9),DDEL(9,9),DT1DD(9,9),AKTE(20,9),AKD1D(20,9)
-6600 DIMENSION SS(20,9),AKDEL(20,9)
-6600 READ 100,K,N
-6636 I1=2*N
-6672 DO 1 I=1,K
-6684 DO 1 J=1,K
-6696 1 READ 101,DTET1(I,J)
-6852 DO 2 I=1,K
-6864 DO 2 J=1,K
-6876 2 READ 101,DDEL(I,J)
-7032 DO 3 I=1,K
-7044 DO 3 J=1,K
-7056 DT1DD(I,J)=0.
-7128 DO 3 L=1,K
-7140 3 DT1DD(I,J)=DT1DD(I,J)+DTET1(I,L)*DDEL(L,J)
-7536 DO 10 I=1,I1
-7548 DO 10 J=1,K
-7560 10 AKTE(I,J)=0.
-7704 M=-1
-7740 45 DO 20 J=1,K
-7752 I=2*J+M
-7800 20 READ 101,AKTE(I,J)
-7920 M=M+1
-7956 IF(M-2)45,45,25
-8024 25 DO 4 I=1,I1
-8036 DO 4 J=1,K
-8048 AKD1D(I,J)=0.
-8120 DO 4 L=1,K
-8132 4 AKD1D(I,J)=AKD1D(I,J)+AKTE(I,L)*DT1DD(L,J)
-8528 DO 8 I=1,I1
-8540 DO 8 J=1,K
-8552 8 AKDEL(I,J)=0.
-8696 M=-1
-8732 55 DO 9 J=1,K
-8744 I=2*J+M
-8792 9 READ 101,AKDEL(I,J)
-8912 M=M+1
-8948 IF(M-2)55,55,35
-9016 35 PRINT 103
-9028 DO 5 I=1,I1
-9040 DO 5 J=1,K
-9052 SS(I,J)=AKDEL(I,J)-AKD1D(I,J)
-9268 5 PUNCH 101,SS(I,J)
-9424 100 FORMAT(2I4)
-9452 101 FORMAT(1X,E15.8)
-9482 103 FORMAT(1X,35HMATRIZ DE MOMENTOS,SISTEMA DE LOSAS)
-9584 STOP
-9596 END

```

```

-6600 C   OCTAVA PARTE PLACAS PLEGADAS
-6600     DIMENSION H(9,20),SS(20,9),AKS(9,9),CDHKP(9,9),AK(9,9),AKP(9,9)
-6600     READ 100,K,N
-6636     READ 101,AL
-6660     I1=2*N
-6696     DO 1 I=1,K
-6708     DO 1 J=1,I1
-6720     1 H(I,J)=0.
-6864     M=-1
-6900     35 DO 20 I=1,K
-6912     J=2*I+M
-6960     20 READ 101,H(I,J)
-7080     M=M+1
-7116     IF(M-2)35,35,25
-7184     25 DO 6 I=1,I1
-7196     DO 6 J=1,K
-7208     6 READ 101,SS(I,J)
-7364     DO 7 I=1,K
-7376     DO 7 J=1,K
-7388     AKS(I,J)=0.
-7460     DO 7 L=1,I1
-7472     7 AKS(I,J)=AKS(I,J)+H(I,L)*SS(L,J)
-7868     DO 8 I=1,K
-7880     DO 8 J=1,K
-7892     8 READ 101,AKP(I,J)
-8048     CDH1=3.14159**4/AL**4
-8132     DO 9 I=1,K
-8144     DO 9 J=1,K
-8156     9 CDHKP(I,J)=CDH1*AKP(I,J)
-8384     DO 10 I=1,K
-8396     DO 10 J=1,K
-8408     10 PUNCH 101, CDHKP(I,J)
-8564     PRINT 104
-8576     DO 11 I=1,K
-8588     DO 11 J=1,K
-8600     AK(I,J)=CDHKP(I,J)+AKS(I,J)
-8816     11 PUNCH 101,AK(I,J)
-8972     104 FORMAT(1X,35HMATRIZ DE RIGIDEZ SISTEMA COMBINADO)
-9074     101 FORMAT(1X,E15.8)
-9104     100 FORMAT(214)
-9132     STOP
-9144     END
PROCESSING COMPLETE
START

```

```

PDQ FORTRAN C2
START
-6600 C    NOVENA PARTE PLACAS PLEGADAS
-6600      DIMENSION SP(20,9),CSWSP(20,9),R(9,1),FP(9,9),CDWFP(9,9)
-6600      DIMENSION ESF1(20,9),ADE1(9,1)
-6600      READ 100,K,N
-6636      II=2*N
-6672      READ 101,AL
-6696      DO 8 I=1,II
-6708      DO 8 J=1,K
-6720      8 READ 101,SP(I,J)
-6876      CSW=AL**2/8.
-6924      CDW=5.*AL**4/384.
