



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE  
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"ANALISIS DE LOSAS PARA PUENTE APOYADAS EN VIGAS"

T E S I S

Que para obtener el titulo de :

INGENIERO CIVIL

presentan

Señores:  
SAUCEDO LEMUS OSCAR,  
OCAMPO BAI MIGUEL ERICK.



MEXICO D.F.

1993

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 está 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.

## I N D I C E

	Páginas.
I.- INTRODUCCION	1
II.- ANALISIS ARMONICO	4
III.- MODELIZACION CON BASE EN RETICULAS DE VIGAS	45
IV.- METODO DE P.D.CART	50
V.- COMPARACION DE RESULTADOS	65
VI.- CONCLUSIONES	150
VII.- BIBLIOGRAFIA	153
ANEXOS	154

*CAPITULO I*

*INTRODUCCION*

## INTRODUCCION

El principal problema en el análisis de un puente es determinar la distribución de las cargas que actúan en él. Esta distribución depende de las propiedades de rigidez de los elementos que conforman al puente, así como de su estructuración.

Por ejemplo si un puente constituido por una losa apoyada en vigas es sujeto a una serie de cargas aplicadas por encima de una viga y esta retiene la mayor parte de la carga, transfiriendo una fracción muy pequeña del total a las otras vigas, se dice que el puente presenta características de distribución pobres; contrariamente a esto, un puente con buenas características de distribución es aquél en el cual la carga se distribuye entre los diferentes elementos que conforman al puente.

Existen diversos métodos para calcular la distribución transversal de las cargas algunos de ellos, con objeto de facilitar los cálculos, hacen simplificaciones teóricas que pueden resultar en ocasiones muy conservadoras. Este tipo de métodos son llamados métodos simplificados que asumen lo siguiente:

-El patrón de cargas aceptadas por las vigas que conforman a un puente tienen la misma forma y pueden ser obtenidas multiplicando las cargas externas aplicadas al puente por un factor.

-Los coeficientes de distribución son los mismos tanto para momentos como para cortantes y además son los mismos en todas las posiciones longitudinales del puente.

Existen métodos más rigurosos en los cuales se observa que los coeficientes de distribución no son enteramente iguales para cortantes y momentos y que no permanecen constantes a lo largo del claro. El desarrollo de estos métodos suele ser un tanto complicado; sin embargo, la teoría puede ser manejada en programas de cómputo, los cuales facilitan los cálculos y permiten obtener resultados confiables y más exactos que los producidos por un método simplificado.

La finalidad de este trabajo es la de presentar 3 métodos de análisis de puentes rectos cuya superestructura es a base de losa apoyada en vigas. Estos métodos pertenecen al grupo de métodos rigurosos y constituyen 3 de los métodos que comúnmente en la actualidad son utilizados en el análisis de puentes. Se dan además programas de cómputo que se basan en el desarrollo de estos métodos.

En el capítulo II, **Análisis armónico**, se desarrolla la teoría del método semicontinuo, el cual basa su desarrollo en la representación de las cargas por medio de una serie llamada serie armónica; así mismo se establece el método de las fuerzas que conjuntamente con el método semicontinuo constituyen una vía para la solución de puentes continuos.

En el capítulo III, **Modelización con base a retículas de vigas**, se dan las recomendaciones en cuanto a la estructuración, para que en la representación de un puente por medio de una retícula plana se obtengan resultados con un buen grado de exactitud; así mismo, se establecen criterios en cuanto a las propiedades que deben darse a los elementos que conforman la retícula.

En el capítulo IV, **Método de PDCART**, se dan los principios y la teoría de este método, el cual exclusivamente sirve para obtener las respuestas en la sección transversal de un puente.

En el capítulo V, **Comparación de resultados**, se comparan los resultados obtenidos por los tres métodos para 3 ejemplos de puentes.

Finalmente, en el capítulo VI se dan las conclusiones en cuanto a exactitud y confiabilidad de los métodos y en el anexo se dan los listados de los programas de cómputo utilizados en el análisis, programas que están basados en los métodos desarrollados en este trabajo.

*CAPITULO II*

*ANALISIS ARMONICO*

## 2.1.-INTRODUCCION

Generalmente, las cargas externas que actúan en un puente (ruedas de un vehículo), son funciones discontinuas con respecto al claro del puente. Es posible y en algunas ocasiones conveniente para el análisis representar a las cargas discontinuas en un puente, como una función continua o bien por medio de una serie de funciones continuas.

La finalidad de la representación de las cargas por medio de una función continua o bien por medio de una serie, presenta una ventaja importante, ya que el análisis puede ser estudiado fácilmente en una computadora personal, al tener de igual forma que la carga, los cortantes, momentos, deflexiones y giros representados por una serie.

Es también tema de este capítulo el desarrollo de un método de análisis de puentes; método que se basa principalmente en la representación de las cargas por medio de una serie y que tiene como fundamento el separar las diferentes cargas que aceptan las vigas en componentes de forma similar, aspecto que se logra al analizar por separado cada término de la serie. Logrando así manejar una carga y sus efectos con mayor facilidad y bastante exactitud.

## 2.2.-COMPONENTES ARMONICOS DE CARGA

### 2.2.1.-Cargas puntuales y repartidas en un puente

Ahora deduciremos las expresiones para representar las cargas que actúan en un puente por medio de la serie armónica.

Propongamos una viga simplemente apoyada de claro  $L$ , a la cual se le aplica una carga  $q(x)$ , distribuida como se muestra en la figura.

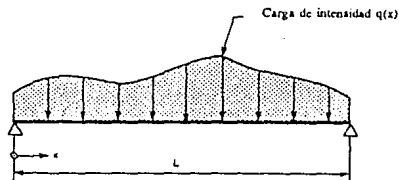


Figura 2.1 Viga sometida a una carga en general. (Ref. 1)

De la figura anterior, la intensidad de la carga  $q(x)$  podemos expresarla como:



$$q(x) = q_1 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) + q_2 \sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right) + \dots + q_n \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (2.1)$$

Para la obtención de los valores de  $q_n$  hay que multiplicar ambos lados de la ecuación anterior por  $\sin(n\pi x/L)$ , e integrar con respecto a  $x$  entre los límites de 0 a  $L$ , de tal forma que se tiene:

$$\int_0^L q(x) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx = q_1 \int_0^L \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx + \dots + q_n \int_0^L \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx; \quad (2.2)$$

Sin embargo se sabe que:

$$\int_0^L \sin\left(\frac{m\pi x}{L}\right) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx = 0$$

para  $m$  diferente de  $n$ .

Por lo tanto, las integrales del lado derecho de la ecuación (2.2) son, a excepción del último término, iguales a cero quedando:

$$\int_0^L q(x) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx = q_n \int_0^L \sin^2\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx \quad (2.3)$$

También se puede demostrar que:

$$\int_0^L \sin^2\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx = \frac{L}{2}$$

por lo tanto

$$q_n = \frac{2}{L} \int_0^L q(x) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx \quad (2.4)$$

Finalmente, podemos resolver la expresión (2.4) utilizando la regla de Simpson.

A continuación se analizarán los casos de carga repartida y carga concentrada.

#### Carga uniformemente repartida

Propongamos una carga uniformemente repartida en una viga, a lo largo del claro como se muestra en la figura siguiente:

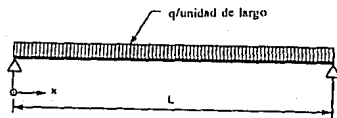


Figura 2.2 Viga sometida a una carga uniformemente repartida. (Ref. 1)

Dado que  $q(x)$  es constante la expresión (2.4) queda de la siguiente forma:

$$q_n = \frac{2}{L} q \int_0^L \text{Sin}\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx$$

donde

$$q_n = 4 \frac{q}{n\pi} \quad (2.5 \text{ a.})$$

para  $n$  impar.

$$q_n = 0 \quad (2.5 \text{ b.})$$

para  $n$  par.

Por lo tanto, se puede expresar una carga uniformemente repartida por medio de la serie:

$$q(x) = 4 \frac{q}{\pi} \left( \text{Sin}\left(\frac{\pi x}{L}\right) + \frac{1}{3} \text{Sin}\left(\frac{3\pi x}{L}\right) + \dots \right) \quad (2.6)$$

Esta expresión se obtiene de substituir las expresiones (2.5 a) y (2.5 b) en la (2.1).

## Carga concentrada

La figura (2.3 a) muestra una viga con una carga concentrada  $P$  a una distancia  $c$  del apoyo de la izquierda; esta carga puede ser considerada como una pequeña carga repartida de intensidad  $P/2\Delta$  situada en el rango  $(c-\Delta) < x < (c+\Delta)$ , como se muestra en la figura (2.3 b).

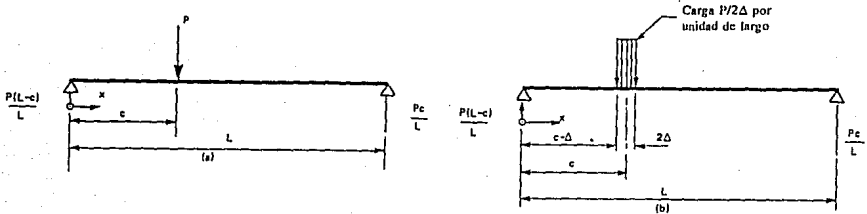


Figura 2.3 a) Viga sometida a una carga concentrada.  
 b) Representación de una carga concentrada por una pequeña carga repartida de intensidad  $P/2\Delta$ . (Ref. 1)

Podemos observar en la ecuación 2.4 que la intensidad de carga  $q(x)$  es cero excepto en el rango  $(c-\Delta) < x < (c+\Delta)$ ; por lo que la ecuación 2.4 queda:

$$q_n = \frac{2}{L} (\lim_{\Delta \rightarrow 0} \int_{c-\Delta}^{c+\Delta} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx)$$

Resolviendo esta ecuación se llega finalmente a:

$$q_n = \frac{2P}{L} \sin\left(\frac{n\pi c}{L}\right)$$

Y substituyendo este valor en la ecuación (2.1) se obtiene.

$$p(x) = \frac{2P}{L} \sin\left(\frac{\pi c}{L}\right) \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) + \sin\left(\frac{2\pi c}{L}\right) \sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right) + \dots$$

(2.7)

Donde  $c$  es la distancia de la carga al soporte de la izquierda y  $x$  es la distancia a lo largo del claro, medida a partir del apoyo de la izquierda.

Podemos observar por medio de las expresiones (2.6) y (2.7), que tanto las cargas concentradas como la carga uniforme en un puente, son equivalentes a un número infinito de cargas distribuidas, cada una corresponde a un término de la serie y es una función continua de  $x$ .

## 2.2.2.- Obtención de los elementos mecánicos.

Se obtendrán ahora los elementos mecánicos tanto para carga concentrada como para carga uniformemente repartida.

Aplicando la teoría general de la elástica, se sabe que la intensidad de carga  $P(x)$ , el momento flexionante  $M(x)$ , la fuerza cortante  $V(x)$  y el giro  $\theta(x)$  en una viga con rigidez a la flexión ( $EI$ ) constante, se puede relacionar con la deflexión  $\omega$  por medio de las siguientes expresiones:

$$P(x) = EI \frac{d^4\omega}{dx^4} \quad (2.8 \text{ a})$$

$$V(x) = -EI \frac{d^3\omega}{dx^3} \quad (2.8 \text{ b})$$

$$M(x) = -EI \frac{d^2\omega}{dx^2} \quad (2.8 \text{ c})$$

$$\theta(x) = EI \frac{d\omega}{dx} \quad (2.8 \text{ d})$$

Los valores de  $V(x)$ ,  $M(x)$ ,  $\theta(x)$ , y  $\omega$  pueden ser obtenidos integrando sucesivamente el lado derecho del grupo de ecuaciones, teniendo en cuenta además, que para una viga simplemente apoyada las constantes de integración son cero debido a las condiciones de apoyo.

De esta forma substituyendo las expresiones (2.6) y (2.7) en la ecuación (2.8 a) e integrando sucesivamente se obtienen los siguientes grupos de ecuaciones.

### CARGA CONCENTRADA

$$V_x = \frac{2P}{\pi} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n} \sin\left(\frac{n\pi c}{L}\right) \cos\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (2.9 \text{ a})$$

$$M_x = \frac{2PL}{\pi^2} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n^2} \sin\left(\frac{n\pi c}{L}\right) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (2.9 \text{ b})$$

$$\theta_x = \frac{2PL^2}{\pi^3 EI} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n^3} \sin\left(\frac{n\pi c}{L}\right) \cos\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (2.9 \text{ c})$$

$$\omega_x = \frac{2PL^3}{\pi^4 EI} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n^4} \sin\left(\frac{n\pi c}{L}\right) \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (2.9 \text{ d})$$

## CARGA UNIFORME

$$V_x = \frac{4qL}{\pi^2} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^2} \cos\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (2.10 \text{ a})$$

$$M_x = \frac{4qL^2}{\pi^3} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^3} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (2.10 \text{ b})$$

$$\theta_x = \frac{4qL^3}{\pi^2 EI} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^4} \cos\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (2.10 \text{ c})$$

$$\omega_x = \frac{4qL^4}{\pi^5 EI} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^5} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (2.10 \text{ d})$$

**2.2.3.- Convergencia de las series.**

Un aspecto importante en el desarrollo de estas series es el de tener una idea de un número mínimo de términos de las series que deben ser utilizados en el análisis para obtener un buen grado de aproximación. Utilicemos como explicación de esto el siguiente ejemplo.

El resultado tomando 1, 2 y 5 términos en las series se muestra a continuación:

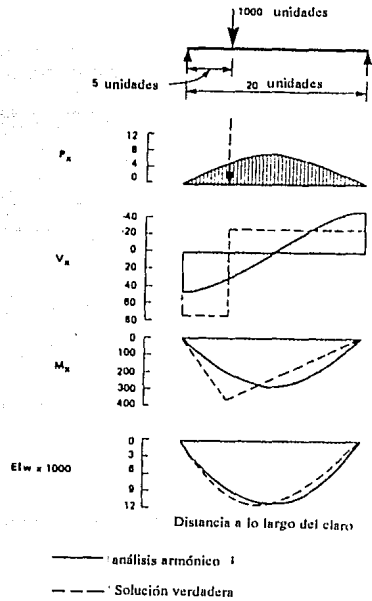


Figura 2.4 Respuestas de una viga simplemente apoyada debido primer término de la serie. (Ref 1)

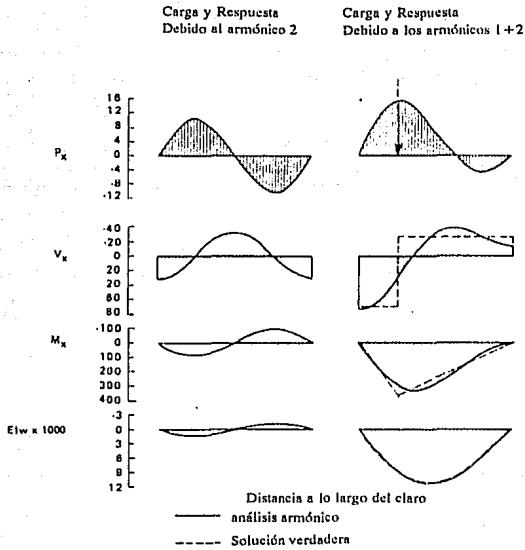


Figura 2.5 Respuestas de una viga simplemente apoyada debido a los primeros dos términos de la serie (Ref. 1)

Carga y Respuesta  
Debido al armónico 5

Carga y Respuestas debido a los  
primeros 5 armónicos

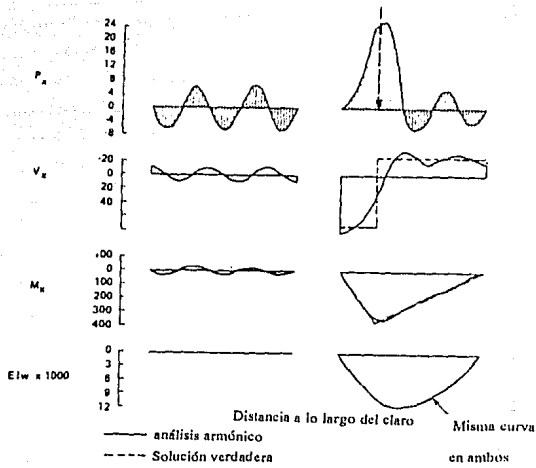


Figura 2.6 Respuestas de una viga simplemente apoyada debido a los cinco primeros términos de la serie. (Ref. 1)



De estas figuras podemos observar el siguiente aspecto:

Las respuestas correspondientes a las derivadas de mayor orden convergen más lentamente a la solución real. Por ejemplo se observa que el cortante converge con más lentitud a la solución real que el momento, inclusive podemos ver que los 5 primeros términos son suficientes para obtener una aproximación aceptable en lo que concierne a momentos y deflexiones, no ocurriendo así para cortante el cual requiere de un mayor número de términos de la serie. Obsérvese en la figura 2.7 las respuestas de cortante y momento para los primeros 30 términos de la serie.

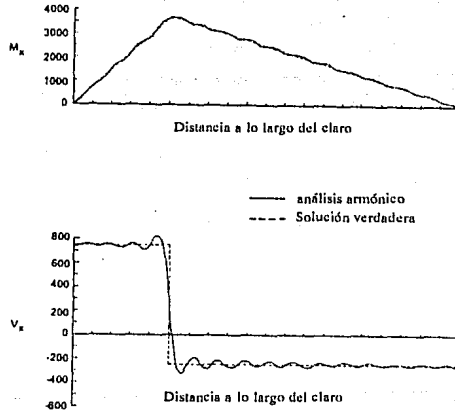


Figura 2.7 Respuestas de una viga simplemente apoyada debido a los primeros treinta términos de la serie. (Ref 1)

Ahora bien, para comparar la convergencia entre una carga concentrada y una carga uniformemente repartida se tienen las siguientes figuras:

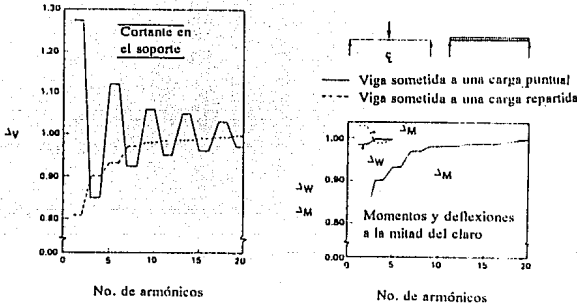


Figura 2.8 Convergencia de las respuestas de una viga sometida a una carga concentrada y una carga uniformemente repartida. (Ref.1)

De estas figuras podemos observar los siguientes aspectos:

- a) La respuesta debida a una carga distribuida converge con mayor rapidez que la misma respuesta debido a una carga concentrada.
- b) La relación de convergencia de momentos debida a una carga concentrada es la misma que la de cortantes para una carga distribuida.

Como conclusión de esto podemos decir que la convergencia de las series depende de la relación  $1/n^i$  en la cual, conforme  $i$  aumenta la serie correspondiente converge mas rápidamente.

### 2.3.-ANÁLISIS DE PUENTES SIMPLEMENTE APOYADOS

En este subcapítulo se explicará la importancia de la representación de las cargas por medio del análisis armónico y se desarrollará la teoría para el análisis de puentes simplemente apoyados por medio del método semicontinuo.

**2.3.1.-Importancia de la representación de las cargas por medio del análisis armónico.**

Como vía de explicación tomemos el ejemplo en el cual se tienen 4 vigas conectadas por 3 elementos transversales, estando la segunda viga sometida a una carga concentrada al centro del claro como se muestra en la siguiente figura.

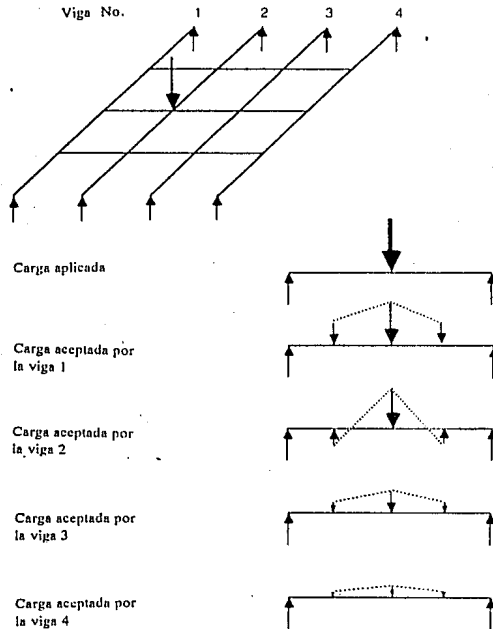


Figura 2.9 Emparrillado sujeto a una carga en la viga 2. (Ref. 1)

Las diferentes vigas reciben diferentes patrones de carga, por ejemplo la primera, tercera y cuarta viga reciben un patrón de carga en forma de 3 cargas concentradas, mientras que en la segunda solo actúa la carga externa aplicada y los dos elementos transversales externos actúan como apoyos. Existiendo diferentes patrones de carga en las vigas, los patrones de deflexión también varían de una viga a otra. Para este ejemplo se tendrían que resolver 36 incógnitas.

Incrementemos ahora, el número de elementos transversales a un número muy grande y representemos además a la carga actuante por medio del primer término de la serie armónica. Se observará entonces, que todas las vigas reciben una carga de la misma forma (Senoidal), y consecuentemente el perfil de deflexiones en todas las vigas tendrán también la misma forma. En esta forma se pueden relacionar las diferentes respuestas en las vigas multiplicando por un escalar, así mismo se reduce el número de incógnitas a 8.

Al tener un perfil similar de deflexión en todas las vigas, se puede analizar el ensamblaje, con bastante exactitud considerando solo, una porción transversal de la estructura.

Al analizar los diferentes términos de la serie armónica se observará que para cada uno de ellos ocurre lo mismo, es decir para cada uno de los términos, el patrón de cargas y deflexiones tienen la misma forma en todas las vigas. Sin embargo al sumar los efectos de todos los términos notaremos que la distribución de cargas ya no es similar en todas las vigas, esto es debido a que la carga debida a cada término de la serie se distribuye con diferente intensidad.

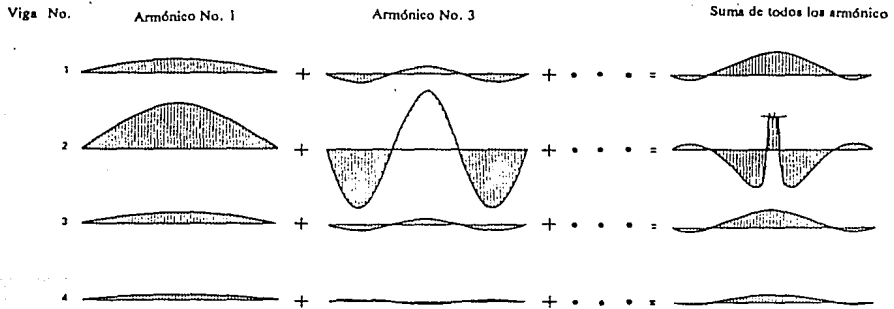


Figura 2.10 Cargas aceptadas por las vigas de un puente compuesto de 4 vigas. (Ref. 1)

Lo que hace por lo tanto, el método semicontinuo es el de separar las cargas a las que se someten las diferentes vigas, en componentes de formas similares, reduciendo considerablemente en el análisis el número de incógnitas por resolver.

### 2.3.2.-Desarrollo teórico general del método semicontinuo.

Ya que la importancia del método semicontinuo radica en separar las diferentes cargas que aceptan las vigas, en componentes de forma similar, esto se logra analizando por separado la influencia de cada término de la serie armónica.

Se desarrollará la teoría tomando solamente el primer término de la serie y luego se darán los cambios que hay que hacer en las fórmulas para ser aplicables a los demás términos.

Podemos decir que aún bajo efectos de torsión, las cargas y deflexiones aceptadas por las diferentes vigas tienen la misma forma, mas aún, los momentos torsionantes toman la misma forma de distribución (senoidal) que la carga y por lo tanto pueden ser analizados por medio del método semicontinuo. Estos momentos torsionantes los podemos tomar como los momentos flexionantes transversales.

Para el análisis aislemos una porción del medio transversal situado entre dos vigas de un puente. El puente esta sujeto a una carga de la forma  $P \sin(\pi x/L)$ , como se muestra en la siguiente figura.

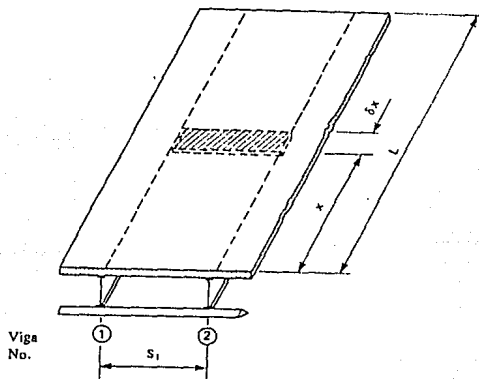


Figura 2.11 Segmento de puente. (Ref 1)

La porción transversal es situada entre las coordenadas  $x$  y  $x+\delta x$ , y las vigas tienen un largo  $L$  y una separación centro a centro igual a  $S_1$ .

Podemos expresar la deflexión que sufren ambas vigas por medio de las siguientes igualdades:

Para la viga 1

$$\omega_1 = a_1 \sin\left(\frac{\pi X}{L}\right) \quad (2.11 \text{ a})$$

Para la viga 2

$$\omega_2 = a_2 \sin\left(\frac{\pi X}{L}\right) \quad (2.11 \text{ b})$$

$$a_1 = \frac{P_1 L^4}{\pi^4 EI}$$

y

$$a_2 = \frac{P_2 L^4}{\pi^4 EI}$$

Siendo  $a_1$  y  $a_2$  los valores al centro del claro.

En forma análoga se encuentra que la rotación permitida a través del eje longitudinal de las vigas, dado por:

$$\phi_1 = v_1 \sin\left(\frac{\pi X}{L}\right)$$

$$\phi_2 = v_2 \sin\left(\frac{\pi X}{L}\right)$$

De donde:

$$v_1 = \frac{P_1 L^2}{\pi^2}$$

y

$$v_2 = \frac{P_2 L^2}{\pi^2}$$

Siendo  $v_1$  y  $v_2$ , los valores de la rotación al centro del claro.

Ahora podemos expresar la combinación de carga vertical y momento torsionante que son necesarios para producir la deflexión  $a_m \sin(\pi x/L)$  y la rotación  $v_m \sin(\pi x/L)$  como sigue:

Carga vertical.

$$p_x = \frac{(EI)_m \pi^4}{L^4} a_m \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \quad (2.12 a)$$

Esta carga es soportada por reacciones en los extremos de la viga, con una magnitud de  $[(EI)_m \pi^3] a_m / L^3$ .

Momento torsionante.

$$t_x = \frac{(GJ)_m \pi^2}{L^2} v_m \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \quad (2.12 b)$$

Este momento es resistido por momentos concentrados en los extremos de la viga con intensidad  $[(GJ)_m \pi / L] v_m$ .

La siguiente figura muestra lo explicado anteriormente.

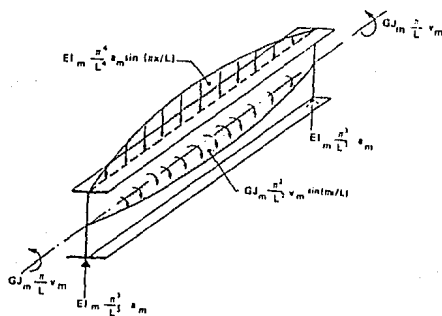


Figura 2.12 Fuerzas en la viga m debido a una carga, considerando el primer armónico. (Ref 1)

Ahora examinemos como esta distribución de carga vertical y de momento torsionante afectan transversalmente.

Los giros en las vigas 1 y 2, de la figura 2.13, en los extremos de la porción del medio transversal están dados por

$$\theta_1 = \left(\frac{\pi}{L}\right) a_1 \cos\left(\frac{\pi X}{L}\right)$$

y

$$\theta_2 = \left(\frac{\pi}{L}\right) a_2 \cos\left(\frac{\pi X}{L}\right)$$

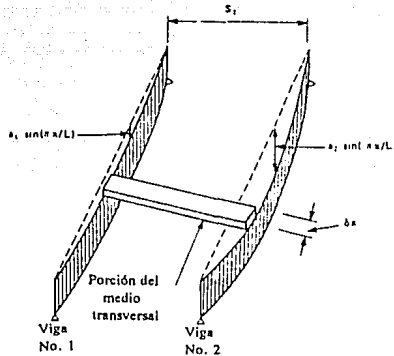


Figura 2.13 Segmento del medio transversal comprendido entre dos vigas. (Ref 1)

Obsérvese que estos valores se obtienen de derivar las expresiones (2.11 a) y (2.11 b) con respecto a x. Puesto que la rigidez a la torsión de la tira es  $D_{yx} \delta_x$ , se tiene que los momentos torsionantes en los extremos de la franja, que son iguales y de sentido opuesto, están dados por:

$$\left(\frac{D_{yx}}{S_1}\right) \left(\frac{\pi}{L}\right) (a_2 - a_1) \cos\left(\frac{\pi X}{L}\right) \delta_x$$



Estos momentos a su vez pueden ser representados por un par de fuerzas iguales y de sentido opuesto de magnitud

$$\left(\frac{D_{yx}}{S_1}\right) \left(\frac{\pi}{L}\right) (a_2 - a_1) \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

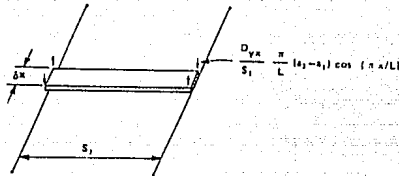


Figura 2.14 Par de fuerzas en el segmento transversal. (Ref. 1)

Existe una técnica para representar los momentos torsionantes por pares de fuerzas equivalentes, cuyo efecto resultante es una distribución de fuerza vertical dirigida hacia abajo como se muestra en la siguiente figura:

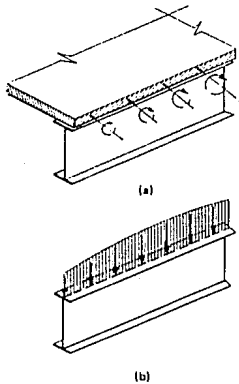


Figura 2.15 a) Segmento de losa sujeto a momentos torsionantes.  
b) Fuerzas verticales que reemplazan a los momentos torsionantes. (Ref. 1)

Las intensidades según esta técnica se encuentran derivando la expresión anterior con respecto a  $x$  de tal forma que se tiene:

Para la viga 1

$$R_1 = \frac{D_{yx}}{S_1} \frac{\pi^2}{L^2} (a_2 - a_1) \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \quad (2.13 \text{ a})$$

y para la viga 2:

$$R_2 = \frac{D_{yx}}{S_1} \frac{\pi^2}{L^2} (a_1 - a_2) \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \quad (2.13 \text{ b})$$

#### ADICION DE EFECTOS

Si la viga 1 representa una de las vigas exteriores del puente y la viga 2 una interna se deducen las siguientes expresiones. Aplicando las ecuaciones (2.12 a) y (2.13 a), interacción de la viga 1 y el medio transversal, se tiene

$$P_1 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) = \frac{(EI)_1 \pi^4}{L^4} a_1 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) - \frac{D_{yx}}{S_1} \frac{\pi^2}{L^2} (a_2 - a_1) \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

Dividiendo entre  $\sin(\pi x/L)$ , se tiene finalmente:

$$P_1 = \frac{(EI)_1 \pi^4}{L^4} a_1 - \frac{D_{yx}}{S_1} \frac{\pi^2}{L^2} (a_2 - a_1) \quad (2.14)$$

En la viga 2 interactúan dos medios transversales, por un lado el que se tiene entre las vigas 1 y 2 y por el otro el que interactúa entre las vigas 2 y 3. Un análisis similar en esta última porción nos conduce a la siguiente expresión

$$P_2 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) = \frac{(EI)_2 \pi^4}{L^4} a_2 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) - \frac{D_{yx}}{S_1} \frac{\pi^2}{L^2} (a_1 - a_2) \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \\ - \frac{D_{yx}}{S_2} \frac{\pi^2}{L^2} (a_3 - a_2) \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

Dividiendo entre  $\text{Sin}(\pi x/L)$ , se tiene:

$$P_2 = \frac{(EI)_2 \pi^4}{L^4} a_2 + \frac{D_{yx}}{S_1} \frac{\pi^2}{L^2} (a_2 - a_1) - \frac{D_{yx}}{S_2} \frac{\pi^2}{L^2} (a_3 - a_2)$$

El análisis puede ser extendido para todas las vigas externas del puente, llegando finalmente a la siguiente expresión general:

$$P_r = \frac{(EI)_r \pi^4}{L^4} a_r + \frac{D_{yx}}{S_{r-1}} \frac{\pi^2}{L^2} (a_r - a_{r-1}) - \frac{D_{yx}}{S_r} \frac{\pi^2}{L^2} (a_{r+1} - a_r) \quad (2.15)$$

Para  $r=2,3,4,\dots,N-1$

Finalmente para la viga  $N$  se obtiene la siguiente expresión:

$$P_N = \frac{(EI)_N \pi^4}{L^4} a_N + \frac{D_{yx}}{S_{N-1}} (a_N - a_{N-1}) \quad (2.16)$$

Podemos resumir el desarrollo anterior en el siguiente esquema:

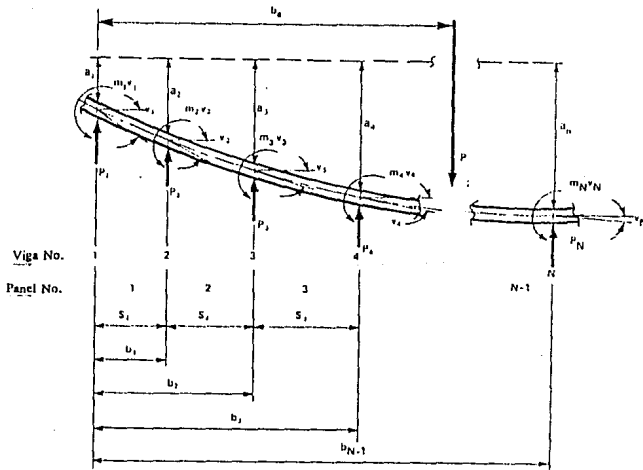


Figura 2.16 Respuestas de la sección transversal de un puente de  $N$  vigas. (Ref. 1)

De donde  $P_1, P_2, \dots, P_N$  se obtienen de las ecuaciones (2.14), (2.15) y (2.16) y  $m_1 v_1, m_2 v_2, \dots, m_N v_N$  se obtienen de la ecuación  $m_r = (GJ)_r \pi^2 / L^2$  y dividiendo los términos entre  $\text{Sin}(\pi x/L)$ .

Para fines de la simplificación, en las expresiones anteriores se definen una serie de parámetros característicos, los cuales involucran las características de flexión torsión y geometría del puente, los cuales son:

$$g = \frac{\pi^2 D_{yx}}{L^2}$$

$$k_r = \frac{\pi^4 (EI)_r}{L^4}$$

Para  $r=1,2,\dots,N$

$$m_r = \frac{\pi^2 (GJ)_r}{L^2}$$

Para  $r=1,2,\dots,(N-1)$ .

$$c_r = \frac{g}{S_r} = \frac{\pi^2 D_{yx}}{L^2 S_r}$$

Para  $r=1,2,\dots,(N-1)$ .

$$\eta_r = \frac{12 D_y}{k_r S_r^3} = \frac{12}{\pi^4} \left(\frac{L}{S_r}\right)^3 \frac{L D_y}{(EI)_r}$$

Para  $r=1,2,\dots,(N-1)$ .

$$\lambda_r = \frac{c_r}{k_r} = \frac{1}{\pi^2} \left(\frac{L}{S_r}\right)^2 \frac{S_r D_{yx}}{(EI)_r}$$

Para  $r=1,2,\dots,(N-1)$ .

$$\mu_r = \frac{m_r}{k S_r^2} = \frac{1}{\pi^2} \left(\frac{L}{S_r}\right)^2 \frac{(GJ)_r}{(EI)_r}$$

Para  $r=1,2,\dots,(N-1)$ .

Para el armónico  $m$  las expresiones anteriores, solo cambian substituyendo  $\pi$  por  $(m\pi)$ .

Por lo tanto substituyendo estos parámetros en las ecuaciones (2.14), (2.15) y (2.16), podemos reescribir estas últimas como sigue.

$$P_1 = k_1 a_1 - c_1 (a_2 - a_1) = k_1 [(1 + \lambda_1) a_1 - \lambda_1 a_2] \quad (2.17)$$

$$P_r = k_r \left[ -\frac{C_{r-1}}{k_r} a_{r-1} + \left(1 + \frac{C_r r - 1}{k_r} + \lambda_r\right) a_r - \lambda_r a_{r+1} \right] \quad (2.18)$$

$$P_N = K_N \left[ -\frac{C_{N-1}}{K_N} a_N + \left(1 + \frac{C_N - 1}{K_N}\right) a_N \right] \quad (2.19)$$

Donde la ecuación (2.18) es válida para  $r=2, 3, \dots, (N-1)$ .

Retomando la figura 2.16, se puede observar que el equilibrio vertical esta dado por

$$P_1 + P_2 + \dots + P_N = P$$

Substituyendo  $P_1, P_2, \dots, P_N$  por las expresiones (2.17), (2.18), (2.19), se llega a:

$$k_1 a_1 + k_2 a_2 + \dots + k_N a_N = P \quad (2.20)$$

Tomando ahora momentos con respecto al borde izquierdo, se tiene:

$$(P_2 b_1 + P_3 b_2 + \dots + P_{Nb_{N-1}}) + (m_1 v_1 + m_2 v_2 + \dots + m_{Nv_N}) = P b_0$$

Substituyendo  $P_2, P_3, \dots, P_N$  de las ecuaciones (2.17), (2.18), y (2.19) y  $m_r$  por  $(GJ)\pi^2/L^2$  se tiene :

$$\left(-\frac{g}{k_1}\right)k_1a_1 + \sum_{r=2}^{r=N-1} b_{r-1}k_r a_r + (b_{N-1} + \frac{g}{k_N})k_N a_N +$$

$$\sum_{r=1}^{r=N} (\mu_r S_r) k_r S_r v_r = Pb_0 \quad (2.21)$$

Para propuestas de cálculo es conveniente dividir la ecuación (2.21) en ambos lados de la igualdad por  $b_{N-1}$ . Hay que notar que esta ecuación tiene  $2N$  incógnitas las cuales son;  $k_1 a_1, k_2 a_2, \dots, k_N a_N$  y  $k_1 S_1 v_1, k_2 S_2 v_2, \dots, k_N S_N v_N$ .

Aplicando la ecuación de la elástica para la sección transversal, se obtiene la siguiente expresión:

$$-D_y \frac{d^2 \omega}{dy^2} = P_1 y + P_2 [y-b_1] + \dots + P_{N-1} [y-b_{N-2}]$$

$$-P[y-b_0] - m_1 v_1 - [m_2 v_2] - \dots - [m_{N-1} v_{N-1}] \quad (2.22)$$

En la ecuación (2.22) el término  $[m_2 v_2]$  es ignorado si  $y < b_1$ , el término  $[m_3 v_3]$  es ignorado si  $y < b_2$  y así sucesivamente.

Integrando esta ecuación e insertando la condición de  $d\omega/dy = v_1$  cuando  $y=0$  se tiene:

$$-D_y \frac{d\omega}{dy} = \frac{P_1}{2} y^2 + \frac{P_2}{2} [y-b_1]^2 + \dots + \frac{P_{N-1}}{2} [y-b_{N-2}]^2 - \frac{P}{2} [y-b_0]^2$$

$$-m_1 v_1 y - m_2 v_2 [y-b_1] - \dots - m_{N-1} v_{N-1} [y-b_{N-2}] - D_y v_1 \quad (2.23)$$

Substituyendo  $y=b_p$  en la ecuación anterior, se obtiene una ecuación válida para la posición de la viga  $(p+1)$ . Entonces, substituyendo  $P_1, P_2, \dots, P_{N-1}$  y  $m_1, m_2, \dots, m_N$  en términos de los parámetros y multiplicando ambos miembros de la ecuación por  $2/S_p^2$  se obtienen los siguientes resultados:

$$\begin{aligned}
 & \left( \left( \frac{b_p}{S_p} \right)^2 (1 + \lambda_1) - \left( \frac{b_p - b_1}{S_p} \right)^2 \lambda_1 \right) K_1 a_1 \\
 & + \sum_{t=2}^{t=p} \left( - \left( \frac{b_p - b_{t-2}}{S_p} \right)^2 \frac{c_{t-1}}{kt} \right. \\
 & + \left. \left( \frac{b_p - b_{t-1}}{S_p} \right)^2 \left( 1 + \frac{c_{t-1}}{k_t} + \lambda_t \right) - \left( \frac{b_p - b_t}{S_p} \right)^2 \lambda_t \right) K_t a_t \\
 & - \left( \frac{\lambda_p k_p}{k_{p+1}} \right) k_{p+1} a_{p+1} \\
 & - \left( \frac{\eta_1}{6} \left( \frac{S_1}{S_p} \right)^2 + 2\mu_1 \left( \frac{S_1}{S_p} \right) \left( \frac{b_p}{S_p} \right) \right) K_1 S_1 v_1 \\
 & - \sum_{t=2}^{t=p} \left( 2\mu_t \left( \frac{S_t}{S_p} \right) \left( \frac{b_p - b_{t-1}}{S_p} \right) \right) k_t S_t v_t \\
 & + \left( \frac{\eta_{p+1}}{6} \right) \left( \frac{S_{p+1}}{S_p} \right)^2 k_{p+1} S_{p+1} v_{p+1} \\
 & = P \left[ \frac{b_p - b_e}{S_p} \right]^2 \tag{2.24}
 \end{aligned}$$

La ecuación (2.24) es válida para  $p=1, 2, \dots, (N-1)$ . Hay que hacer notar que el término  $t$  varía en las sumatorias de 2 a  $p$ , por lo que cuando  $p=1$  las sumatorias no se toman en cuenta.