-6984      DO 9 I=1,II
-6996      DO 9 J=1,K
-7008      9 CSWSP(I,J)=CSW*SP(I,J)
-7236      DO 2 I=1,K
-7248      J=1
-7260      2 READ 101,R(I,J)
-7380      DO 10 I=1,II
-7392      J=1
-7404      ESF1(I,J)=0.
-7476      DO 10 L=1,K
-7488      10 ESF1(I,J)=ESF1(I,J)+CSWSP(I,L)*R(L,J)
-7848      DO 15 I=1,II
-7860      J=1
-7872      15 PUNCH 101,ESF1(I,J)
-7992      DO 11 I=1,K
-8004      DO 11 J=1,K
-8016      11 READ 101,FP(I,J)
-8172      DO 12 I=1,K
-8184      DO 12 J=1,K
-8196      12 CDWFP(I,J)=CDW*FP(I,J)
-8424      DO 13 I=1,K
-8436      J=1
-8448      ADE1(I,J)=0.
-8520      DO 13 L=1,K
-8532      13 ADE1(I,J)=ADE1(I,J)+CDWFP(I,L)*R(L,J)
-8892      DO 16 I=1,K
-8904      J=1
-8916      16 PUNCH 101,ADE1(I,J)
-9036      100 FORMAT(2I4)
-9064      101 FORMAT(1X,E15.8)
-9094      STOP
-9106      END
PROCESSING COMPLETE
START

```

```

PDO FORTRAN C2
START
-6600 C DECIMA PARTE PLACAS PLEGADAS
-6600 DIMENSION H(9,20),SS(20,9),AKS(9,9),ADE1(9,1),R1(9,1),AM1(20,1)
-6600 DIMENSION AF(9,9),ADE2(9,1),ADE(9,1),AM2(20,1),AM(20,1)
-6600 READ 100,K,N
-6636 I1=2*N
-6672 DO 1 I=1,K
-6684 DO 1 J=1,I1
-6696 1 H(I,J)=0.
-6840 M=-1
-6876 35 DO 20 I=1,K
-6888 J=2*I+M
-6936 20 READ 101,H(I,J)
-7056 M=M+1
-7092 IF(M-2)35,35,25
-7160 25 DO 6 I=1,I1
-7172 DO 6 J=1,K
-7184 6 READ 101,SS(I,J)
-7340 DO 7 I=1,K
-7352 DO 7 J=1,K
-7364 AKS(I,J)=0.
-7436 DO 7 L=1,I1
-7448 7 AKS(I,J)=AKS(I,J)+H(I,L)*SS(L,J)
-7844 DO 3 I=1,K
-7856 J=1
-7868 3 READ 101,ADE1(I,J)
-7988 DO 4 I=1,K
-8000 J=1
-8012 R1(I,J)=0.
-8084 DO 4 L=1,K
-8096 4 R1(I,J)=R1(I,J)+AKS(I,L)*ADE1(L,J)
-8456 DO 5 I=1,I1
-8468 J=1
-8480 AM1(I,J)=0.
-8552 DO 5 L=1,K
-8564 5 AM1(I,J)=AM1(I,J)+SS(I,L)*ADE1(L,J)
-8924 DO 17 I=1,K
-8936 DO 17 J=1,K
-8948 17 READ 101,AF(I,J)
-9104 DO 8 I=1,K
-9116 J=1
-9128 ADE2(I,J)=0.
-9200 DO 8 L=1,K
-9212 8 ADE2(I,J)=ADE2(I,J)+AF(I,L)*R1(L,J)
-9572 DO 12 I=1,K
-9584 J=1
-9596 12 PUNCH 101,ADE2(I,J)
-9716 PRINT 105
-9728 DO 9 I=1,K
-9740 J=1
-9752 ADE(I,J)=ADE1(I,J)-ADE2(I,J)
-9968 9 PRINT 102,I,J,ADE(I,J)
J0112 PRINT 104
J0124 DO 10 I=1,I1
J0136 J=1
J0148 AM2(I,J)=0.