Integrando la ecuación (2.23) e insertando ahora la condición de  $\omega=a_1$  cuando  $y=0$  se tiene;

$$-D_y \omega = \frac{P_1}{6} y^3 + \frac{P_2}{6} [y-b_1]^3 + \dots + \frac{P_{N-1}}{6} [y-b_{N-2}]^3 - \frac{P}{6} [y-b_e]^3$$

$$- \frac{m_1 V_1 y^2}{2} - \frac{m_2 V_2}{2} [y-b_1]^2 - \dots - \frac{m_{N-1} V_{N-1}}{2} [y-b_{N-2}]^2 - D_y V_1 y - D_y a_1$$

(2.25)

Nuevamente substituyendo  $y=b_p$  en la ecuación anterior se obtiene una ecuación válida para la viga (p+1). Substituyendo  $P_1, P_2, \dots, P_{N-1}$  y  $m_1, m_2, \dots, m_N$  en términos de los parámetros y multiplicando ambos miembros de la ecuación por  $6/S_p^3$ , se tiene:

$$\left( \frac{b_p}{S_p} \right)^3 (1 + \lambda_1) - \left( \frac{b_p - b_1}{S_p} \right)^3 \lambda_1 - \frac{\eta_1}{2} \left( \frac{S_1}{S_p} \right)^3 k_1 a_1$$

$$+ \sum_{t=2}^{t=p} \left( - \left( \frac{b_p - b_{t-2}}{S_p} \right)^3 \left( \frac{C_{t-1}}{k_t} \right) + \left( \frac{b_p - b_{t-1}}{S_p} \right)^3 \right.$$

$$\times \left( 1 + \frac{C_{t-1} + \lambda_t}{k_t} \right) - \left( \frac{b_p - b_t}{S_p} \right)^3 \lambda_t \left. \right) k_t a_t$$

$$+ \left\{ \frac{\eta_{p+1}}{2} \left( \frac{S_{p+1}}{S_p} \right)^3 - \lambda_p \frac{k_p}{k_{p+1}} \right\} k_{p+1} a_{p+1}$$

$$- \left( \frac{\eta_1}{2} \left( \frac{S_t}{S_p} \right)^2 \left( \frac{b_p}{S_p} \right) + 3\mu_1 \left( \frac{S_1}{S_p} \right) \left( \frac{b_p}{S_p} \right)^2 \right) k_1 S_1 V_1$$

$$- \sum_{t=2}^{t=p} 3\mu_t \left( \frac{S_t}{S_p} \right) \left( \frac{b_p - b_{t-1}}{S_p} \right)^2 k_t S_t V_t$$

$$= P \left[ \frac{b_p - b_e}{S_p} \right]^3$$

(2.26)



La ecuación (2.26) es válida para  $p=1,2,\dots,(N-1)$ . Una vez mas hay que notar que las sumatorias varían de 2 a  $p$  por lo que cuando  $p=1$  estos términos no se toman en cuenta.

En resumen, los pasos para la solución son:

a) La ecuación (2.20) representa el equilibrio vertical del sistema.

b) La ecuación (2.21) representa el equilibrio de momentos en el sistema.

c) La expresión (2.24) representa  $(N-1)$  ecuaciones, las cuales son las condiciones de giro o de torsión de las vigas.

d) Las restantes  $(N-1)$  ecuaciones descritas en la expresión (2.26) son las condiciones de deflexión de las vigas.

Se propone para mayor facilidad en el manejo, dividir ambos lados de estas ecuaciones entre  $P$ , así mismo definir las fracciones  $\rho$  como sigue:

$$\rho_1 = \frac{k_1 a_1}{P}$$

$$\rho_2 = \frac{k_2 a_2}{P} \quad (2.27)$$

$$\rho_N = \frac{k_N a_N}{P}$$

$$\rho_1^* = \frac{k_1 S_1 V_1}{P}$$

$$\rho_2^* = \frac{k_2 S_2 V_2}{P} \quad (2.28)$$

$$\rho_N^* = \frac{k_N S_N V_N}{P}$$

Los valores  $\rho$  son definidos como los coeficientes de distribución para momento flexionante longitudinal, y los valores  $\rho'$  son definidos como los coeficientes de distribución para los momentos torsionantes longitudinales en las vigas 1,2,...N.

Las ecuaciones dadas anteriormente las podemos agrupar en el siguiente arreglo matricial.

$$[A][\rho]=[R]$$

Donde [A] es una matriz de  $2N \times 2N$ ,  $[\rho]$  es el vector de coeficientes de distribución cuya dimensión es de  $1 \times 2N$  y [R] es el vector de resultados de dimensión  $1 \times 2N$ .

Las incógnitas de esta ecuación son los coeficientes de distribución  $\rho$  los cuales se obtienen resolviendo el sistema de ecuaciones formado. En lo que respecta a la matriz [A] y el vector [R] se explicará a detalle la secuencia de obtención de sus términos.

#### Obtención de la matriz [A]

Es importante hacer notar que el rango de las últimas 4 ecuaciones de los parámetros característicos, es válido para  $r=1,2,\dots,(N-1)$ ; esto es debido a que ellas involucran los espaciamientos  $S_r$  entre las vigas, los cuales son  $(N-1)$ .

Para fines de los programas que posteriormente se darán, es conveniente extender este rango hasta N, de tal forma podemos hacer en las expresiones de  $C_r, \eta_r, \mu_r, S_N = S_{(N-1)}$ , de esta forma el rango es extendido hasta N. Sin embargo esto no puede ser aplicable a la expresión de  $\lambda_r$ , de tal forma que a  $\lambda_N$  la tomaremos igual a cero. Así mismo es conveniente tomar los valores siguientes:

$$\begin{aligned} b_0 &= 0 \\ \lambda_0 &= 0 \\ K_0 &= 0 \\ S_0 &= 0 \end{aligned}$$

En base a los parámetros característicos se forma la matriz [A], para ello nos auxiliaremos de la siguiente figura.

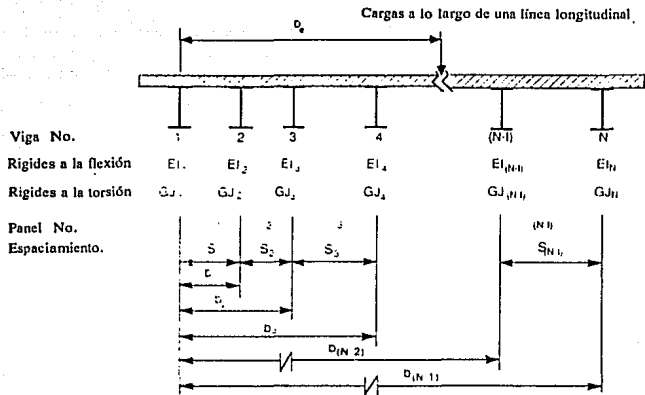


Figura 2.17 Notación empleada en la sección transversal de un puente.  
(Ref. 1)

### Línea 1

Los primeros N términos de la primera línea son iguales a 1 y los restantes N términos de esta línea son iguales a cero. Esto se puede deducir fácilmente de la expresión (2.20) (Equilibrio vertical del sistema).

Por lo que tendremos:

$$\begin{aligned} A(1,1) &= 1 \\ A(1,2) &= 1 \\ &\vdots \\ A(1,N) &= 1 \\ A(1,N+1) &= 0 \\ A(1,N+2) &= 0 \\ &\vdots \\ A(1,N+N) &= 0 \end{aligned}$$

### Línea 2

Los primeros N términos de la segunda línea, están dados por:

$$A(2,r) = \frac{1}{b_{N-1}} (b_{r-1} + \lambda_{r-1} \frac{k_{r-1}}{k_r} S_{r-1} - \lambda_r S_r)$$

donde r varía de 1 a N.

Los siguientes términos de la segunda línea están dados por:

$$A(2,N+r) = \frac{1}{b_{N-1}} \mu_r S_r$$

Donde r varía desde 1 hasta N.

Estas dos fórmulas se deducen de la ecuación (2.21), equilibrio de momentos del sistema.

### Líneas 3 a N+1

Para las líneas (2+P) donde P varía sucesivamente de 1 a N-1, los diferentes términos pueden ser obtenidos por la siguiente expresión:

$$A(2+p,1) = \left(\frac{b_p}{S_p}\right)^2 (1+\lambda_1) - \left(\frac{b_p - b_1}{S_p}\right)^2 \lambda_1$$

Para el término t, donde t varía de 2 a P

$$A(2+p, t) = - \left( \frac{b_p - b_{t-2}}{S_p} \right)^2 \lambda_{t-1} \frac{k_{t-1}}{k_t} + \left( \frac{b_p - b_{t-1}}{S_p} \right)^2 \\ \times \left( 1 + \lambda_{t-1} \frac{k_{t-1}}{k_t} + \lambda_t \right) - \left( \frac{b_p - b_t}{S_p} \right)^2 \lambda_t$$

El término (P+1), esta dado por :

$$A(2+p, p+1) = - \lambda_p \frac{k_p}{k_{p+1}}$$

El término (N+1) esta dado por

$$A(2+p, N+1) = - \frac{\eta_1}{6} \left( \frac{S_1}{S_p} \right)^2 - 2\mu_1 \left( \frac{S_1}{S_p} \right) \left( \frac{b_p}{S_p} \right)$$

El término (N+w), donde w varía sucesivamente de 2 a P, esta dado por:

$$A(2+p, N+w) = - 2\mu_w \left( \frac{S_w}{S_p} \right) \left( \frac{b_p - b_{w-1}}{S_p} \right)$$

Y el término (N+P+1), es dado por:

$$A(2+p, N+p+1) = \frac{\eta_{p+1}}{6} \left( \frac{S_{p+1}}{S_p} \right)^2$$

Estas expresiones, se deducen de la ecuación (2.24), condiciones de giro.

Para las líneas (N+2) a 2N.

La línea (N+1+d) donde d varía sucesivamente de 1 a (N-1), los términos pueden ser obtenidos como sigue:

$$A(N+1+d, 1) = \left( \frac{b_d}{S_d} \right)^3 (1 + \lambda_1) - \left( \frac{b_d - b_1}{S_d} \right)^3 \lambda_1 - \frac{\eta_1}{2} \left( \frac{S_1}{S_d} \right)^3$$

Ahora bien para el término g, donde g varía sucesivamente de 2 a d:

$$A(N+1+d, g) = - \left( \frac{b_d - b_{g-2}}{S_d} \right)^3 \lambda_{g-1} \frac{k_{g-1}}{k_g} + \left( \frac{b_d - b_{g-1}}{S_d} \right)^3 \\ \times \left( 1 + \lambda_{g-1} \frac{k_{g-1}}{k_g} + \lambda_g \right) - \left( \frac{b_d - b_g}{S_d} \right)^3 \lambda_g$$

$$A(N+1+d, d+1) = - \lambda_d \frac{k_d}{k_{d+1}} + \frac{\eta_{d+1}}{2} \left( \frac{S_{d+1}}{S_d} \right)^3$$

El término (N+1) esta dado por:

$$A(N+1+d, N+1) = - \frac{\eta_1}{2} \left( \frac{S_1}{S_d} \right)^2 \left( \frac{b_d}{S_d} \right) - 3\mu_1 \left( \frac{S_1}{S_d} \right) \left( \frac{b_d}{S_d} \right)^2$$

El término (N+f), donde f varía sucesivamente de 2 a d, esta dado por:

$$A(N+1+d, N+f) = - 3\mu_f \frac{S_f}{S_d} \left( \frac{b_d - b_{f-1}}{S_d} \right)^2$$

Este último grupo de fórmulas se deducen de la ecuación (2.26), condiciones de deflexión.

Nota :

En la formación de la matriz [A] existen expresiones que calculan dos veces el mismo término, para lo cual se toma como el valor correcto el de la segunda expresión. Este aspecto se hace por facilidad en la programación, sin embargo, si analizamos las expresiones (2.20), (2.21), (2.24) y (2.26) a detalle y las comparamos con las expresiones dadas para la formación de la matriz [A], observamos que estas últimas son válidas para los rangos dados.

### Formación del vector [R]

El vector [R] puede ser calculado separadamente para cada línea de ruedas, así mismo si 2 o más líneas de ruedas son idénticas, esas diferentes líneas pueden ser sumadas para formar un vector único, que puede ser utilizado para la solución de todas las líneas de ruedas simultáneamente. Este vector depende de la posición transversal que guarda la carga con respecto a la posición de las vigas.

Las expresiones con las que se forma el vector son:

Línea 1

$$R(1) = 1$$

Línea 2

$$R(2) = \frac{b_e}{b_{N-1}}$$

Líneas 3 a (N+1)

El término P, donde P varía sucesivamente de 3 a (N+1) esta dado por:

$$R(p) = \left[ \frac{b_p - b_e}{S_p} \right]^2$$

Líneas (N+2) a 2N

Término (N+1+d), donde d varía de 1 a (N-1) esta dado por:

$$R(N+1+d) = \left[ \frac{b_d - b_e}{S_d} \right]^3$$

Nota:

Si los términos dentro del paréntesis son negativos se tomarán iguales a cero.

Hay que hacer notar que mientras el vector [R] es único para una posición de carga dada, la matriz [A] será calculada para cada término de la serie, por lo que habrá también m vectores  $[\rho]$ ; siendo m el número de términos de la serie.

Una vez obtenidos el vector  $[\rho]$  para cada término de la serie, se procede al cálculo de los momentos, cortantes y deflexiones en las vigas longitudinales así como en la dirección transversal del puente.

### 2.3.3.-Cálculo de los momentos flexionantes longitudinales.

De la expresión (2.9 b), del subcapítulo (2.2.2) (análisis armónico), se puede calcular el momento debido a una carga concentrada, en una viga simplemente apoyada como :

$$M_L = K_1 \sin\left(\frac{\pi X}{L}\right) + K_2 \sin\left(\frac{2\pi X}{L}\right) + K_3 \sin\left(\frac{3\pi X}{L}\right) + \dots \quad (2.29)$$

donde:

$$K_1 = \frac{2L}{\pi^2} \sum_{p=1}^{p=r} W_p \sin\left(\frac{\pi X_p}{L}\right)$$

$$K_2 = \frac{2L}{\pi^2} \sum_{p=1}^{p=r} \frac{1}{2^2} W_p \sin\left(\frac{2\pi X_p}{L}\right) \quad (2.30)$$

$$K_m = \frac{2L}{\pi^2} \sum_{p=1}^{p=r} \frac{1}{m^2} W_p \sin\left(\frac{m\pi X_p}{L}\right)$$

A este momento le llamaremos momento libre. El cual corresponde a tomar el puente como una viga simplemente apoyada.

Aplicando ahora los coeficientes de distribución a la expresión (2.29) de momento libre, obtenemos lo siguiente:

$$M_n = (\rho_n)_1 K_1 \sin\left(\frac{\pi X}{L}\right) + (\rho_n)_2 K_2 \sin\left(\frac{2\pi X}{L}\right) + \dots \quad (2.31)$$

Donde n es el número de viga y m es el número de término armónico correspondiente.

Ahora bien por convergencia de esta última serie, podemos substituir la expresión por :

$$M_n = (\rho_n)_L M_L - K_1 [(\rho_n)_- - (\rho_n)_1] \sin\left(\frac{\pi X}{L}\right) - K_2 [(\rho_n)_- - (\rho_n)_2] \sin\left(\frac{2\pi X}{L}\right) \quad (2.32)$$

Donde para efectos de los programas que se maneja como  $\infty=15$  términos armónicos.



### 2.3.4.-Cálculo de los cortantes longitudinales en las vigas.

En forma similar al caso de los momentos, en base a la expresión (2.9 a) del subcapítulo (2.2.2), aplicando los coeficientes de distribución, se puede calcular el cortante en la viga n, por medio de la siguiente expresión:

$$V_n = (\rho_n)_1 K_1 \frac{\pi}{L} \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right) + (\rho_n)_2 K_2 \frac{2\pi}{L} \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) + \dots \quad (2.33)$$

Y por convergencia:

$$V_v = (\rho_n)_\infty V_L - K_1 \frac{\pi}{L} [(\rho_n)_\infty - (\rho_n)_1] \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right) - K_2 \frac{2\pi}{L} [(\rho_n)_\infty - (\rho_n)_2] \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) - \dots \quad (2.34)$$

### 2.3.4.-Cálculo de momentos transversales.

Para determinar los momentos transversales en un puente de losa apoyada en vigas, es usual dividir la respuesta en dos partes conocidas como momento global y momento local respectivamente como se muestra en la figura

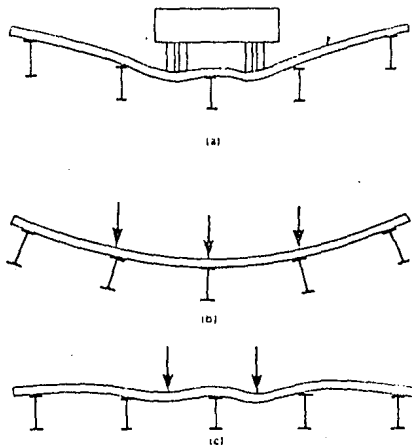


Figura 2.18 a) Deformación debido al momento global transversal.  
 b) Deformación debido al momento local transversal.  
 (Ref. 1)

### 2.3.4.1.- Cálculo del momento global.

Con ayuda de la figura 2.16, nosotros podemos obtener el momento transversal global  $M_y$ , expresando las fuerzas de soporte  $P_1, P_2, \dots, P_N$  dadas en las ecuaciones (2.17), (2.18), (2.19) y los momentos resistentes  $m_1 v_1, m_2 v_2, \dots, m_N v_N$ , en términos de los coeficientes de distribución por medio de las siguientes expresiones:

$$P_1 = P[(1+\lambda_1)\rho_1 - \frac{k_1}{k_2}\lambda_1\rho_2] \quad (2.35)$$

$$P_r = P[-\lambda_{r-1}\rho_{r-1} + (1 + \frac{C_{r-1}}{K_r} + \lambda_r)\rho_r - \frac{K_r}{K_{r+1}}\lambda_r\rho_{r+1}] \quad (2.36)$$

Para  $r=2, 3, \dots, (N-1)$

$$P_N = P[-\lambda_{N-1}\rho_{N-1} + (1 + \frac{C_{N-1}}{K_N})\rho_N] \quad (2.37)$$

Y para los momentos resistentes

$$m_r v_r = \mu_r S_r P P_r \quad (2.38)$$

El valor de  $P$  para el armónico  $q$  en las ecuaciones anteriores puede ser expresado por la siguiente ecuación:

$$P_q = K_q \left( \frac{Q^2 \pi^2}{L^2} \right)$$

Donde  $K_q$  se obtiene de la expresión (2.30).

Por otra parte se sabe que:

$$M_y = - \left( D_y \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + D_2 \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right)$$

Debido a que el efecto de la relación de Poisson es insignificante en un puente de losa apoyada en vigas, el término

$$D_2 \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2}$$

es despreciable por lo que se tiene lo mismo que la ecuación (2.22) escrita anteriormente.

Considerando los efectos de todos los términos de la serie armónica, se puede ver que el momento transversal global a una distancia  $x$  del apoyo de las izquierda esta dado por:

$$\begin{aligned} M_y = & \sum_{q=1}^{\infty} \left( (P_1)_q \sin\left(\frac{q\pi x}{L}\right) y + (P_2)_q \sin\left(\frac{q\pi x}{L}\right) [y-b_1] + \dots \right. \\ & + (P_{N-1})_q \sin\left(\frac{q\pi x}{L}\right) [y-b_{N-2}] - P_q \sin\left(\frac{q\pi x}{L}\right) [y-b_q] \\ & \left. - (m_1 v_1)_q \sin\left(\frac{q\pi x}{L}\right) - (m_2 v_2)_q \sin\left(\frac{q\pi x}{L}\right) - \dots - (m_{N-1} v_{N-1})_q \sin\left(\frac{q\pi x}{L}\right) \right) \end{aligned} \quad (2.40)$$

En esta expresión  $q$  significa el valor del término para el armónico  $q$  y además, si los términos dentro del los paréntesis rectangulares son negativos no se tomarán en cuenta.

#### 2.3.4.2.- Momentos locales

Debido a que el método semicontinuo, solo puede tener una aproximación de estos, se omitirá su análisis en esta tesis.

### 2.3.5.-Cálculo de cortantes transversales.

Estos se obtienen derivando la expresión (2.40) con respecto a  $y$  y quedando:

$$V_y = \sum_{q=1}^{q_{max}} [(P_1)_q \sin(\frac{q\pi x}{L}) + [(P_2)_q \sin(\frac{q\pi x}{L})]_{b_1} + \dots + [(P_{N-1})_q \sin(\frac{q\pi x}{L})]_{b_{N-1}} - [(P)_q \sin(\frac{q\pi x}{L})]_{b_0}] \quad (2.41)$$

El término  $[(P_2)_q \sin(q\pi x/L)]_{b_1}$  es ignorado si  $y < b_1$  y el término  $[(P_3)_q \sin(q\pi x/L)]_{b_2}$  es ignorado si  $y < b_2$  y así sucesivamente.

## 2.4.-ANÁLISIS DE PUENTES CONTINUOS

Básicamente, el análisis de puentes continuos, consiste en encontrar las reacciones de los soportes intermedios por medio del método de las fuerzas, para poder tratar posteriormente al puente como simplemente apoyado y poder así aplicar el método semicontinuo descrito anteriormente.

A continuación se describirá brevemente el método de las fuerzas.