J0220 DO 10 L=1,K
J0232 10 AM2(I,J)=AM2(I,J)+SS(I,L)*ADE2(L,J)
J0592 DO 11 I=1,I1
J0604 J=1
J0616 AM(I,J)=AM1(I,J)-AM2(I,J)
J0832 11 PRINT 102,I,J,AM(I,J)
J0976 105 FORMAT(1X,13HDEFORMACIONES//)
J1044 100 FORMAT(2I4)
J1072 101 FORMAT(1X,E15.8)
J1102 102 FORMAT(1X,I2,1X,I2,E15.8)
J1148 104 FORMAT(1X,8HMOMENTOS//)
J1206 STOP
J1218 END

```

```

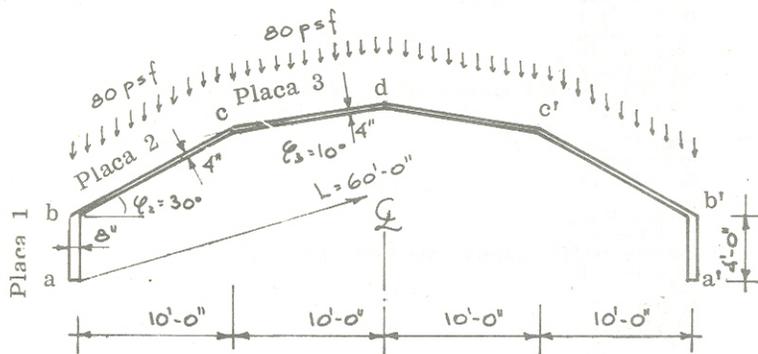
PDQ FORTRAN C2
START
-6600 C ONCEAVA PARTE PLACAS PLEGADAS
-6600 DIMENSION CSHSP(20,9),CDHKP(9,9),CSC1K(20,9),ESF2(20,1),ESF1(20,1)
-6600 DIMENSION ADE2(9,1),ESF(20,1),SP(20,9)
-6600 READ 100,K,N
-6636 I1=2*N
-6672 DO 10 I=1,K
-6684 DO 10 J=1,K
-6696 10 READ 101,CDHKP(I,J)
-6852 READ 101,AL
-6876 CSH=AL**2/3.14159**2
-6960 DO 8 I=1,I1
-6972 DO 8 J=1,K
-6984 8 READ 101,SP(I,J)
-7140 DO 9 I=1,I1
-7152 DO 9 J=1,K
-7164 9 CSHSP(I,J)=CSH*SP(I,J)
-7392 DO 11 I=1,I1
-7404 DO 11 J=1,K
-7416 CSC1K(I,J)=0.
-7488 DO 11 L=1,K
-7500 11 CSC1K(I,J)=CSC1K(I,J)+CSHSP(I,L)*CDHKP(L,J)
-7896 DO 2 I=1,K
-7908 J=1
-7920 2 READ 101,ADE2(I,J)
-8040 PRINT 102
-8052 DO 3 I=1,I1
-8064 J=1
-8076 ESF2(I,J)=0.
-8148 DO 3 L=1,K
-8160 3 ESF2(I,J)=ESF2(I,J)+CSC1K(I,L)*ADE2(L,J)
-8520 DO 4 I=1,I1
-8532 J=1
-8544 4 READ 101,ESF1(I,J)
-8664 DO 5 I=1,I1
-8676 J=1
-8688 ESF(I,J)=ESF1(I,J)-ESF2(I,J)
-8904 5 PRINT 133,I,J,ESF(I,J)
-9048 100 FORMAT(2I4)
-9076 101 FORMAT(1X,E15.8)
-9106 102 FORMAT(1X,34HESFUERZOS LONGITUDINALES AL CENTRO//)
-9216 133 FORMAT(1X,I2,1X,I2,1X,E15.8)
-9270 STOP
-9282 END

```

IV - EJEMPLO

a) DATOS Y DIMENSIONES

Se ilustra la aplicación del programa con el ejemplo numérico de la página 1295 del "JOURNAL" del Instituto Americano del Concreto (A.C.I.) correspondiente a Octubre de 1964. Consiste en una estructura de placas plegadas simplemente soportada con una Luz de 18.30 mts. (60 piés), la carga es uniformemente distribuida. Los demás datos y dimensiones están en la Fig. 2.

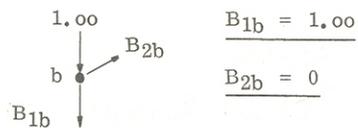


En primer lugar se encontrarán los momentos primarios, que son los momentos transversales de la losa asumiendo las aristas longitudinales como apoyos fijos, aplicando después una distribución de momentos por el método de Cross con lo que podemos encontrar el valor de las reacciones en cada arista.

	b.	c	d	
MF	0.3974	0.6026		
Distr.	-1180	-676	-676	$MF_1 = 1180 (3/2 MF_1')$
		-304	+152	$MF_2 = 676$
No.		-980	-524	$K_1 = 3/4 K_1' = 0.3974$
Rno.	364	560	452	$K_2 = 0.6026$
carga	400		360	
Rno.	764	1012	720	

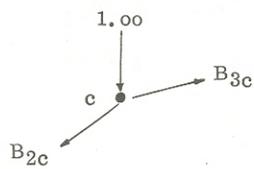
PASO 1

- a) Para formar la matriz B se necesita calcular el valor unitario de las reacciones, para lo cual se harán cuerpos libres de los nudos y se aplica una carga unitaria en cada uno de ellos.