Consideremos un puente con  $m$  soportes intermedios, simplemente apoyado en sus extremos como se muestra en la figura siguiente.

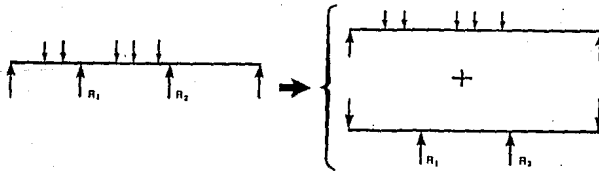


Figura 2.19 Esquema del método de las fuerzas para resolver puentes continuos. (Ref. 1)

Observemos que se tiene una estructura estáticamente indeterminada, dado que existe una redundancia causada por los soportes intermedios. Sin embargo estas reacciones pueden ser determinadas con el fin de reducir la estructura a un problema isostático el cual quedaría representado por una viga simplemente apoyada sujeta a una serie de cargas dirigidas hacia abajo, las cuales representan las cargas externas aplicadas al puente, y cargas concentradas ubicadas en los soportes intermedios generalmente dirigidas hacia arriba, las cuales representan las reacciones en los apoyos.

Para el cálculo de las reacciones en los soportes intermedios por medio del método de las fuerzas se siguen los siguientes pasos:

1).-Remover los soportes intermedios y calcular las deflexiones en las posiciones correspondientes a estos debido a la aplicación de cargas externas. Estas deflexiones pueden ser calculadas por medio la teoría desarrollada anteriormente del método semicontinuo.

2).-Se trata al puente como simplemente apoyado en sus extremos, encontrando las fuerzas (generalmente dirigidas hacia arriba), en las posiciones correspondientes a los soportes intermedios. Para calcular el valor de las estas reacciones consideremos los siguientes términos para el caso general:

$m+1$		Número de claros.
$m$		Número de soportes intermedios.
$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_m$		Deformación inicial en cada apoyo.
$f_1, f_2, \dots, f_m$		Flexibilidades de los soportes intermedios.
$R_1, R_2, \dots, R_m$		Reacciones en los soportes intermedios.

La deflexión vertical total en el apoyo  $i$  esta dada por:

$$(\delta_i + R_i f_i)$$

Por compatibilidad de deformaciones esto debe ser igual a la deflexión causada por las cargas aplicadas ( $\hat{\omega}_i$ ) menos la deflexión en el apoyo  $i$  al aplicar una carga unitaria en el apoyo  $j$  ( $\omega_{ij}$ ) por lo que se tiene:

$$(\delta_i + R_i f_i) = \omega_i - (R_1 \omega_{i1} + R_2 \omega_{i2} + \dots + R_m \omega_{im})$$

Factorizando y agrupando términos podemos representar esto en el siguiente arreglo matricial:

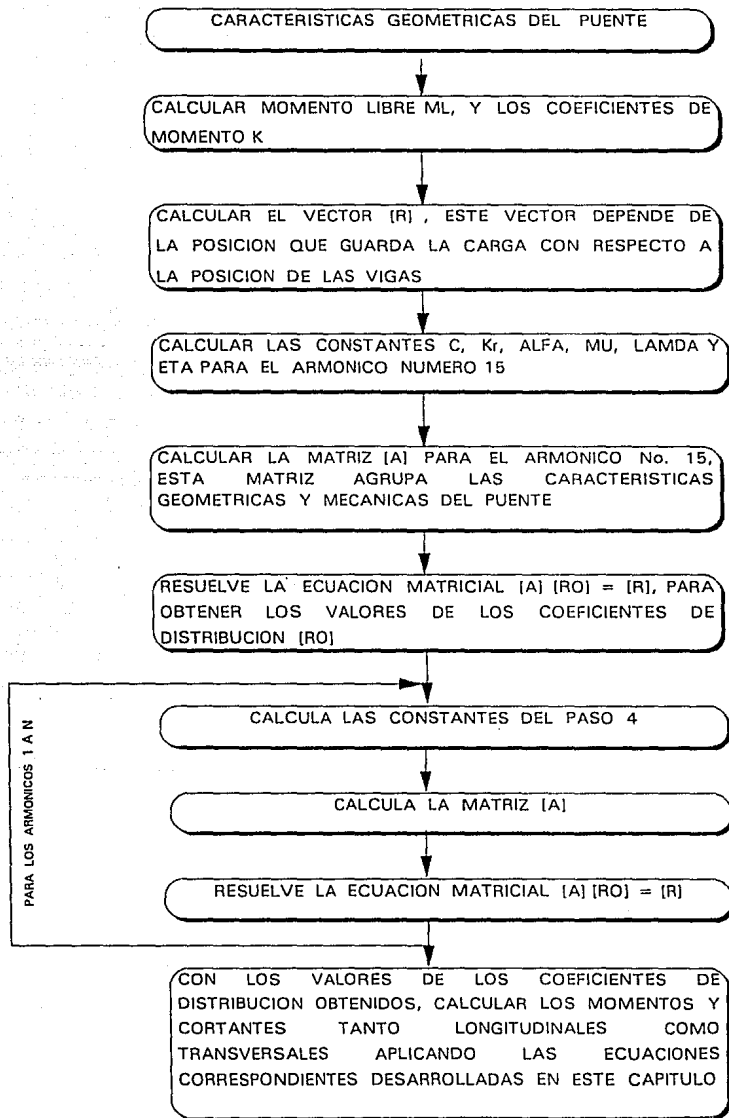
$$\begin{bmatrix} \omega_{11} + f_1 & \omega_{12} & \cdot & \omega_{1m} \\ \omega_{21} & \omega_{22} + f_2 & \cdot & \omega_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \omega_{m1} & \omega_{m2} & \cdot & \omega_{mm} + f_m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_m \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \bar{w}_1 - \delta_1 \\ \bar{w}_2 - \delta_2 \\ \vdots \\ \bar{w}_m - \delta_m \end{Bmatrix}$$

Las diferentes deflexiones  $w_i$  son calculadas en el paso 1 y así mismo se pueden calcular las diferentes deflexiones  $w_{ij}$ .

Las reacciones en los soportes intermedios se calculan resolviendo el sistema formado.

3).-Calculadas las reacciones intermedias se procede a analizar el puente como isostático aplicando nuevamente el método semicontinuo.

SECUENCIA DE PASOS PARA EL ANALISIS DE PUENTES  
SIMPLEMENTE APOYADOS POR EL METODO SEMICONTINUO



*CAPITULO III*

*MODELIZACION EN BASE  
A RETICULAS DE VIGAS*



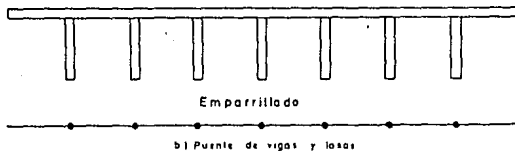
### 3.1.-JUSTIFICACION

Un puente compuesto de losa apoyado en vigas lo podemos idealizar como un ensamblaje de elementos longitudinales y transversales al puente. Los elementos longitudinales representan a las vigas longitudinales del puente mientras que la losa la podemos representar por un número determinado de elementos transversales.

Este procedimiento se realiza con el fin de poder analizar a la superestructura del puente por medio de paquetes y programas de cómputo los que facilitan enormemente los cálculos.

El utilizar un modelo para representar a un puente por medio de una retícula nos da una aproximación de la realidad, sin embargo la utilización de este método requiere de un conocimiento de las propiedades mecánicas de los elementos que se van a idealizar. Este último punto es fundamental para el éxito de este procedimiento, ya que tenemos que asegurarnos de dar a la viga idealizada las propiedades de la viga real.

En el caso particular de esta tesis en la cual se analizan puentes rectos a base de losa apoyada en vigas cuya sección transversal se muestra en la figura 3.1. se recomienda lo siguiente:



a).-Situarse los ejes de las vigas longitudinales del emparrillado coincidentes con los de las vigas reales.

b).-Si existe un número excesivo de vigas longitudinales, caso de puentes con sección transversal muy grande, las vigas de la idealización no deberán sustituir a más de dos de las vigas reales, cuidando que las características de inercia de la viga equivalente sea la misma que la de las vigas reales.

c).-En el caso de vigas muy anchas, estas se pueden idealizar como dos vigas, cada una con la mitad de las propiedades de la viga real.

d).-Con relación a las vigas transversales se puede tener la libertad en su disposición, no obstante se procura que su número sea impar.

e).-Es conveniente considerar elementos igualmente espaciados y paralelos a los bordes y apoyos del puente.

f).-La separación entre vigas transversales a la existente entre vigas longitudinales deberá de ser aproximadamente 1.5:1.

g).-En el caso de que el tablero que se considera sea muy largo y estrecho la relación anterior puede modificarse a un máximo de 2:1.

h).-En tableros muy anchos la relación puede tomarse 1:1.

Hay que tener presente que el aumento en el número de elementos transversales de tal forma que la relación sea menor de 1:1 no representa una mejoría considerable en los cálculos, sin embargo muchas veces esta separación depende de la distancia entre las cargas aplicadas al puente, ya que generalmente interesa conocer las respuestas en el puente para una ubicación dada de una línea de ruedas cuyas cargas caen fuera de los elementos del emparrillado como se muestra en la siguiente figura.

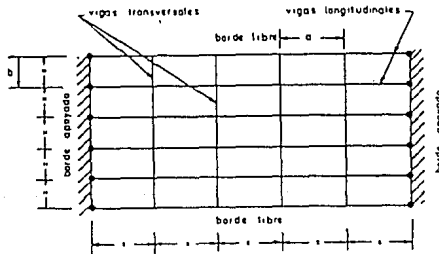


Figura 3.2 Tablero de un puente. (Ref. 2)

En tal caso es justificable colocar un número muy grande de elementos transversales a fin de que las cargas estén aplicadas en algún elemento del emparrillado o cuando menos estén muy cercanas a alguno de ellos. Esto es importante porque en general los vehículos para diseño de puentes presentan distancias entre sus ruedas que a veces no son fáciles de manejar en una retícula con pocos elementos transversales, de tal forma que si el análisis es llevado a un programa o paquete de cómputo muchas veces estos no reconocen cargas que no estén aplicadas en los nodos o en los elementos del emparrillado.

### 3.2.-PROPIEDADES EN FLEXION Y TORSION

El principal problema en el cálculo de tableros de puentes idealizados como una retícula, lo constituye la determinación de las características mecánicas de las vigas.

Los resultados dependen de qué tanto se puedan diferenciar los elementos del puente. Así por ejemplo en puentes a base de losa apoyada en vigas se obtienen buenos resultados ya que la losa y la viga están claramente diferenciadas, esto no ocurre en puentes con sección cajón o en losas aligeradas en donde los resultados suelen ser pobres debido a la incertidumbre en las características mecánicas de los elementos del emparrillado equivalente.

En la evaluación de las características mecánicas del emparrillado, se deben tener en cuenta las condiciones siguientes:

#### 3.2.1.-Vigas longitudinales

La inercia a flexión se obtiene de la sección compuesta por la viga y la zona de losa comprendida entre los puntos medios de la separación entre vigas. Sin embargo, en los casos en los que esta separación es importante, se debe limitar la colaboración del ancho de la losa a  $L/6$ , siendo  $L$  el claro de la viga o la distancia entre los puntos de momento nulo en flexión longitudinal en el caso de tableros continuos.

La rigidez a la torsión se obtiene sumando las rigideces torsionales de los rectángulos parciales que constituyen la sección compuesta, tomando en cuenta que la contribución de la losa se divide por 2.

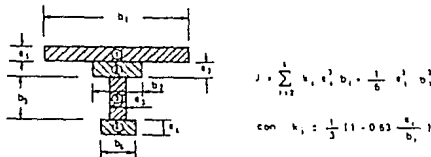


Figura 3.3

$$J = \sum_{i=2}^4 k_i e_i^3 b_i + \frac{1}{6} e_1^3 b_1^3$$

con

( 3.1 )

$$k_i = \frac{1}{3} (1 - 0.63 \frac{e_i}{b_i})$$

### 3.2.2.-Vigas transversales.

Si no existen diafragmas, la rigidez a la flexión es el doble de la de torsión de tal forma que:

$$EI = 2GJ$$

$$J = \frac{EI}{2G}$$

( 3.2 )

En el otro caso se evalúan las rigideces de la sección T resultante, teniendo en cuenta el ancho efectivo de la losa.

Si en el caso que se desea analizar, las vigas que conforman la estructura son muy anchas, entonces la losa se incluye a efectos de flexión y torsión obteniéndose las inercias de esta sección en T.

Conviene recordar que en la rigidez torsional, la contribución de la losa es la mitad de su valor real dada la continuidad existente, por lo que se puede obtener de las expresiones (3.1).

Si se dispone de un emparrillado con 2 vigas por viga real, se debe asignar a cada una la mitad del valor de las características mecánicas.

En el caso de emparrillado con 2 ejes de viga por viga real, existen dos clases de vigas transversales, aquellas que representan la losa únicamente y aquellas más rígidas comprendidas en el tramo que separa a las vigas de la idealización.

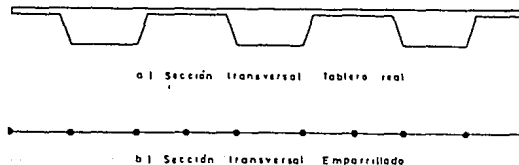


Figura 3.4 a) Tablero real.  
b) Emparrillado. (Ref. 1)

por lo que las propiedades se pueden calcular como:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$J = \frac{bh^3}{6}$$

( 3.3 )

*CAPITULO IV*

*METODO DE P. D. CART*

## 4.1 INTRODUCCION.

Como se vió en el capítulo III, las respuestas que se tienen en un puente pueden ser obtenidas por la idealización del puente por medio de un ensamble de vigas entrecruzadas. Sin embargo es posible aplicar un método a un puente de losa apoyada en vigas considerando que la losa va a actuar como elemento de conexión transversal directamente. Siguiendo esta base es como el método P.D.CART analiza transversalmente a un puente.

El método de P.D.CART, tiene por objeto obtener las líneas de influencia de la sección transversal a la mitad del claro; las cuales son obtenidas a partir de aislar la franja transversal central de ancho unitario del puente. Analizando a ésta por separado; esto es, se analiza la viga con los efectos que le produce la porción de losa allegada a ella y posteriormente la porción de losa comprendida entre dos vigas, siguiendo la teoría de las placas y considerando también los efectos que le producen las vigas.

## 4.2 PRINCIPIO DEL METODO.

Consideremos el tablero de un puente formado por claros independientes de longitud  $L$ , compuesto de  $m$  vigas longitudinales sin diafragmas con excepción de su apoyo, ligadas por una losa que supondremos para simplificar los desarrollos de espesor  $h$  constante. Estas características las podemos visualizar en la siguiente figura:

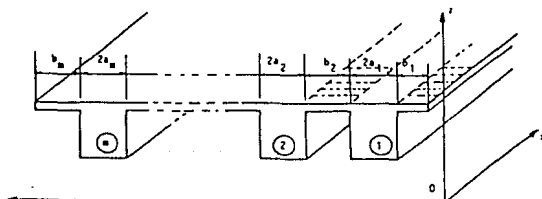


Figura 4.1 Sección de un puente recto (Ref. 1)

Se suponen vigas rectas de sección constante en el sentido longitudinal ( $Ox$ ). Se define  $2a_i$  el ancho de la viga  $b_i$  y  $b_i$  en ancho de la porción de losa entre dos vigas. Llamaremos respectivamente a  $R_i = EI_i$  y  $T_i = GK_i$  como la rigidez a la flexión y a la torsión siguiendo el eje  $Ox$ .

En los extremos, las vigas son simplemente apoyadas en flexión, pero empotradas a la torsión, gracias a la suposición de poner una viga transversal en los apoyos del puente.

La estructura definida anteriormente tiene un grado de hiperestaticidad interno muy elevado. La simplificación de su análisis es debido esencialmente al funcionamiento de la losa como una placa, considerando esta como bandas transversales independientes entre las vigas. Esta hipótesis, desprecia los efectos de la flexión longitudinal debido a la losa, lo que conduce a una estructura menos hiperestática que la estructura real, sin embargo esta simplificación nos permite obtener las líneas de influencia transversal de un puente con una aproximación aceptable.

a) Análisis de la porción de losa comprendida entre dos vigas.

Llamemos  $i$  al tramo de losa comprendida entre las vigas ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) transversalmente flexionante por unidad de longitud en el

$$D = \frac{EH^3}{12(1-\nu^2)}$$

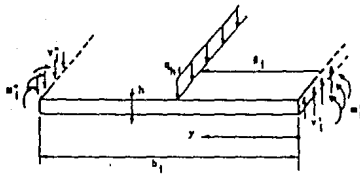


Figura 4.2 Sección de losa entre viga. (Ref 3).

De la figura 4.2 , podemos observar lo siguiente:

\*  $v_1'$  y  $v_1''$ , son los esfuerzos cortantes por unidad de longitud en los extremos.

\*  $m_1'$  y  $m_1''$ , son los momentos flexionantes por unidad de longitud en los extremos.

Esta losa puede estar sujeta una carga  $q_{hi}(x)$  situada a una distancia  $\beta_1$ .

b) Caso de la viga  $n_1$ .

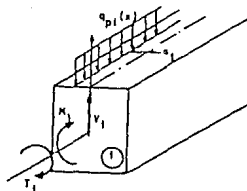


Figura 4.3 Sección de la viga  $n_1$ . (Ref 3).

La viga  $n_i$  esta sometida a una flexión en su plano vertical y una torsión en el sentido longitudinal caracterizado por el ángulo de rotación  $\theta_i$ . Ahora bien, notamos que  $V_i$  y  $T_i$  son los esfuerzos cortantes y los momentos torsionantes respectivamente y quedan en función del eje  $x$ .

La viga está sometida por la losa que le es allegada a:

\* a la intensidad  $v_i''$  y  $m_i''$  de los esfuerzos cortantes y momentos flexionantes transmitidos por la porción de losa  $n_i$ .

\* a la intensidad  $v_{i+1}'$  y  $m_{i+1}'$  de los esfuerzos cortantes y momentos flexionantes transmitidos por la porción de losa  $n_{i+1}$ .

Por otra parte, la viga puede estar sujeta a una carga repartida de intensidad  $q_{pi}(x)$ , situada a una distancia  $a_i$  de su sección media.

Ahora bien, en lo referente a los desplazamientos se establece que el desplazamiento vertical al origen de la porción de losa  $n_i$  (concurrente a la viga  $n_{(i-1)}$ ), es igual a:

$$Z_{p,i-1} + a_{i-1}\theta_{i-1}$$

y los desplazamientos verticales en su extremo (que concurre a la viga  $n_i$ ), son iguales a:

$$Z_{p,i} - a_i\theta_i$$

Por otra parte, los ángulos de rotación transversal de los extremos de esta porción de losa son iguales respectivamente a:

$$\theta_{i-1} \text{ y } \theta_i$$

Consideremos una sección transversal de la estructura, comprendida entre las abscisas  $x$  y  $x+dx$  con  $dx=1$ . La parte de la viga  $i$  comprendida en esta sección está en equilibrio bajo la acción de:

- a) las cargas directamente aplicadas.
- b) las reacciones  $M$  y  $T$  situadas a la izquierda y a la derecha de los patines.
- c) las reacciones ejercidas por el deslizamiento sobre las dos caras verticales de la franja por las partes de la viga  $i$  que comprenden a la franja y que se encuentran dirigidas hacia arriba. Esto da como resultado un esfuerzo vertical  $-R_i(x)$  y un par de torsión  $-\Delta M_i(x)$ .



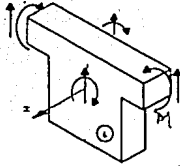


Figura 4.4 Porción transversal del puente sujeta a esfuerzos y reacciones. (Ref 4).

donde  $R_i$  es el valor de la carga vertical y  $\Delta M_i$  es el valor del par de torsión aplicado en la viga  $i$ .

Para simplificar los cálculos reduciremos los esfuerzos aplicados a una sección media (vertical)  $A_i$  de la viga  $i$ .

Los esfuerzos internos ejercidos dentro de la sección transversal a ambos lados de la franja considerada  $A_i$  son los siguientes:

-esfuerzos cortantes: a la izquierda  $T_i^l$  y a la derecha  $T_i^r$   
 $T_i = T_i^l - (-R_i)$ .

-momentos flexionantes: a la izquierda  $M_i^l$  y a la derecha  $M_i^r$   
 $M_i = M_i^l - \Delta M_i$ .

Lo anterior lo podemos observar en la figura siguiente:

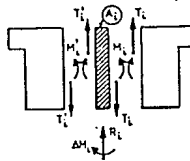


Figura 4.5 Esfuerzos y momentos en la franja  $A_i$ . (Ref 4).

#### Ecuación de deformación de la viga $i$

Aplicando la ecuación de la elástica se tiene que la carga actuante y el momento flexionante en la viga  $i$ , se pueden expresar de la siguiente forma:

$$D_i \frac{d^4 y_i}{dx^4} = -R_i(x) \quad ; \quad K_{Ti} \frac{d^2 \omega_i}{dx^2} = \Delta M_i(x) \quad (4.1)$$

Desarrollo de la serie de Fourier para las cargas externas aplicadas.

Representemos a las cargas externas aplicadas del puente por medio de la siguiente serie:

$$q_i = \sum_1^{\infty} q_{im} \sin\left(\frac{m\pi x}{L}\right)$$

fórmula que será válida para  $q=p, \gamma, T$  y  $T', M$  y  $M'$  en consecuencia y  $\omega, R$  y  $\Delta M$ .

Pongamos:

$$\frac{1}{K_{im}} = \left(\frac{m\pi}{L}\right)^4 D_i \quad \text{y} \quad (\alpha_i)_m = \left(\frac{m\pi}{L}\right)^2 K_{Ti}$$

Si suprimimos el índice  $m$  para simplificar la expresión las ecuaciones dadas en 1 las podemos reescribir como:

$$T'_i - T_i = -R_i = \frac{Y_i}{K_i} \quad ; \quad M'_i - M_i = \Delta M_i = -\alpha_i \omega_i \quad (4.2)$$

Para cada uno de los términos de desarrollo en la serie de Fourier, la sección transversal de la estructura se comporta entonces como una viga continua apoyada y empotrada elásticamente a la derecha de la franja asegurada  $A_i$  de cada viga  $i$ .

Para estudiar las respuestas de un claro  $i$  ( $A_{i-1}, A_i$ ) es necesario distinguir las que son debido a las cargas aplicadas; por una parte las aplicadas directamente en el claro  $i$  y por otra las que están aplicadas a la izquierda y a la derecha de este claro.

### 4.3 -DESARROLLO TEORICO DEL METODO

Claro independiente asociado al claro real  $i$

a. Supongamos el claro  $i$  independiente. Sea  $a_i, b_i$  y  $c_i$  los coeficientes de flexibilidad. El claro está sujeto a esfuerzos exteriores reales siendo  $t_{i-1}$  y  $t'_i$  los esfuerzos cortantes en los extremos de esta sección, y  $\theta_{i-1}, \theta'_i$  sus rotaciones como se muestra en la siguiente figura:

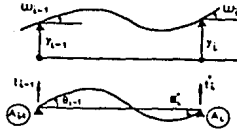


Figura 4.6 Esfuerzos cortantes y rotaciones en el claro i. (Ref 4).

b. En la viga real:

$$T_{i-1} = t_{i-1} + \frac{M'_i - M_{i-1}}{L_i} \quad ; \quad T'_i = t'_i + \frac{M'_i - M_{i-1}}{L_i} \quad (4.3)$$

$$\omega_{i-1} = \theta_{i-1} - a_i M_{i-1} - b_i M'_i + \frac{Y_i - Y_{i-1}}{L_i} \quad ; \quad \omega_i = \theta'_i + b_i M_{i-1} + c_i M'_i + \frac{Y_i - Y_{i-1}}{L_i} \quad (4.4)$$

donde

$$a_i = c_i = \frac{d}{6\Delta} \left( 3 + 4 \frac{d^2}{L^2} \right) \quad ; \quad b_i = \frac{d}{6\Delta} \left( 3 - 4 \frac{d^2}{L^2} \right)$$

Constantes de apoyo de la izquierda.

La viga no está sometida a alguna carga a la izquierda de  $A_i$  como se ve en la figura.

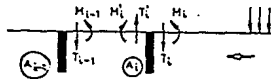


Figura 4.7 Momentos y cortantes en el claro provocados por carga aplicada a la derecha de  $A_i$ . (Ref 4).

Los desplazamientos en  $A_i$  son una función lineal y homogénea de los esfuerzos aplicados por la derecha.

$$\omega_i = N_i M_i' - \phi_i T_i \quad ; \quad y_i = \phi_i M_i - F_i T_i \quad (4.5)$$

Teniendo en cuenta de la expresión (2)

$$\omega_i = n_i M_i' - \phi_i T_i \quad ; \quad y_i = \phi_i M_i' - F_i T_i \quad (4.6)$$

Con

$$N_i = \frac{n_i}{1 + \alpha_i n_i} \quad ; \quad \phi_i = \frac{\phi_i}{1 + \alpha_i n_i} \quad ; \quad F_i = f_i - \frac{\alpha_i \phi_i^2}{1 + \alpha_i n_i} \quad (4.7)$$

De la segunda ecuación dada en la expresión (2) y la primera ecuación dada en la expresión (5) se deduce lo siguiente:

$$\Delta M_i = -\alpha_i (N_i M_i - \phi_i T_i) \quad ; \quad \text{o bien} \quad M_i' = \frac{M_i}{1 + \phi_i n_i} + \alpha_i \phi_i T_i \quad (4.8)$$

De la expresión (4) con  $\theta_{i,1} = \theta'_{i,1} = 0$  da:

$$\omega_i = \omega_{i-1} + (a_i + b_i) M_i + (b_i + c_i) M_i' \quad (4.4.1)$$

y

$$y_i = y_{i-1} + l_i (\omega_{i-1} + a_i M_{i-1} + b_i M_i') \quad (4.4.2)$$

Entonces, reescribiendo la expresión (4.4.2) con los valores de  $y_i$  de la primera ecuación de (2),  $Y_{i-1}$  de la segunda ecuación de (5),  $w_{i-1}$  de la primera ecuación de (5),  $T'_i$  y  $T_{i-1}$  de la ecuación (3) con  $t'_i = t_{i-1} = 0$ ; obtenemos:

$$M_{i-1} = -\rho_i M'_i - \sigma_i l_i T_i \quad ; \quad T_{i-1} = (1 + \rho_i) \frac{M'_i}{l_i} + \sigma_i T_i \quad (4.9)$$

con

$$\rho_i = \frac{b_i - \frac{F_{i-1} + K_i}{l_i^2} - \frac{\phi_{i-1}}{l_i}}{N_{i-1} + a_i + \frac{F_{i-1} + K_i}{l_i^2} + 2 \frac{\phi_{i-1}}{l_i}} \quad (4.10.1)$$

y

$$\sigma_i = \frac{\frac{K_i}{l_i^2}}{N_{i-1} + a_i + \frac{F_{i-1} + K_i}{l_i^2} + 2 \frac{\phi_{i-1}}{l_i}} \quad (4.10.2)$$

Identificando, las deformaciones dadas por la primera ecuación de (2), la segunda ecuación de (4) y la ecuación (6), obtenemos:

$$n_i = c_i + \frac{F_{i-1}}{l_i^2} + \frac{K_i}{l_i^2} \left( i + \frac{\rho_i^2}{\sigma_i} \right) \quad ; \quad \varphi_i = \frac{K_i}{l_i} (1 + \rho_i) \quad ; \quad f_i = K_i (1 - \sigma_i)$$

(4.11)

Cálculo práctico: partiendo de la izquierda ( $A_0$ ):

a. La parte del volado no está cargado:

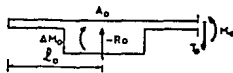


Figura 4.8 Franja transversal del puente. (Ref 4).

De la expresión (2) tenemos

$$\Delta M_0 = -M_0 = -\alpha_0 \omega_0 \quad ; \quad R_0 = T_0 = -\frac{Y_0}{K_0}$$

De la expresión (5) tenemos

$$\omega_0 = \frac{M_0}{\alpha_0} = \frac{N_0}{M_0} - \phi_0 T_0 \quad ; \quad Y_0 = -K_0 T_0 = \phi_0 M_0 - F_0 T_0$$

De donde:

$$N_0 = \frac{1}{\alpha_0} \quad ; \quad \phi_0 = 0 \quad ; \quad F_0 = K_0$$

b. Donde  $\rho_1$  y  $\sigma_1$  se obtienen de la ecuación (10),  $n_1$ ,  $\varphi_1$  y  $f_1$  de la ecuación (11) y finalmente  $N_1$ ,  $\phi_1$  y  $F_1$  de la expresión (7).

c. Se recomienza el proceso para el subíndice 2 y así sucesivamente hasta haber determinado los constantes para el subíndice n.

Constantes de apoyo a la derecha: la viga no está cargada a la derecha de  $A_{i-1}$ .

Análogamente para caso de la izquierda obtenemos:

$$\Delta M_i = \alpha_i (N'_i M'_i + \phi'_i T'_i) \quad ; \quad M'_{i+1} = -\rho'_{i+1} M_i + \sigma'_{i+1} l_{i-1} T'_i \quad ;$$

$$T'_{i+1} = -(1 + \phi'_{i+1}) \frac{M_i}{L_{i+1}} + \sigma'_{i+1} T'$$

$$N'_i = \frac{n'_i}{1 + \alpha_i n'_i} \quad ; \quad \phi'_i = \frac{\phi'_i}{1 + \alpha_i n'_i} \quad ; \quad F'_i = f'_i - \frac{\alpha_i \phi_i^2}{1 + \alpha_i n'_i}$$

$$\rho'_i = \frac{b_i - \frac{F'_i + K_{i-1}}{l_i^2} - \frac{\phi'_i}{l_i}}{N'_i + C_i + \frac{F'_i + K_{i-1}}{l_i^2} + 2 \frac{\phi'_i}{l_i}}$$

$$\sigma'_i = \frac{\frac{K_{i-1}}{l_i^2}}{N'_i + C_i + \frac{F'_i + K_{i-1}}{l_i^2} + 2 \frac{\phi'_i}{l_i}}$$

$$n'_{i-1} = a_i + \frac{F'_i}{l_i^2} + \frac{K_{i-1}}{l_i^2} \left(1 - \frac{\rho'_i}{\sigma'_i}\right) \quad ; \quad \phi'_i = \frac{K_{i-1}}{l_i} (1 + \rho'_i) \quad ; \quad f'_{i-1} = K_{i-1} (1 - \sigma'_i)$$

Calculamos estas constantes a partir de la derecha

$$N_n = \frac{1}{\alpha_n} \quad ; \quad \phi'_n = 0 \quad ; \quad F_n = K_n, \text{ etc.}$$

Caso del claro  $i$  sometido a carga:

$$\omega_{i-1} = N_{i-1}M_{i-1} - \phi_{i-1}T_{i-1} \quad ; \quad Y_{i-1} = \phi_{i-1}M_{i-1} - F_{i-1}T_{i-1}$$

$$\omega_i = -N'_iM'_i - \phi'_iT'_i \quad ; \quad Y_i = \phi'_iM'_i + F'_iT'_i$$

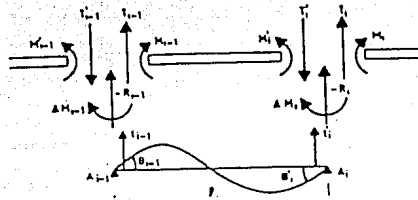


Figura 4.9 Interacción claro viga. (Ref 4).

Reemplazando  $T_{i-1}$  y  $T'_i$  por sus valores de la expresión (3), e introduciéndolos en (4), obtenemos:

$$\frac{1}{l_i^2} \left( \frac{F_i}{\sigma_i} + F'_i \right) M_{i-1} + \left( b_i - \frac{\phi_{i-1} + \phi'_i}{l_i} - \frac{F_{i-1} + F'_i}{l_i^2} \right) M'_i = \theta'_{i-1} + \left( \phi_{i-1} + \frac{F_{i-1}}{l_i} \right) t_{i-1} + \frac{F}{l}$$

( 4.12 )

$$\left( b_i - \frac{\phi_{i-1} + \phi'_i}{l_i} - \frac{F_{i-1} + F'_i}{l_i^2} \right) M_{i-1} + \frac{1}{l_i^2} \left( F_{i-1} + \frac{F'_{i-1}}{\sigma'_i} \right) M'_i =$$

$$-\theta'_{i-1} - \frac{F_{i-1}}{l_i} t_{i-1} - \left( \phi'_i + \frac{F'_i}{l_i} \right) t'_i$$

De donde los valores de las dos incógnitas:  $M_{i-1}$  y  $M'_i$  y por lo tanto, por la ecuación (3), estas de  $T_{i-1}$  y  $T'_i$ .

Caso de un tablero simétrico:

En el caso de un tablero simétrico con respecto a su eje longitudinal  $Ox$ , tenemos las igualdades siguientes, entre los términos puestos uno arriba del otro, dentro de los dos tableros siguientes:



a. Factores relativos a un apoyo (vigas de 0 a n).

Apoyo $A_i$	$K_i$	$\alpha_i$	$N_i$	$\phi_i$	$n_i$	$\varphi_i$	$f_i$	$F_i$
Apoyo simétrico								
$A_{n-i}$	$K_{n-i}$	$\alpha_{n-i}$	$N_{n-i}'$	$\phi_{n-i}'$	$n_{n-i}'$	$\varphi_{n-i}'$	$f_{n-i}'$	$F_{n-i}'$

b. Factores relativos a un claro ( de 1 a n).

Claro $A_{i-1} A_i$	$a_i$	$b_i$	$c_i$	$l_i$	$\rho_i$	$\sigma_i$
Claro simétrico						
$A_{n-i} A_{n-i+1}$	$c_{n-i+1}$	$b_{n-i+1}$	$a_{n-i+1}$	$l_{n-i+1}$	$\rho'_{n-i+1}$	$\sigma'_{n-i+1}$

Por lo tanto, basta con calcular los valores no acentuados de 0 a n para los relativos a un apoyo y de i a n para los relativos a un claro.

#### 4.4 LINEAS DE INFLUENCIA.

- Esfuerzos dentro de las vigas:  $R_i$  y  $\Delta M_i$
- Esfuerzos dentro del volado superior:

Los momentos transversales dentro del volado 1-2 son anotados, con empotramiento en la vigas: 1  $\mu_1$  y 2  $\mu_2'$ , y a medio claro :  $\mu_1$ .

Primer caso: La carga es aplicada fuera del claro 1-2 las lineas de influencia de  $\mu$  se deducen de las de M y T.

Por ejemplo:

$$\mu_1 = M_1 + T_1 \delta \quad (-P_x, \text{para } -\delta \leq x \leq 0), \delta$$

$$\mu_1 = M_2' - (2\delta + d) T_2' \quad (+P_x, \text{para } 0 \leq x \leq 2\delta + d)$$

Segundo caso: La carga  $P$ , está aplicada directamente sobre el claro 1-2

El proceso anterior en el cual la losa superior es cortada como diafragma no nos permite darnos cuenta de su comportamiento real local como losa. Para solucionar esto, podemos operar de manera que nos permita regresar al caso anterior.

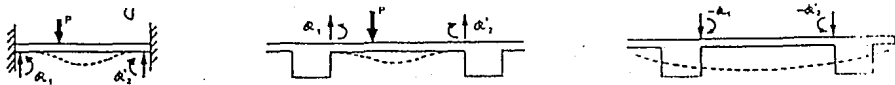


Figura 4.10 (Ref 4).

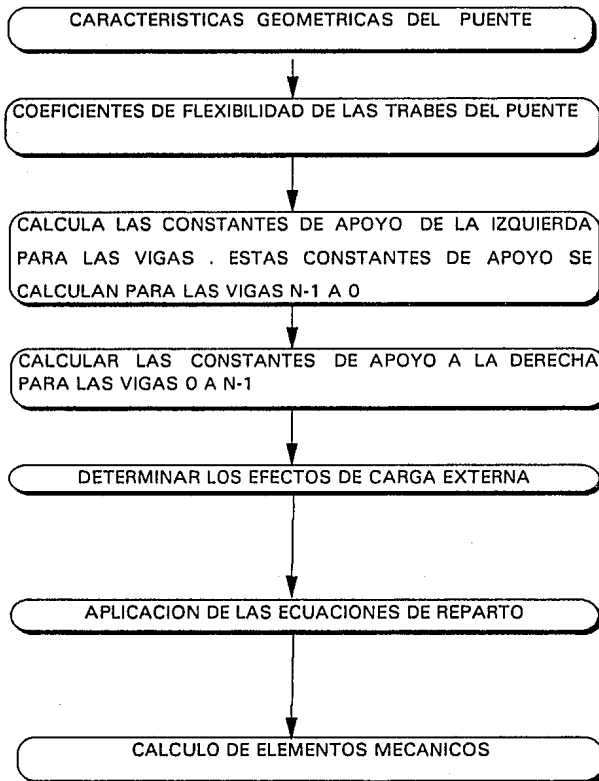
a. Supongamos las traveses fijas: son en este caso  $R_i$  las reacciones de apoyo (fuerzas y momentos) de las traveses sobre el volado intermedio (perfectamente empotrado).

b. Apliquemos a la estructura real simultáneamente la carga exterior  $P$  y las dos reacciones  $R_1$  y  $R_2$  considerando éstas como cargas exteriores. El sistema está en equilibrio y por definición de reacciones las traveses no se desplazan ni sufren ningún esfuerzo. Las reacciones de apoyo mutuo de las traveses y los volados son nulos.

c. Apliquemos ahora en las traveses de la estructura real, el sistema de cargas exteriores directamente opuesto al sistema de  $R_i$ , o sea  $(-R_i)$ . Esto nos permite calcular los esfuerzos internos resultantes en las traveses y el volado.

d. Los esfuerzos que la carga  $P$  desarrolla realmente en las traveses son iguales a los que crea el sistema de carga total:  $(P + R_i) - R_i = P$ , por lo tanto ya que el sistema  $(P + R_i)$  genera esfuerzos nulos, son iguales a los que desarrolla el sistema  $(-R_i)$ .

**SECUENCIA DE PASOS PARA EL ANALISIS TRANSVERSAL DE PUENTES  
POR EL METODO DE P. D. CART**



*CAPITULO V*

*COMPARACION DE RESULTADOS*

## V.- COMPARACION DE RESULTADOS

Por facilidad en el analisis y comparación de resultados se manejará una sola línea de ruedas con una carga unitaria, la cual estará aplicada siempre a la mitad del claro y solo variará en cuanto a su posición transversal. Esta posición esta dibujada en la parte superior derecha de cada gráfica.

Longitudinalmente se comparan el método semocontinuo y la idealización por medio de retícula, obteniendo para cada posición de la carga los diagramas de momentos flexionantes y fuerzas cortantes en cada viga.

Transversalmente se compara el método semicontinuo y el método de PDCART obteniendose los diagramas de momento flexionante y fuerza cortante en la sección transversal a la mitad del claro.

Solo se presentarán los resultados obtenidos de los programas de computadora para un caso específico de un ejemplo, con el fin de obsevar el funcionamiento de los programas, para los demas casos y ejemplos solo se presentan las gráficas de elementos mecánicos, gráficas que fueron construidas con los resultados obtenidos de los programas de computación dados.

Cabe hacer mención que se deberá tener en cuenta la compatibilidad en las unidades de los ejemplos que se manejan ya que en función de esto se obtienen los resultados.

## EJEMPLO No. 1

### DATOS DEL PUENTE:

CLARO DEL PUENTE.	1016
ESPACIAMIENTO ENTRE VIGAS.	100
ESPESOR DE LOSA.	7.5
MODULO DE ELASTICIDAD E DEL MATERIAL DE LAS VIGAS Y LOSA.	$3 \times 10^6$
MODULO DE CORTANTE G DEL MATERIAL DE LAS VIGAS Y LOSA.	$1.5 \times 10^6$
MOMENTO DE INERCIA I DE LAS VIGAS.	$6.124 \times 10^5$
INERCIA A LA TORSION J DE LAS VIGAS.	$0.177 \times 10^5$

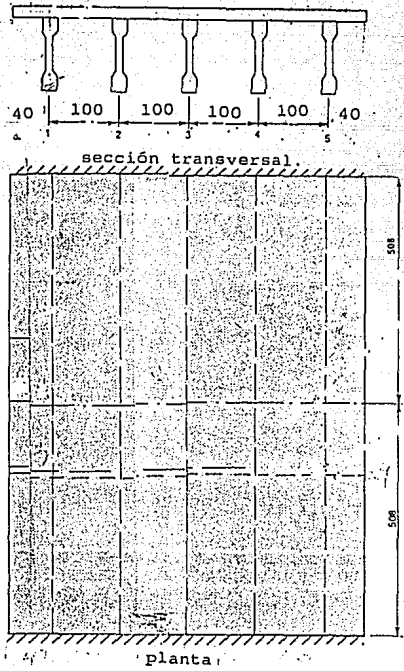


Figura 5.1 Sección transversal y planta del puente. (Ref 1).

ENTRADA DE DATOS DEL SAP90 PARA EL ANALISIS DE LA RETICULA

TITLE EJEMPLO 1.