$$\underline{B_{1b} = 1.00}$$

$$\underline{B_{2b} = 0}$$



$$B_{2c} \text{ Sen } 30^\circ - B_{3c} \text{ Sen } 10^\circ = 1.00$$

$$B_{2c} \text{ Cos } 30^\circ - B_{3c} \text{ Cos } 10^\circ = 0$$

$$0.866 B_{2c} - 0.985 B_{3c} = 0$$

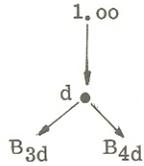
$$B_{3c} = \frac{0.866}{0.985} B_{2c} = 0.879388 B_{2c}$$

$$0.5 B_{2c} - 0.17365 \times 0.879388 B_{2c} = 1.00$$

$$B_{2c} (0.5 - 0.152706) = 1.00$$

$$B_{2c} = \frac{1.00}{0.347294} = 2.879405$$

$$B_{3c} = 0.879388 \times 2.879405 = 2.532114$$



$$B_{3d} \cos 10^\circ - B_{4d} \cos 10^\circ = 0$$

$$B_{3d} = B_{4d}$$

$$B_{3d} \sin 10^\circ + B_{4d} \sin 10^\circ = 1.00$$

$$0.17365 B_{3d} \times 2 = 1.00$$

$$\therefore B_{3d} = B_{4d} = \frac{1.00}{0.3473} = 2.879355$$

Se substituyen estos valores en la matriz tomando en cuenta que los vectores que van en el sentido a, b, c, d serán positivos y en sentido contrario serán negativos.

$$[B] = \begin{bmatrix} 1.00 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2.879355 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.532114 & -2.879355 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2.879355 & -2.532114 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.879355 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.00 \end{bmatrix}$$

diagonal 1

diagonal 2

Paso No. 2

$$(bd)_1 = \frac{8}{12} \times 4.0 = 2.6666 \quad \left\{ \begin{array}{l} (2/bd)_1 = \frac{2}{2.6666} = 0.75 \\ (4/bd)_1 = 1.50 \end{array} \right.$$

$$(bd)_2 = \frac{4}{12} \times 11.55 = 3.85 \quad \left\{ \begin{array}{l} (2/bd)_2 = \frac{2}{3.85} = 0.519481 \\ (4/bd)_2 = 1.038962 \end{array} \right.$$

$$(bd)_3 = \frac{4}{12} \times 10.15 = 3.3833 \quad \left\{ \begin{array}{l} (2/bd)_3 = \frac{2}{3.3833} = 0.591133 \\ (4/bd)_3 = 1.182266 \end{array} \right.$$

diagonal 1	0.75	0	0	0	0
diagonal 2	1.50	0	0	0	0
diagonal 3	1.038962	0.519481	0	0	0
diagonal 4	0.519481	1.038962	0	0	0
	0	1.182266	0.591133	0	0
SN =	0	0.591133	1.182266	0	0
	0	0	1.182266	0.591133	0
	0	0	0.591133	1.182266	0
	0	0	0	1.038962	0.519481
	0	0	0	0.519481	1.038962
	0	0	0	0	1.50
	0	0	0	0	0.75

Paso No. 3

$$(bd^2)_1 = \frac{8}{12} \times 4^2 = 10.6667 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (6/bd^2)_1 = 0.5625$$

$$(bd^2)_2 = \frac{4}{12} \times 11.55^2 = 44.4675 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (6/bd^2)_2 = 0.13493$$

$$(bd^2)_3 = \frac{4}{12} \times 10.15^2 = 34.34083 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (6/bd^2)_3 = 0.174719$$

diagonal 1
diagonal 2

$$[SO] = \begin{bmatrix} 0.5625 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.13493 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.174719 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.174719 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.13493 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5625 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Paso No. 4

diagonal 1
diagonal 2

$$[ADRO] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Paso No. 5. Usando un concreto de 3000 #/plg. 2

$$E_c = 1.45^{1.5} \times 33 \sqrt{f'_c} = 145 \times \sqrt{145} \times 33 \sqrt{3000}$$

$$E_c = 1745.945 \times 180.7476 = 3.155754 \times 10^6 \text{ #/plg.}^2$$

$$(6/bd^2E)_1 = 1.237819448 \times 10^{-6}$$

$$(6/bd^2E)_2 = 0.2969236112 \times 10^{-6}$$

$$(6/bd^2E)_3 = 0.3844791662 \times 10^{-6}$$

E debe usarse en Kips/pie²

diagonal 1

diagonal 2

$$[FN] = \begin{bmatrix} 1.2378194 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2969236 & 0.2969236 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3844792 & 0.3844792 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3844792 & 0.3844792 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2969236 & 0.2969236 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.2378194 \end{bmatrix} \times 10^{-6}$$

Paso No. 6. - \bar{L} en Kips/pie²

$$(12/bd^3E)_1 = 0.6189097224 \times 10^{-6}$$

$$(12/bd^3E)_2 = 0.051416667 \times 10^{-6}$$

$$(12/bd^3E)_3 = 0.0757569448 \times 10^{-6}$$

diagonal de Lectura

$$[FO] = \begin{bmatrix} 0.6189097 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.051416667 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0757569 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0757569 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.051416667 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6189097 \end{bmatrix} \times 10^{-6}$$