SYSTEM

L=5 R=0

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
9	X=1016	Y=0	Z=0	G=1,9,1
10	X=0	Y=40	Z=0	
18	X=1016	Y=40	Z=0	G=10,18,1
19	X=0	Y=140	Z=0	
27	X=1016	Y=140	Z=0	G=19,27,1
28	X=0	Y=240	Z=0	
36	X=1016	Y=240	Z=0	G=28,36,1
37	X=0	Y=340	Z=0	
45	X=1016	Y=340	Z=0	G=37,45,1
46	X=0	Y=440	Z=0	
54	X=1016	Y=440	Z=0	G=46,54,1
55	X=0	Y=480	Z=0	
63	X=1016	Y=480	Z=0	G=55,63,1

RESTRAINTS

1,55,9 R=1,1,1,0,0,0  
 9,63,9 R=1,1,1,0,0,0

FRAME

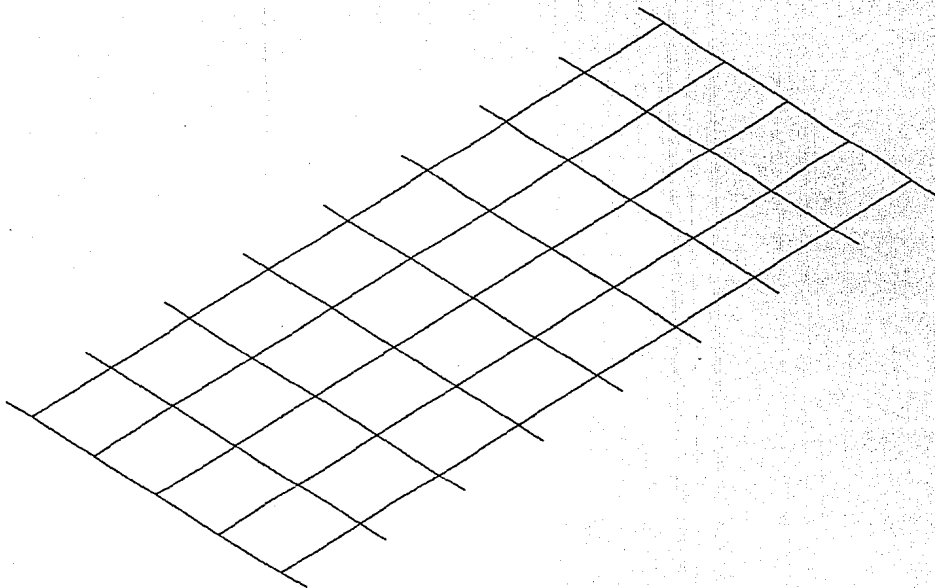
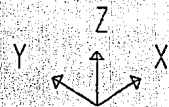
NM=2 NL=2

1	I=10000,6.124E5			J=0.177E5	G=1.5E5	E=3E6
2	I=3972,750*7.5*7.5/12	A=847.5		J=7945.22	G=1.5E5	E=3E6
1	PLD=50,0,-1					
2	PLD=50,0,-1					
1,1,10	G=2,1,1,1	M=2	LP=1			
4,4,13		M=2				
5,5,14		M=2				
6,6,15		M=2				
7,7,16	G=5,1,1,1	M=2				
13,13,22		M=2				
14,14,23	NSL=1	M=2				
15,15,24		M=2				
16,16,25	G=6,1,1,1	M=2				
23,23,32	NSL=0,2	M=2				
24,24,33	G=30,1,1,1	M=2				
55,10,11	G=7,1,1,1	M=1				
63,19,20	G=7,1,1,1	M=1				
71,28,29	G=7,1,1,1	M=1				
79,37,38	G=7,1,1,1	M=1				
87,46,47	G=7,1,1,1	M=1				

LOADS

14 L=3 F=0,0,-1  
 23 L=4 F=0,0,-1  
 32 L=5 F=0,0,-1





ejeml  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
WIRE FRAME

SAP90

ENTRADA DE DATOS DEL PROGRAMA SECANI,  
PARA EL ANALISIS DE PUENTES POR EL METODO SEMICONTINUO

EJEMPLO 1

5,5,1016,3E6,1.5E6  
100,100,100,100  
6.124E5,6.124E5,6.124E5,6.124E5,6.124E5  
0.177E5,0.177E5,0.177E5,0.177E5,0.177E5  
7.5,3E6,1.5E6  
1  
1  
508  
1  
400  
5  
0,127,254,381,508