Paso No. 7

$$\begin{aligned} (b^3E/3 d)_2 &= 485.73414 \\ (b^3E/6 d)_2 &= 242.86707 \\ (b^3E/3 d)_3 &= 552.7319544 \\ (b^3E/6 d)_3 &= 276.3659772 \end{aligned}$$

E en kips/pié²

diagonal 1	→ 0	0	0	0	0
diagonal 2	→ 0	0	0	0	0
diagonal 3	→ 485.73414	242.86707	0	0	0
diagonal 4	→ 242.86707	485.73414	0	0	0
	0	552.731954	276.365977	0	0
	0	276.365977	552.731954	0	0
AKTE =	0	0	552.731954	276.365977	0
	0	0	276.365977	552.731954	0
	0	0	0	485.73414	242.86707
	0	0	0	242.86707	485.73414
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0

Paso No. 8

$$\begin{aligned} (b^3E/2 dh)_2 &= 72.860121072 \\ (b^3E/2 dh)_3 &= 82.909793232 \\ h &= \text{proyección horizontal; E en kips/pié}^2 \end{aligned}$$

diagonal 1
diagonal 2
diagonal 3
diagonal 4

$$\boxed{\text{AKDEL}} = \begin{bmatrix}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -72.860121 & 72.860121 & 0 & 0 & 0 \\
 -72.860121 & 72.860121 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -82.909793 & 82.909793 & 0 & 0 \\
 0 & -82.909793 & 82.909793 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -82.909793 & 82.909793 & 0 \\
 0 & 0 & -82.909793 & 82.909793 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -72.860121 & 72.860121 \\
 0 & 0 & 0 & -72.860121 & 72.860121 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix}$$

Paso No. 9

$$1/h_1 = 1/h_2 = 1/10 = 0.1$$

① ② ③ ④

$$\boxed{\text{H}} = \begin{bmatrix}
 0 & 0 & 0.1 & -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0.1 & -0.1 & 0.1 & -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & -0.1 & 0.1 & -0.1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & -0.1 & 0.1 & -0.1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1 & -0.1 & 0
 \end{bmatrix}$$

Paso No. 10 (se operará con la computadora)

$$C_{SH} = \frac{L^2}{\pi^2}$$

$$C_{SW} = \frac{L^2}{8}$$

Paso No. 11 (se operará con la computadora)

$$C_{DH} = \frac{L^4}{\pi^4}$$

$$C_{DW} = \frac{5 L^4}{384}$$

Paso No. 12. Matriz de Carga Final

$$[R] = \begin{bmatrix} 0.764 \\ 1.012 \\ 0.72 \\ 1.012 \\ 0.764 \end{bmatrix}$$

La computadora leerá las matrices de entrada anteriores, conforme a la numeración de las diagonales, es decir que primero leerá la No. 1, después la No. 2, enseguida la No. 3, etc.

Para simplificar más las operaciones se podrá elaborar un programa para que la computadora calcule los diferentes términos de las matrices de entrada.

A estas alturas ya se tienen calculados todos los datos y formadas las matrices de entrada a la computadora. Lo que corresponde ahora es perforar las tarjetas respectivas, lo cual se hará de la siguiente manera:

- 1) Una tarjeta con K y N que para nuestro caso son 5 y 6. El 5 en la columna 4 y el 6 en la columna 8 para estar de acuerdo con el formato 100 de Lectura. Esta tarjeta servirá para todos los programas e irá siempre al principio de los datos.
- 2) Una tarjeta con AL (L) que en nuestro caso es 60.0 piés. Este dato se puede perforar entre las columnas 2 y 15 en cualquier lugar, con la condición que se perfore con el punto decimal.
- 3) Una tarjeta por cada uno de los términos de las diagonales de Lectura de cada Matriz. Se llama diagonales de Lectura, a las diagonales que lee la máquina en cada matriz, según la secuencia del programa, después de haber hecho toda la matriz igual a cero (La forma en que lee la máquina los datos está marcada con flechas en cada una de las matrices, ver hojas X á Y). Este dato al igual que el anterior se puede perforar entre las columnas 2 y 15 sin importar la colocación siempre que se perforen con su respectivo punto decimal.

Quiere decir lo anterior que se tendrá el siguiente número de tarjetas por cada matriz:

$[B]$ = 10 tarjetas	$[FO]$ = 6 tarjetas
$[SN]$ = 20 "	$[AKTE]$ = 20 "
$[SO]$ = 12 "	$[AKDEL]$ = 20 "
$[ADRO]$ = 10 "	$[R]$ = 5 "
$[FN]$ = $\frac{10}{62}$ "	$[H]$ = $\frac{20}{71}$ "

Total = 62 + 71 = 133 Tarjetas para nuestro caso.

Para el caso de términos elevados a alguna potencia es preferible perforarlos siguiendo exactamente las indicaciones del formato 101 (1 X, E 15.8).

Por Ej: para el primer valor de la Matriz $[FN]$

No. de Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
			1	.	2	3	7	8	1	9	4	E	-	0	6

la columna 2 se usará cuando haya signo menos.