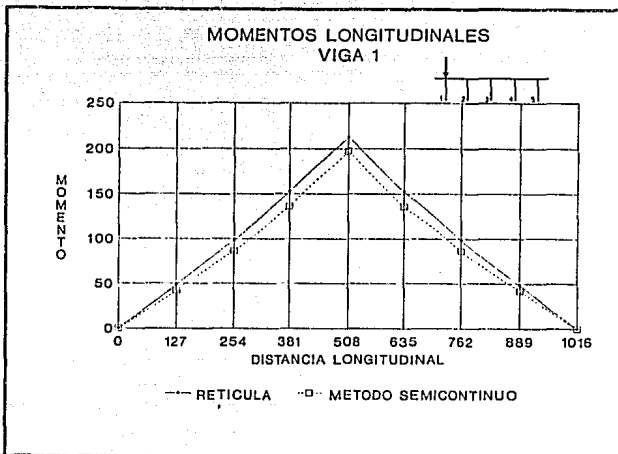


Figura 5.2

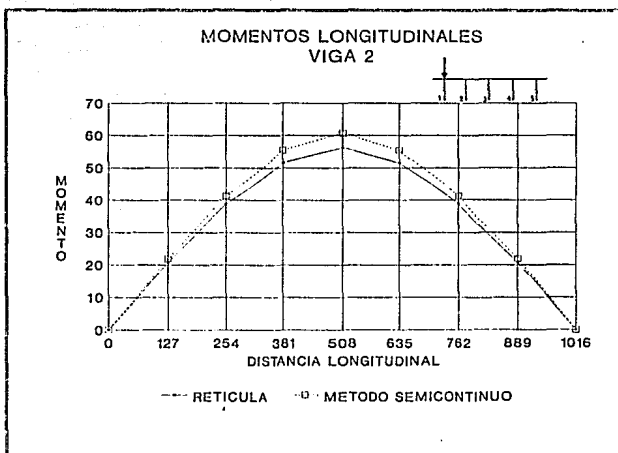


Figura 5.3

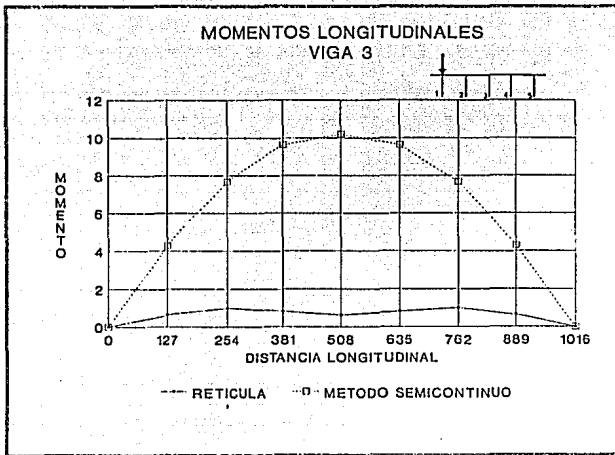


Figura 5.4

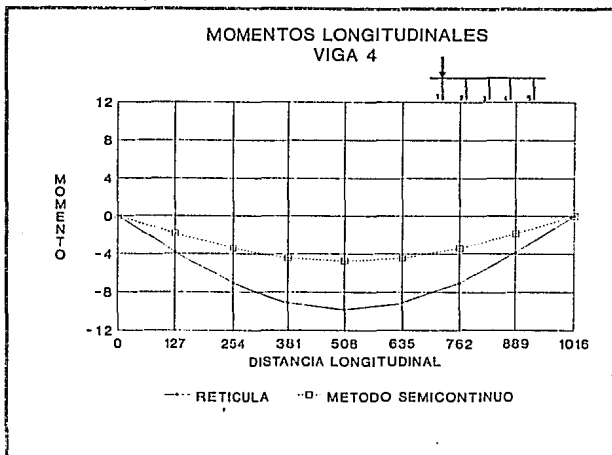


Figura 5.5

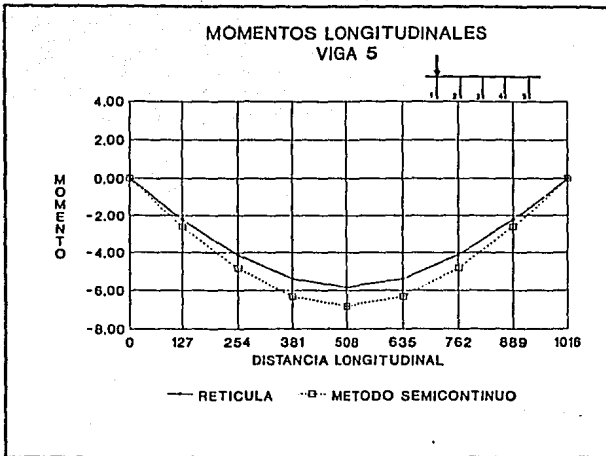


Figura 5.6

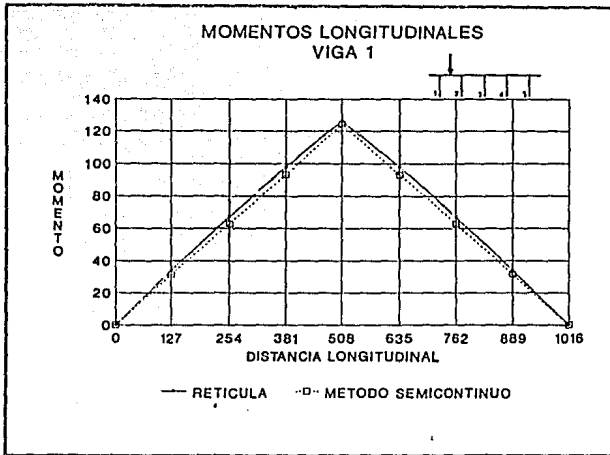


Figura 5.7

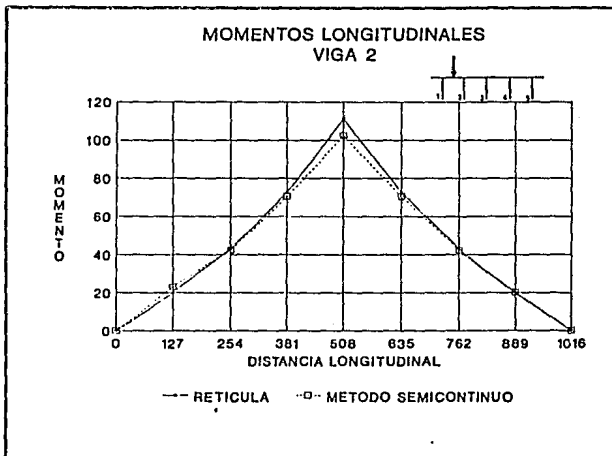


Figura 5.8

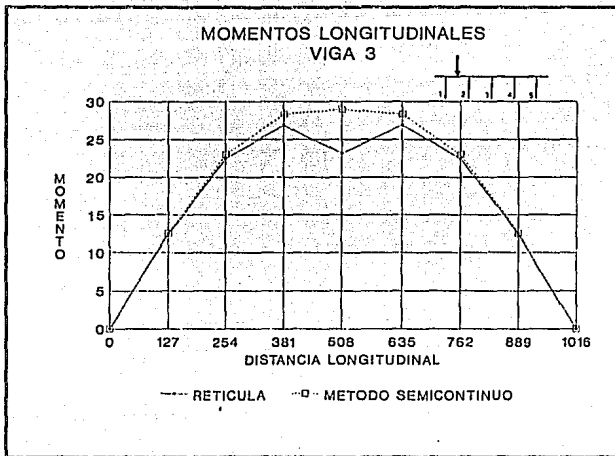


Figura 5.9

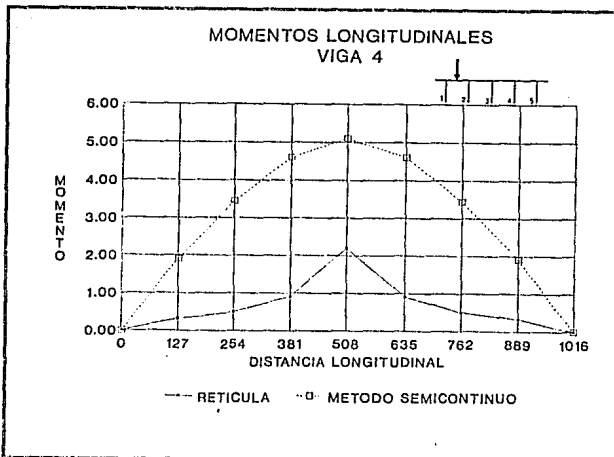


Figura 5.10

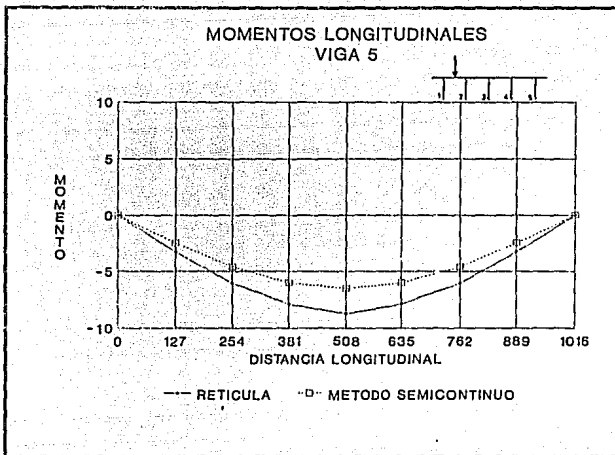


Figura 5.11



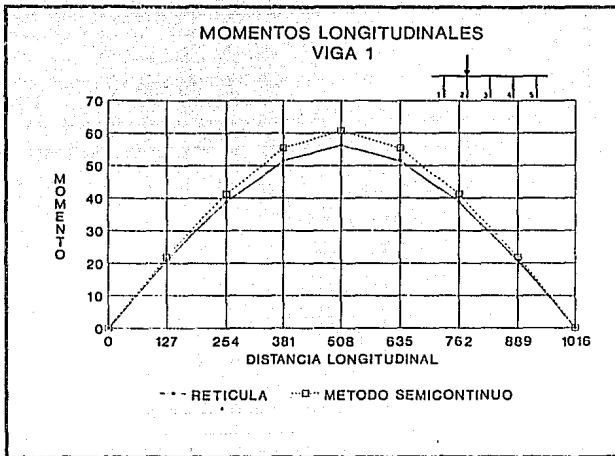


Figura 5.12

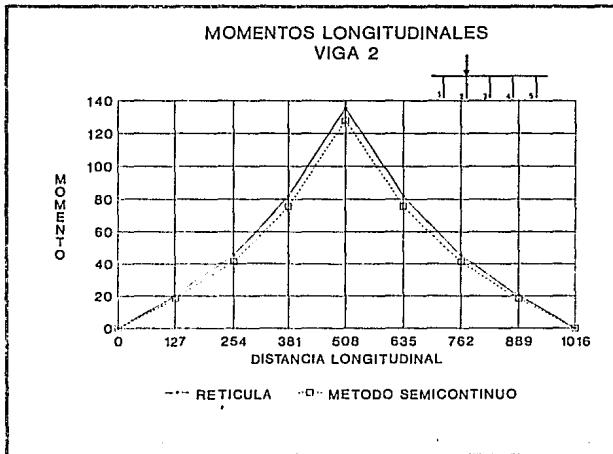


Figura 5.13

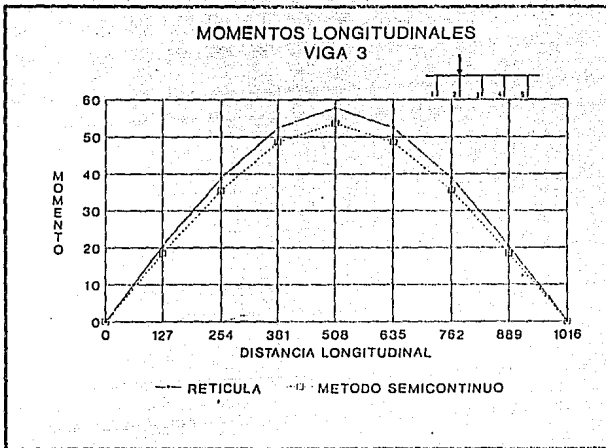


Figura 5.14

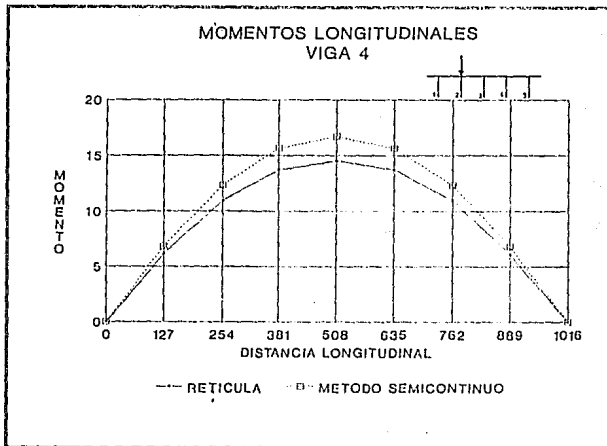


Figura 5.15

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

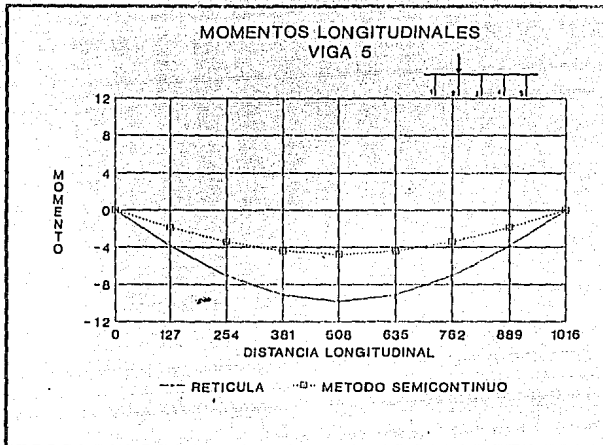


Figura 5.16

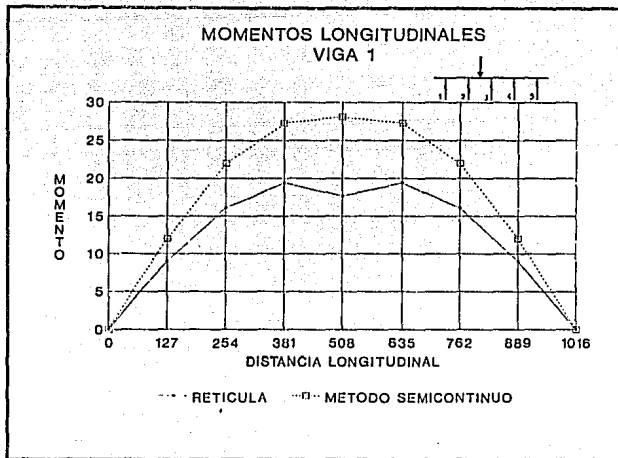


Figura 5.17

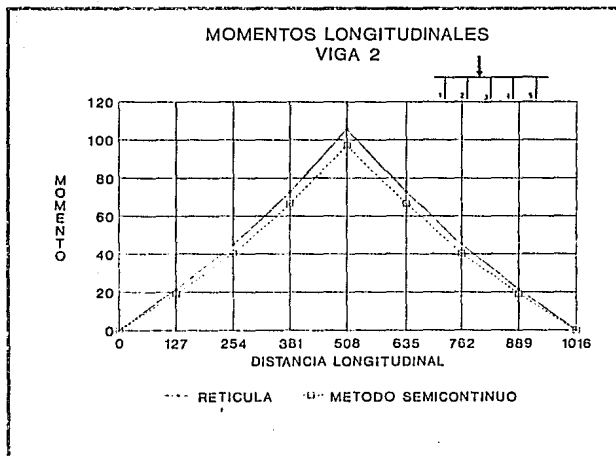


Figura 5.18

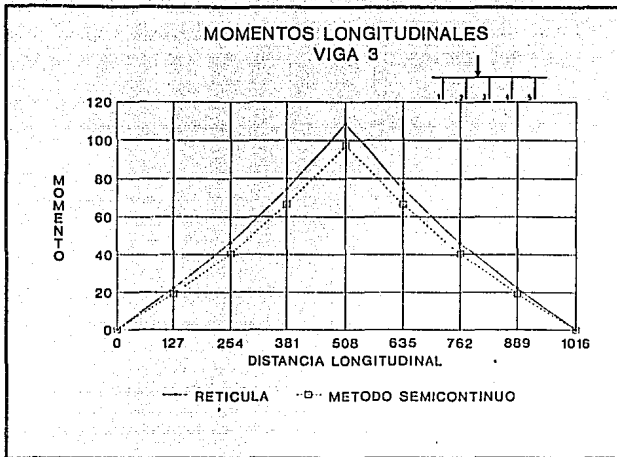


Figura 5.19

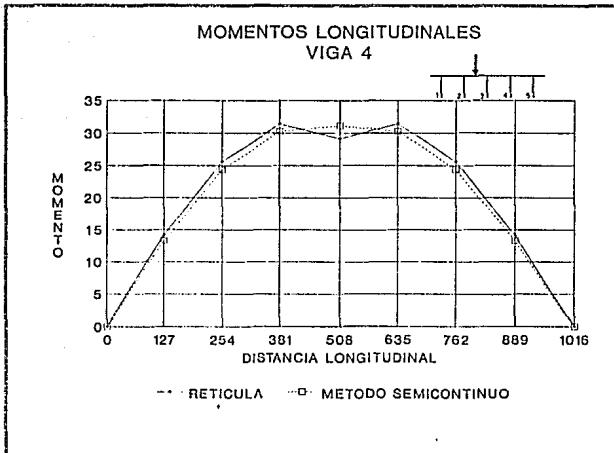


Figura 5.20

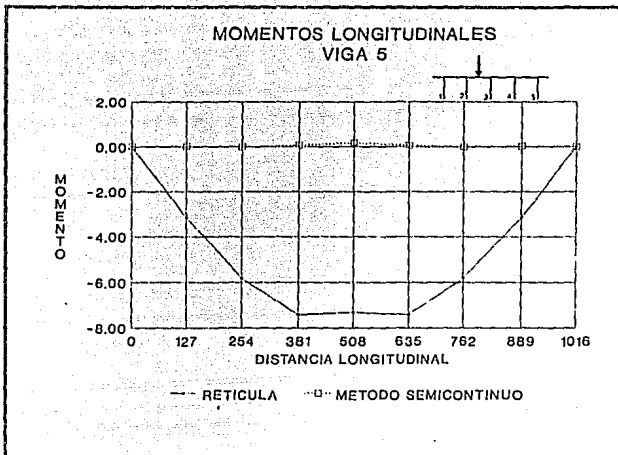


Figura 5.21

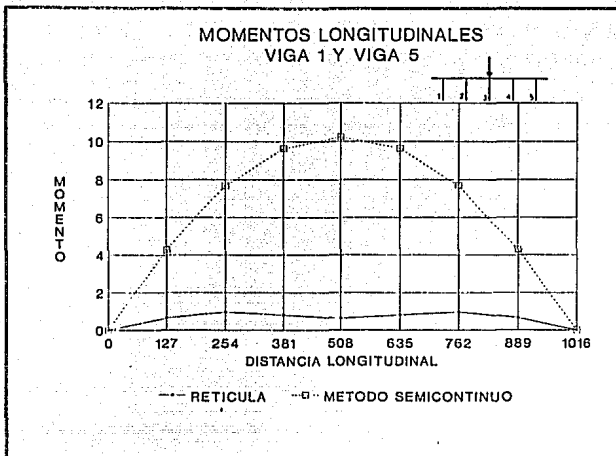


Figura 5.22

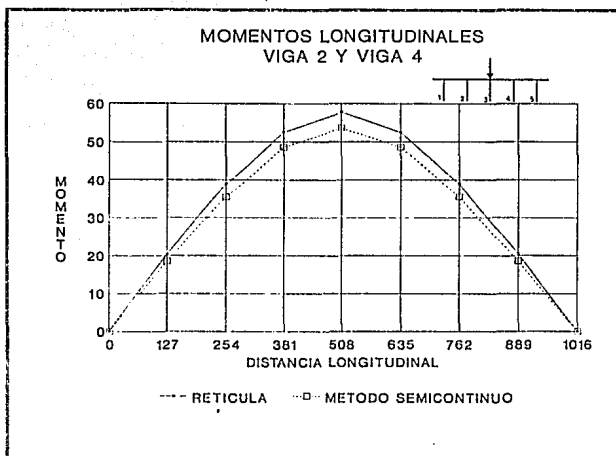


Figura 5.23

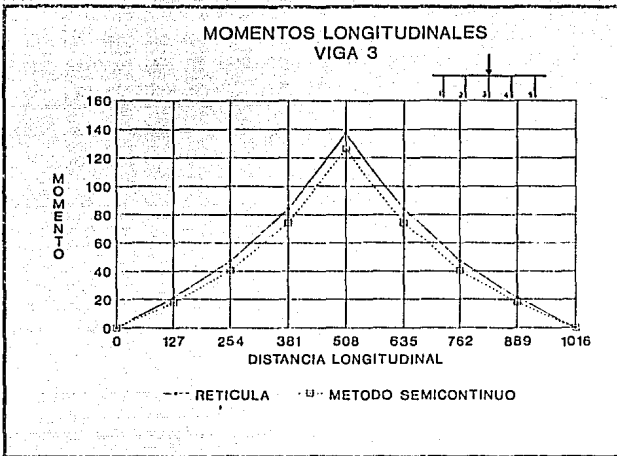


Figura 5.24



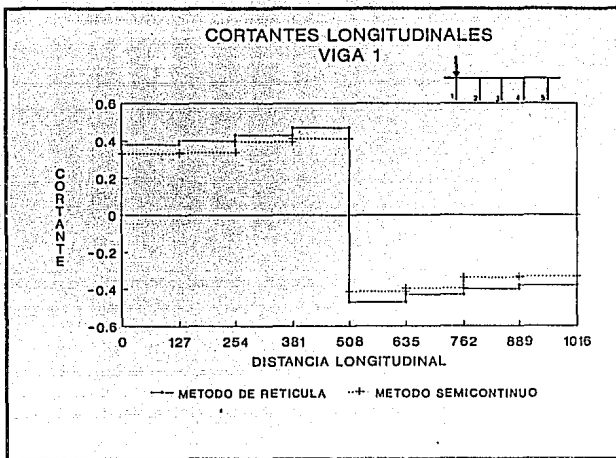


Figura 5.25

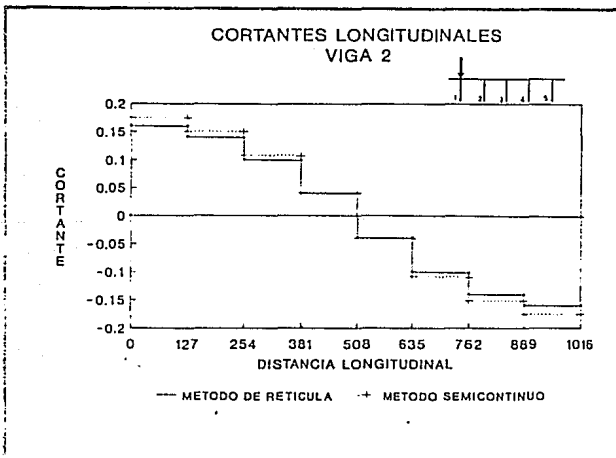


Figura 5.26

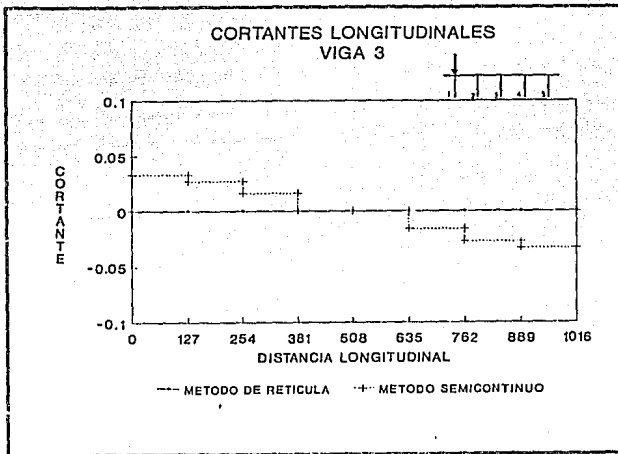


Figura 5.27

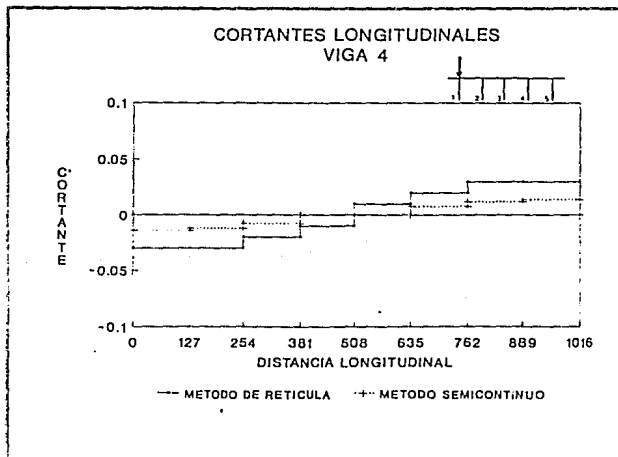


Figura 5.28

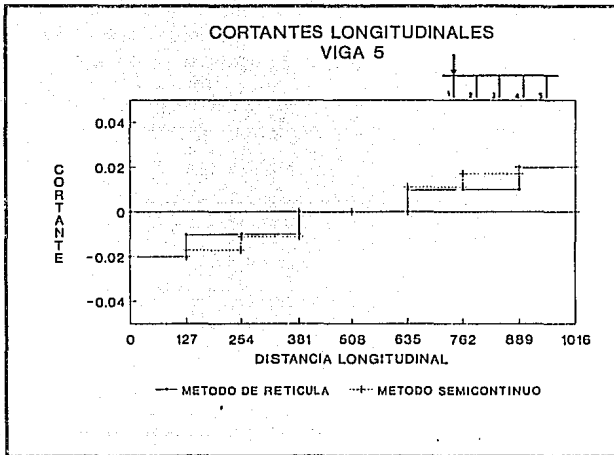


Figura 5.29

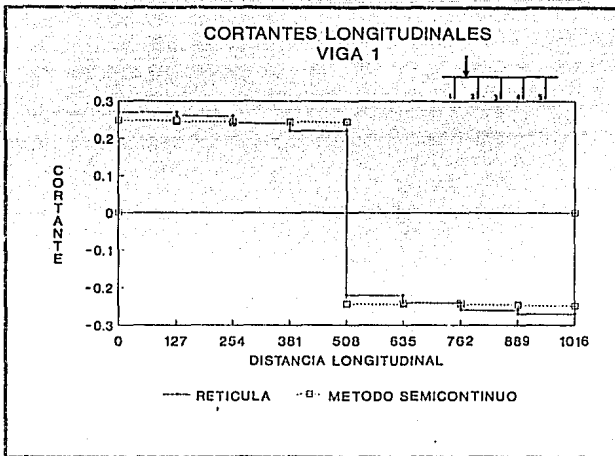


Figura 5.30

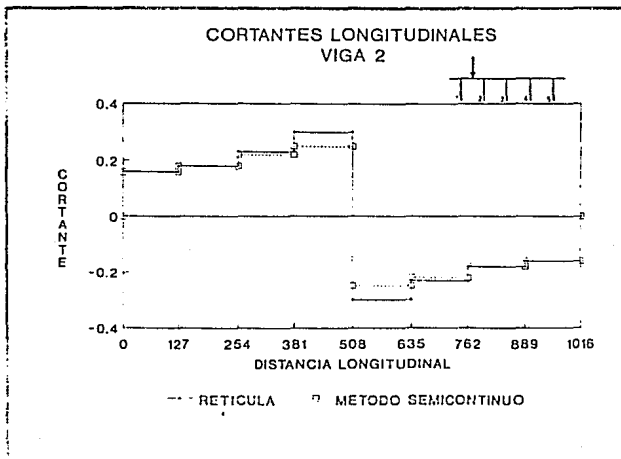


Figura 5.31

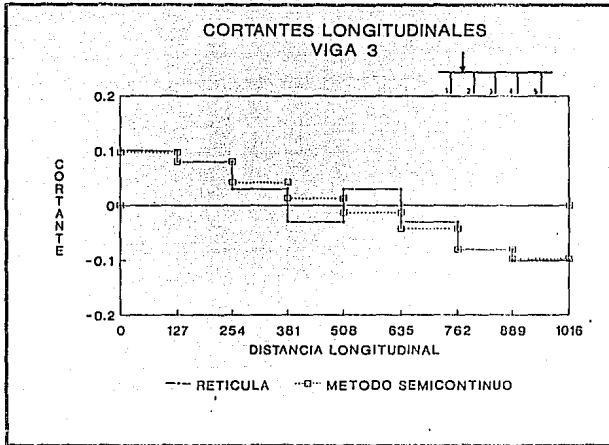


Figura 5.32

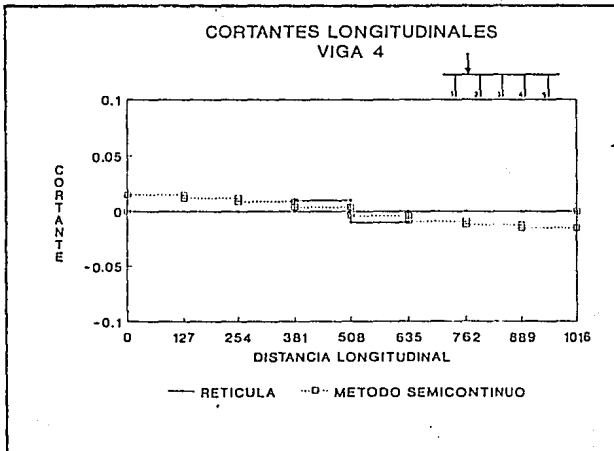


Figura 5.33

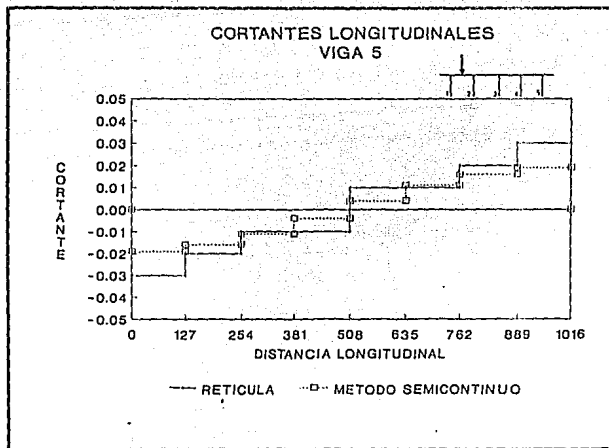


Figura 5.34

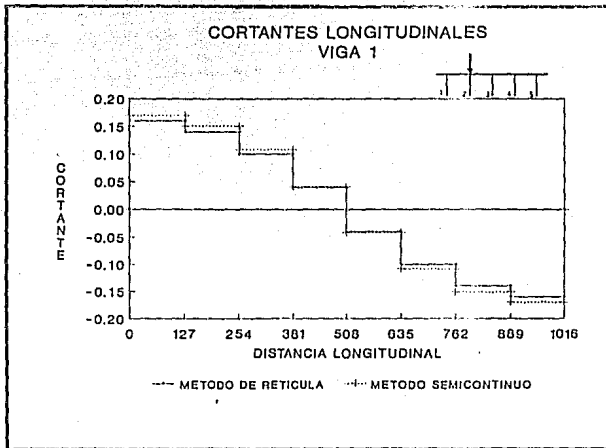


Figura 5.35.

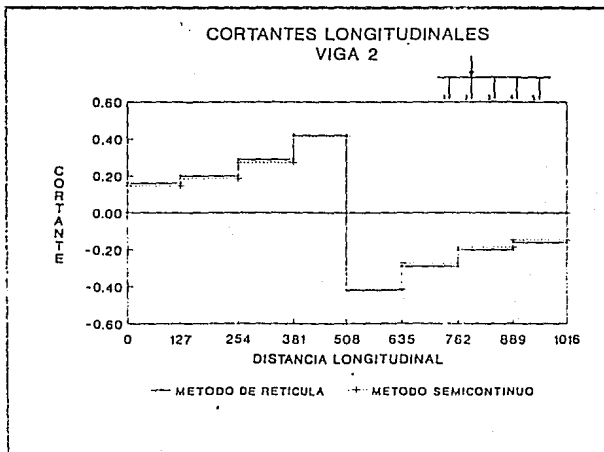


Figura 5.36

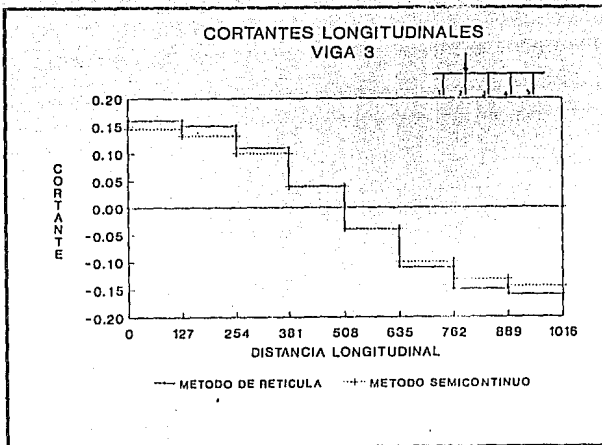


Figura 5.37

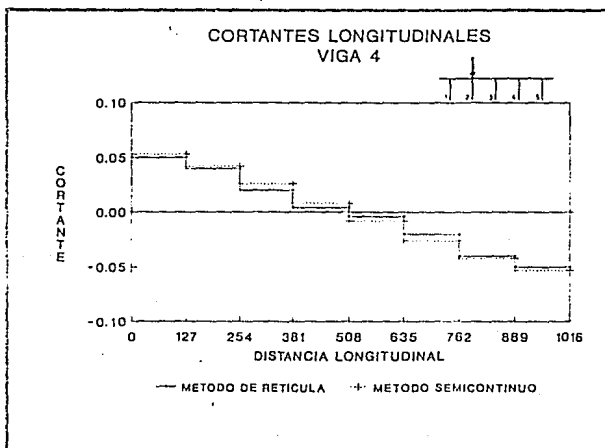


Figura 5.38



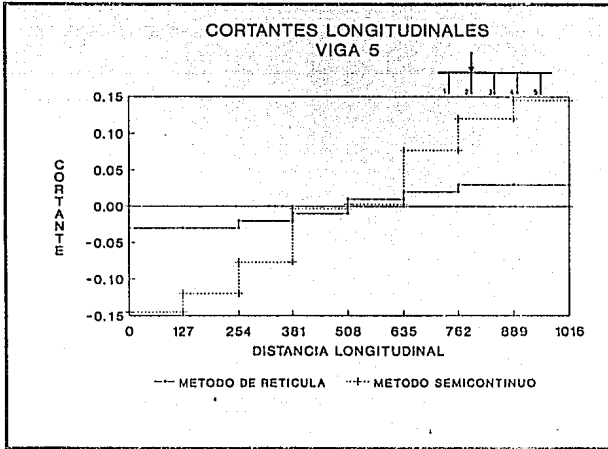


Figura 5.39

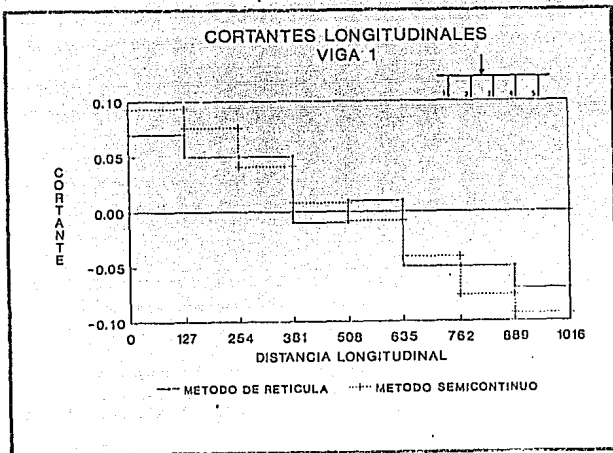


Figura 5.40

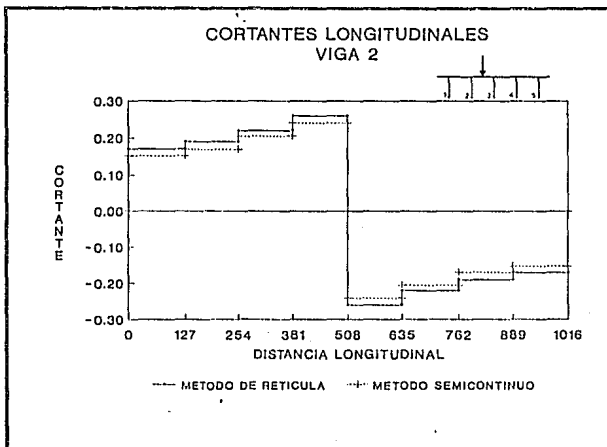


Figura 5.41

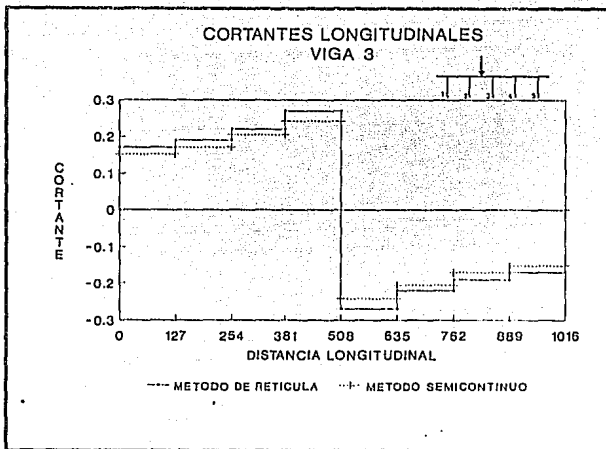


Figura 5.42

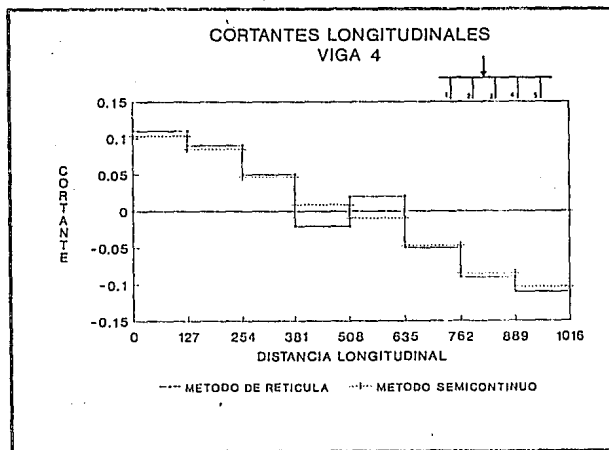


Figura 5.43

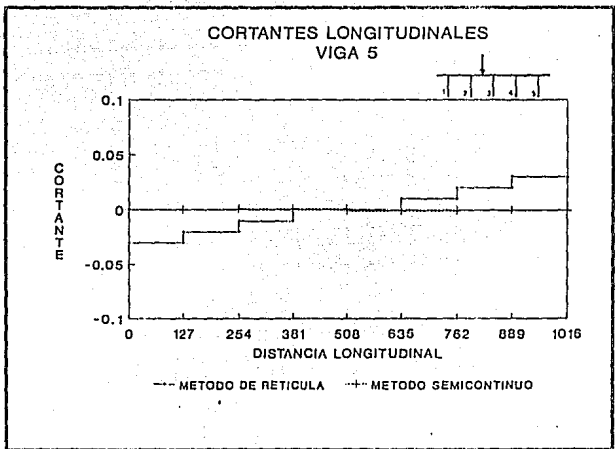


Figura 5.44

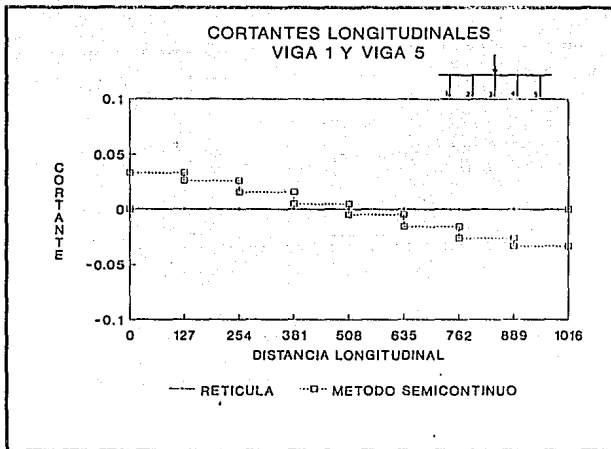


Figura 5.45

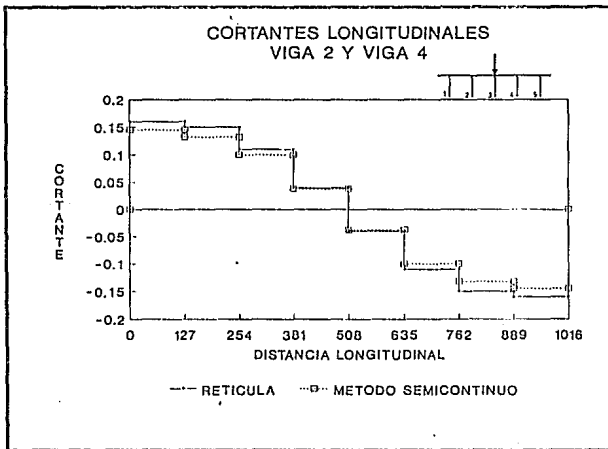


Figura 5.46

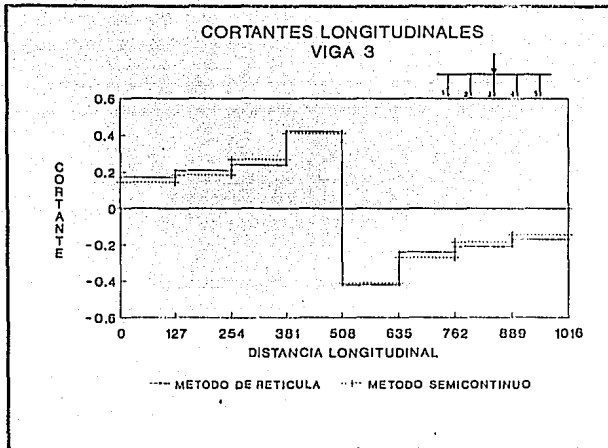


Figura 5.47

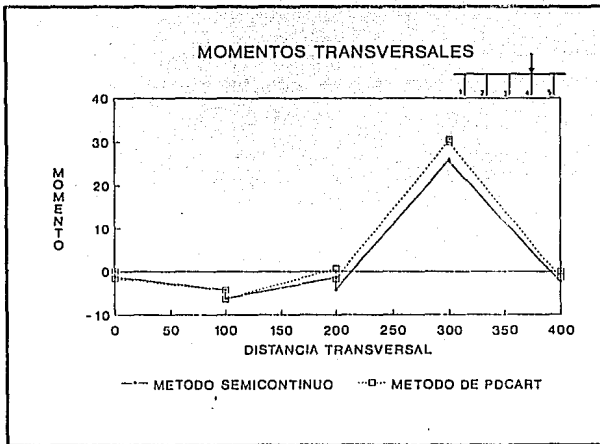


Figura 5.48

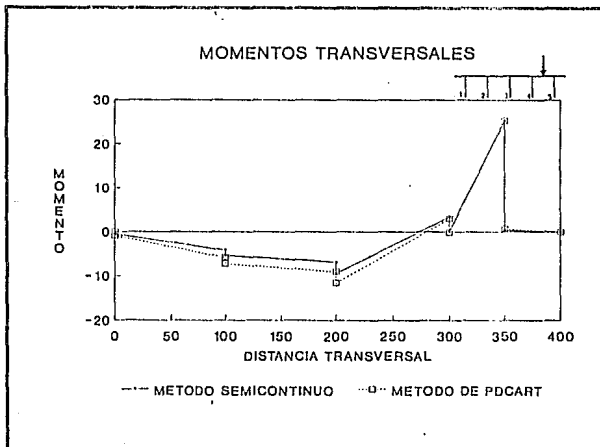


Figura 5.49

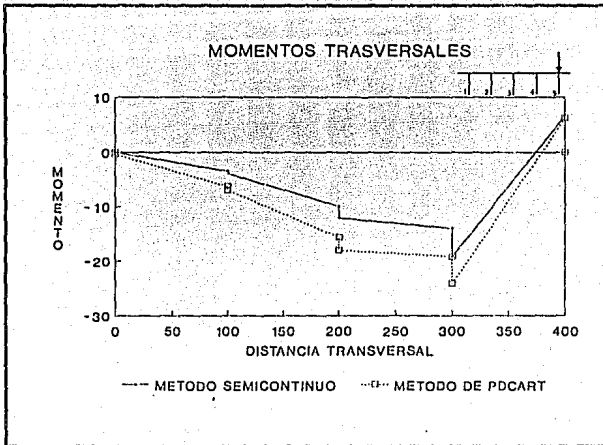


Figura 5.50



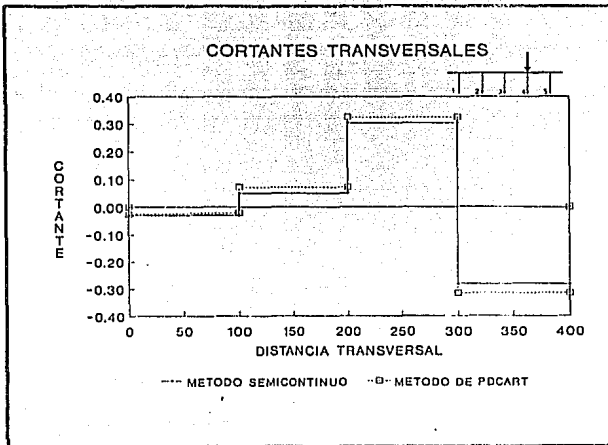


Figura 5.51

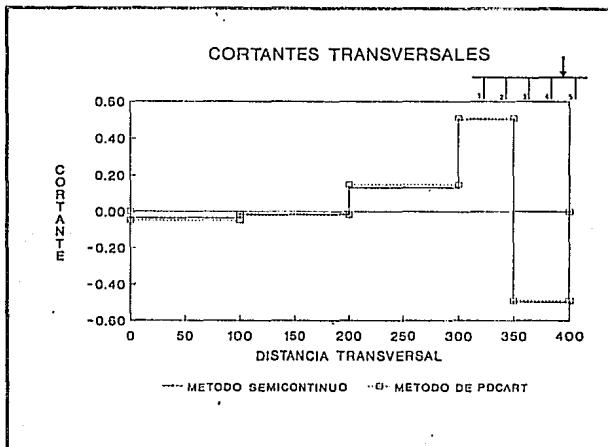


Figura 5.52

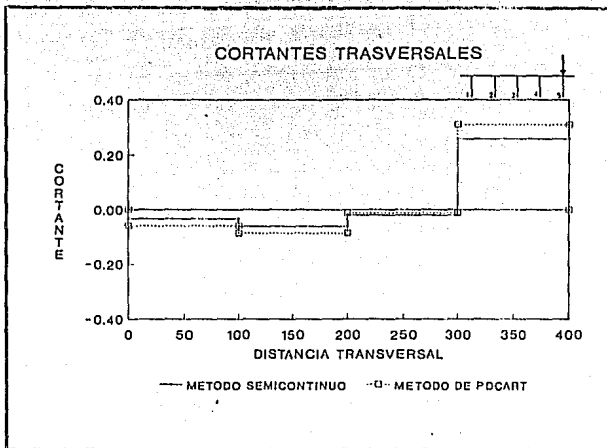


Figura 5.53

## EJEMPLO No. 2

### DATOS DEL PUENTE:

CLARO DEL PUENTE.	30 m
ESPACIAMIENTO ENTRE VIGAS.	4.75 m
ESPESOR DE LOSA.	0.20 m
MODULO DE ELASTICIDAD E DEL MATERIAL DE VIGAS Y LOSA.	$2 \times 10^6 \text{ T/m}^2$
MODULO DE CORTANTE G DEL MATERIAL DE VIGAS Y LOSA.	$8 \times 10^5 \text{ T/m}^2$
MOMENTO DE INERCIA I DE LAS VIGAS.	$0.605 \text{ m}^4$
INERCIA A LA TORSION J DE LAS VIGAS.	$0.610 \text{ m}^4$



ENTRADA DE DATOS DEL SAP90 PARA EL ANALISIS DE LA RETICULA

TITLE EJEMPLO 2

SYSTEM  
L=3 R=0

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
7	X=30	Y=0	Z=0	G=1,7,1
8	X=0	Y=2.5	Z=0	
14	X=30	Y=2.5	Z=0	G=8,14,1
15	X=0	Y=7.25	Z=0	
21	X=30	Y=7.25	Z=0	G=15,21,1
22	X=0	Y=12	Z=0	
28	X=30	Y=12	Z=0	G=22,28,1
29	X=0	Y=14.5	Z=0	
35	X=30	Y=14.5	Z=0	G=29,35,1

RESTRAINTS

1,29,7	R=1,1,1,0,0,0
7,35,7	R=1,1,1,0,0,0

FRAME

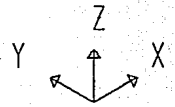
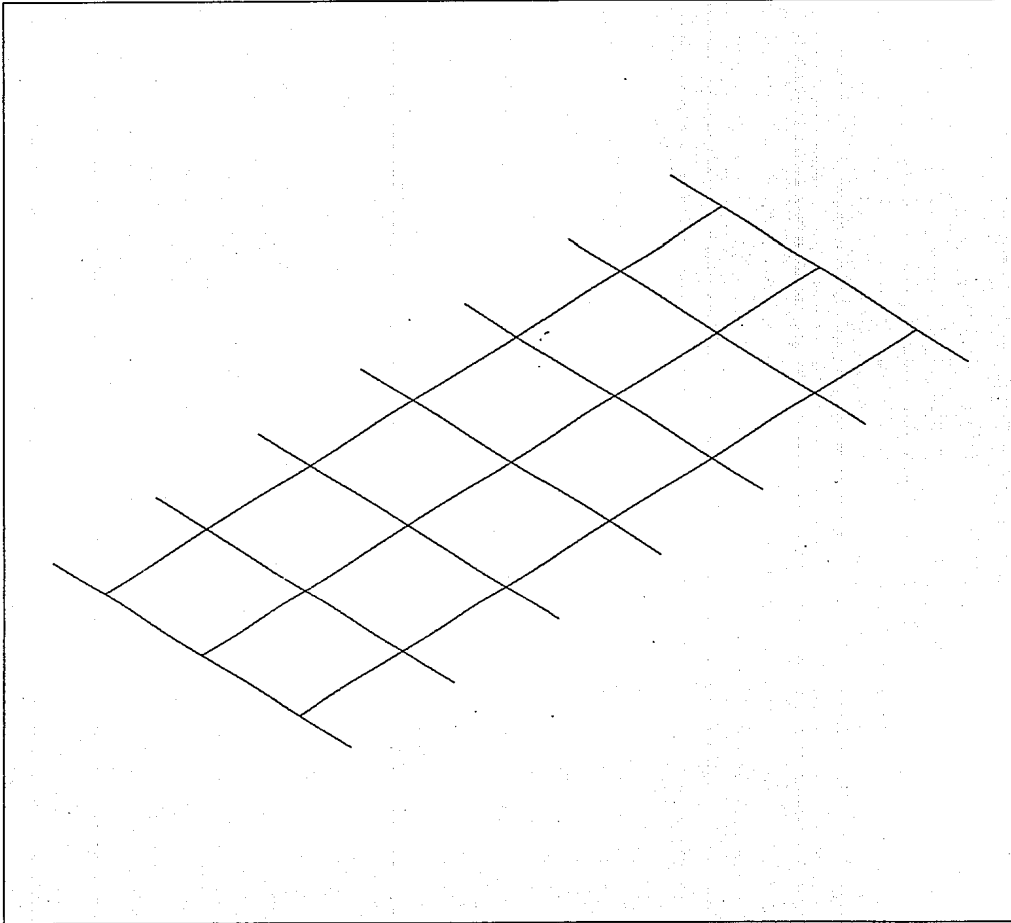
NM=2	NL=1				
1	I=0.1,0.604	J=0.61	A=2.737	E=2000000	G=800000
2	I=0.00245,.00245	J=.0049	A=0.81	E=2000000	G=800000
1	PLD=2.375,0,-1				

C ELEMENTOS

1,8,9	G=5,1,1,1	M=1	LP=1
7,15,16	G=5,1,1,1	M=1	
13,22,23	G=5,1,1,1	M=1	
19,1,8	G=3,1,7,7	M=2	
23,2,9	G=3,1,7,7	M=2	
27,3,10	G=3,1,7,7	M=2	
31,4,11		M=2	
32,11,18	NSL=1	M=2	
33,18,25		M=2	
34,25,32		M=2	
35,5,12	G=3,1,7,7	M=2	
39,6,13	G=3,1,7,7	M=2	
43,7,14	G=3,1,7,7	M=2	

LOADS

11	L=2	F=0,0,-1
18	L=3	F=0,0,-1



ejem2  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
WIRE FRAME

SAP90

ENTRADA DE DATOS DEL PROGRAMA SECAN1,  
PARA EL ANALISIS DE PUENTES POR EL METODO SEMICONTINUO

EJEMPLO 2

5,3,30,2E6,8E5  
4.75,4.75  
0.605,0.605,0.605  
0.617,0.617,0.617  
0.19,2E6,8E5  
1  
1  
15  
1  
9.5  
4  
0,5,10,15

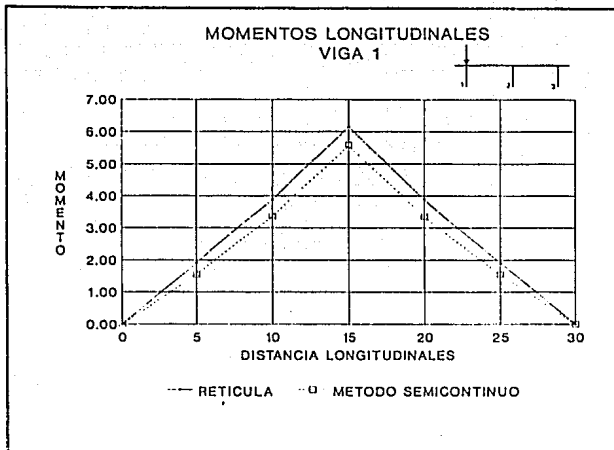


Figura 5.55

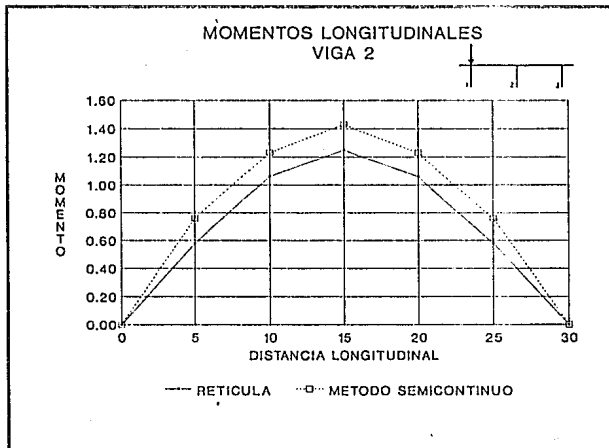


Figura 5.56



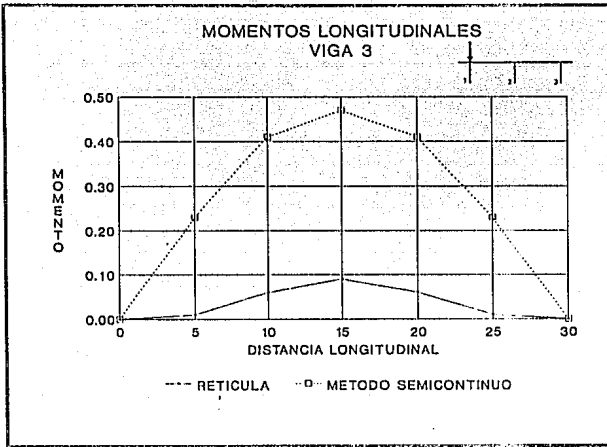


Figura 5.57

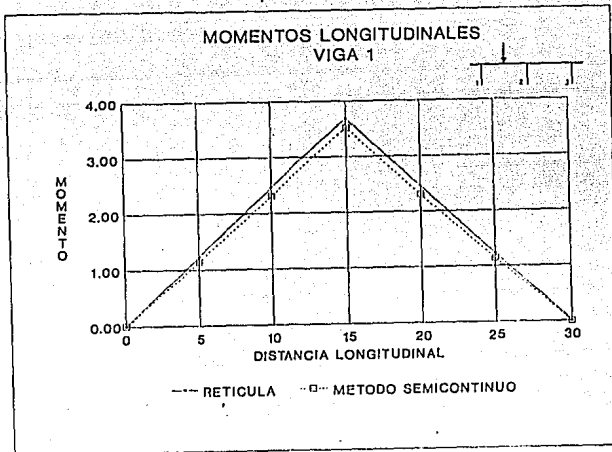


Figura 5.58

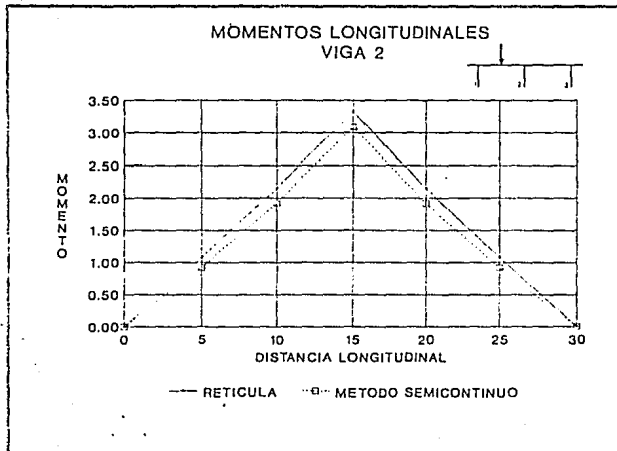


Figura 5.59

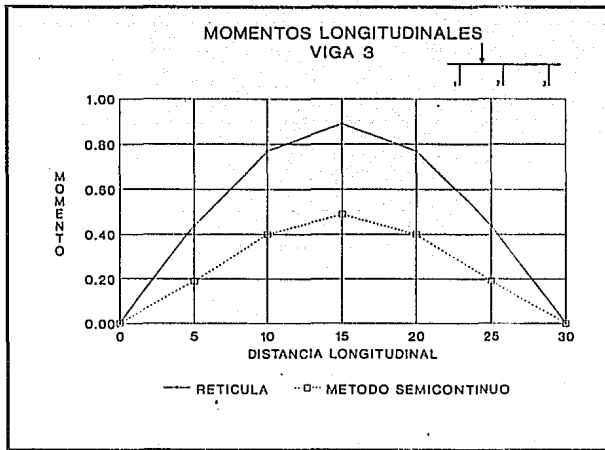


Figura 5.60

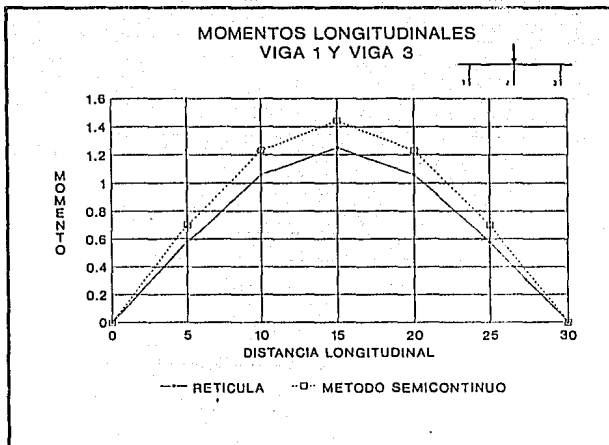


Figura 5.61