Teniendo ya todos los datos perforados, se procede a correr los programas en la forma siguiente:

1) DATOS PRIMERA PARTE

K, N

Matriz $[B]$
 Matriz $[SO]$

2) DATOS SEGUNDA PARTE

K, N

Matriz $[SN]$

Matriz $[ADRO]$

Matriz $[SOB]$ = Resultado 1a. Parte

3) Inversión de $[DN]$ (1er. Resultado de 2a. Parte)

El programa de inversión de matrices no está incorporado al presente programa general debido a que existe un programa en el centro de cálculo de la Universidad, elaborado por el Ing. Roberto Solís H. el cual resuelve satisfactoriamente el problema, y es el programa que se usó en esta oportunidad.

Para usar este programa es menester perforar una tarjeta que contenga el número de orden de la matriz a invertir, este número puede estar colocado en cualquier columna. En nuestro caso el orden de las matrices a invertir es 5 (K).

DATOS INVERSION DE [DN]

K

Matriz [DN] = 1er. Resultado de 2a. Parte

4) DATOS TERCERA PARTE

K, N

Matriz [SN]

Matriz [DON] = 2o. Resultado de 2a. Parte

Matriz [DNI] = Inversión de [DN]

Matriz [SOB] = Resultado 1a. Parte

5) DATOS CUARTA PARTE

K, N

Matriz [FO]

Matriz [B]

Matriz [FN]

Matriz [DNIDO] = 1er. Resultado 3a. Parte

6) DATOS QUINTA PARTE

K, N

Matriz [B]

Matriz [FBFD1] = Resultado 4a. Parte

7) DATOS INVERSION DE [FP]

K

Matriz [FP] = Resultado 5a. Parte

8) DATOS SEXTA PARTE

K, N

Matriz $\boxed{\text{ADRO}}$

Matriz $\boxed{\text{AKTE}}$

Matriz $\boxed{\text{AKDEL}}$

9) DATOS INVERSION DE $\boxed{\text{DTETA}}$

K

Matriz $\boxed{\text{DTETA}}$ = 1er. Resultado de 6a. Parte

10) DATOS SEPTIMA PARTE

K, N

Matriz $\boxed{\text{DTET1}}$ = inversión de $\boxed{\text{DTETA}}$

Matriz $\boxed{\text{DDEL}}$ = 2o. Resultado de 6a. Parte

Matriz $\boxed{\text{AKTE}}$

Matriz $\boxed{\text{AKDEL}}$

11) DATOS OCTAVA PARTE

K, N

AL = Luz

Matriz $\boxed{\text{H}}$

Matriz $\boxed{\text{SS}}$ = Resultado 7a. Parte

Matriz $\boxed{\text{AKP}}$ = Inversión de $\boxed{\text{FP}}$

12) DATOS INVERSION DE AK

K

Matriz [AK] = 2o. Resultado de 8a. Parte

13) DATOS NOVENA PARTE

K, N

AL = Luz

Matriz [SP] = 2o. Resultado de 3a. Parte

Matriz [R]

Matriz [FP] = Resultado 5a. Parte

14) DATOS DECIMA PARTE

K, N

Matriz [H]

Matriz [SS] = Resultado 7a. Parte

Matriz [ADE1] = 2o. Resultado de 9a. Parte

Matriz [AF] = Inversión de [AK]

15) DATOS ONCEAVA PARTE

K, N

Matriz [CDHKP] = 1er Resultado de 8a. Parte

Matriz [SP] = 2o. Resultado de 3a. Parte

Matriz [ADE2] = Resultado 10a. Parte

Matriz [ESF1] = 1er Resultado de 9a. Parte

El tiempo total empleado en los 15 pasos descritos anteriormente tomando en cuenta: a) Lectura de programa objeto + sub-rutinas + datos, b) Computación de la máquina, c) Perforado de tarjetas y d) escritura de resultados; es aproximadamente de 30 minutos. Los resultados obtenidos aparecen a continuación.

LOAD DATA
PAUSE 0001
LOAD SUBROUTINES
PDQ FREE FORM SUBROUTNS 11/63
LOAD DATA
DEFORMACIONES

1 1 .23379622E-01
2 1 .90372440E-02
3 1 -.11265928E-01
4 1 .90372500E-02
5 1 .23379629E-01
MOMENTOS

1 1 .00000000E-50
2 1 .00000000E-50
3 1 -.26155644E-06
4 1 .35379280E 00
5 1 -.35379380E 00
6 1 -.10185629E 01
7 1 .10185629E 01
8 1 .35379370E 00
9 1 -.35379310E 00
10 1 .16571057E-07
11 1 .00000000E-50
12 1 .00000000E-50
STOP 0000

LOAD SUBROUTINES
PDQ FREE FORM SUBROUTNS 11/63
LOAD DATA
ESFUERZOS LONGITUDINALES AL CENTRO

1 1 -.10504216E 03
2 1 -.94378840E 01
3 1 .94378900E 01
4 1 -.27314866E 02
5 1 .27314889E 02
6 1 -.62161720E 01
7 1 .62162100E 01
8 1 -.27314857E 02
9 1 .27314867E 02
10 1 -.94378990E 01
11 1 .94379000E 01
12 1 .10504218E 03
STOP 0000

V - ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

a) DEFORMACIONES AL CENTRO DE LA LUZ

Los resultados que dió la Computadora están en piés, por lo que reduciéndose a pulgadas se tiene:

1 - 1	0.023379622	x 12 =	0.28	pulgadas
2 - 1	0.009037244	x 12 =	0.11	"
3 - 1	-0.011265928	x 12 =	-0.14	"
4 - 1	0.00903725	x 12 =	0.11	"
5 - 1	0.023379629	x 12 =	0.28	"

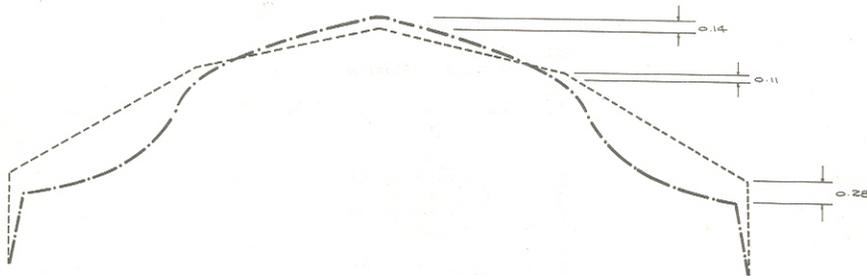


FIG. 3

b) MOMENTOS TRANSVERSALES AL CENTRO DE LA LUZ

Los resultados están en Kips x Pié, para reducirlos a # x Pié se multiplican por 1000. Los valores de momento de 3-1 y 10-1 son prácticamente cero, por lo que se tomarán como tal.

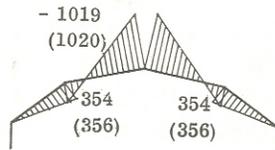
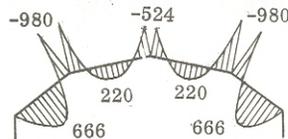


DIAGRAMA DE MOMENTOS TRANSVERSALES DEBIDO AL DESPLAZAMIENTO DE LOS APOYOS.



$$\frac{wl^2}{8} = \frac{80 \times 0.866 \times 11.55^2}{8} = 1156$$

$$\frac{wl^2}{8} = \frac{80 \times 0.9848 \times 10.15^2}{8} = 972$$

DIAGRAMA DE MOMENTOS TRANSVERSALES ASUMIENDO APOYOS FIJOS.

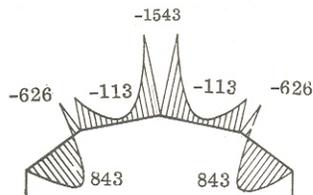
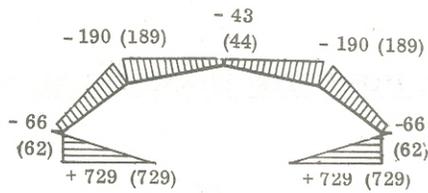


DIAGRAMA DE MOMENTOS TRANSVERSALES FINALES.

c) ESFUERZOS LONGITUDINALES AL CENTRO DE LA LUZ.

Los resultados obtenidos están en Kips/Pié², por lo que se reducirán a #/plg².

1	-	1	-105.04216	x	$\frac{1000}{144}$	=	-729.46	#/plg ² .
2	-	1	-9.437884	x	6.9444	=	- 65.54	"
3	-	1	9.43789	x	6.9444	=	65.54	"
4	-	1	-27.314866	x	6.9444	=	-189.69	"
5	-	1	27.314889	x	6.9444	=	189.69	"
6	-	1	-6.216172	x	6.9444	=	- 43.17	"
7	-	1	6.21621	x	6.9444	=	43.17	"
8	-	1	-27.314857	x	6.9444	=	-189.69	"
9	-	1	27.314867	x	6.9444	=	189.69	"
10	-	1	-9.437899	x	6.9444	=	- 65.54	"
11	-	1	9.437900	x	6.9444	=	65.54	"
12	-	1	105.04218	x	6.9444	=	729.46	"



ESFUERZOS LONGITUDINALES FINALES.

Como se puede ver, la concordancia entre los valores obtenidos por el programa, de Momentos transversales y Esfuerzos Longitudinales, con los valores que debería haber dado, es casi perfecta (Los valores dados en el ejemplo seleccionado están entre paréntesis junto a los obtenidos). Las pequeñas diferencias observadas se deben sin duda al valor diferente de la Constante E.

Estos valores obtenidos corresponden a la mitad de la Luz. Si se desean obtener los correspondientes a $1/4$ ó $3/4$ de la Luz (son valores iguales) simplemente podemos plotear una curva senoidal entre los apoyos, y tomar los valores respectivos. (Fig. 8).

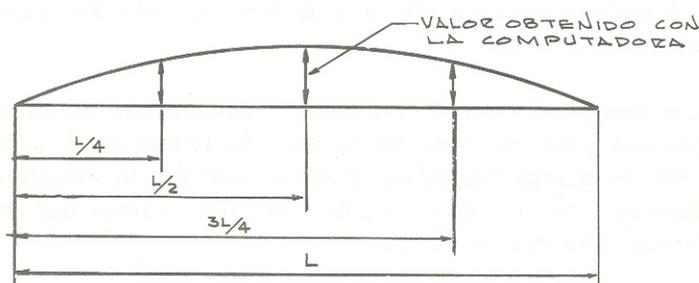


FIG. 8

También se puede hacer analíticamente usando la ecuación de la curva: $(p_n = p_{nm} \text{ Sen } \frac{\pi x}{L})^*$ con lo cual se obtienen valores en el punto que se desee.

* p_n = carga de placa en la placa n (#/pié)
 p_{nm} = carga máxima de placa en la placa n (#/pié)

VI - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) El Programa general elaborado en este trabajo para el análisis de placas plegadas simplemente soportadas por medio de la computadora IBM - 1620, puede considerarse de toda confianza en base a la secuencia seguida en los sub-programas y a la concordancia obtenida en los resultados finales. Este programa se podrá obtener en el centro de cálculo de la Universidad de San Carlos en donde quedará archivado. Su duración considerando también las inversiones de matriz, es de 30 minutos aproximadamente; su capacidad máxima es de 10 placas y 9 nudos para estructuras asimétricas y el doble para estructuras simétricas.
- 2) Las matrices básicas son función únicamente de la geometría (forma) y dimensiones de la sección transversal de la estructura de placas plegadas, y de el módulo de elasticidad (E). Entonces no necesitamos computar nuevamente para cada condición diferente de carga.
- 3) Los Análisis del sistema de placa y del sistema de Losa están separados, de manera que el efecto de los cambios en el peralte de la losa o en la luz de las placas para una sección particular pueden ser estudiados.
- 4) El uso de las computadoras Electrónicas para la resolución de los problemas de Ingeniería proporcionan, entre otras, las siguientes ventajas:
 - a) Posibilidad de usar métodos más exactos.
 - b) Emplear el tiempo en el estudio del problema propiamente dicho.
 - c) Posibilidad de desarrollar diferentes soluciones para cada problema.
 - d) Ahorro de tiempo y de dinero, obteniéndose a la vez resultados más exactos y dignos de confianza ya que se elimina el factor humano en las operaciones.

- 5) En base a las ventajas enumeradas en el punto 4, se considera que todos los Ingenieros deberían hacer todo lo posible por usar la computadora en sus diferentes problemas, lo cual redundará en beneficio del propio problema y también en beneficio del país.
- 6) Como complemento de este trabajo, se recomienda hacer un estudio de esta clase de estructuras en base a modelos de laboratorio, con el objeto de comparar el método de análisis empleado con el comportamiento real de la estructura.
- 7) Para seguir en el estudio de las placas plegadas se recomienda los siguientes trabajos:
 - a) Hacer un análisis más preciso basado en la teoría elástica y desarrollarlo en forma matricial.
 - b) Elaborar un programa para el diseño de estructuras de placas plegadas.
 - c) Elaborar un programa para el análisis de estructuras de placas plegadas continuas.



VII - BIBLIOGRAFIA

- 1) "Matrix Formulation of the folded Plate Equations"
A. C. Scordelis - ASCE, V. 86. ST10, Octubre 1960
- 2) "Prismatic folded Plates. A simplified procedure of Analisis"
E. Traum ACI, V. 61, No. 10, Octubre 1964
- 3) La Ingeniería y las Computadoras Electrónicas
M. Antonio Marroquín C. Tesis Fac. de Ing.
- 4) Determinantes y Matrices
A. C. Aitken - Dossat
- 5) IBM 1620 FORTRAN(With Format)
Form C 26-5619-4
- 6) Numerical Methods and Fortran Programming
D.D. McCracken y W.S. Dorn - 1964 Wiley Sons
- 7) Advanced concrete analisis
C. T. Dumhan
- 8) FORTRAN for the IBM 1620
A. McCollum y J.L. Fike 1962
- 9) Advanced Matematics for Engineer
Willey
- 10) Numerical Method in Engineering
M.G. Salvadori y Baron.

Vicente A. Mazariegos R.

Vo. Bo.

(f) Ing. Carlos Asturias P.
Asesor

IMPRIMASE

(f) Ing. Amando Vides T.
DECANO

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO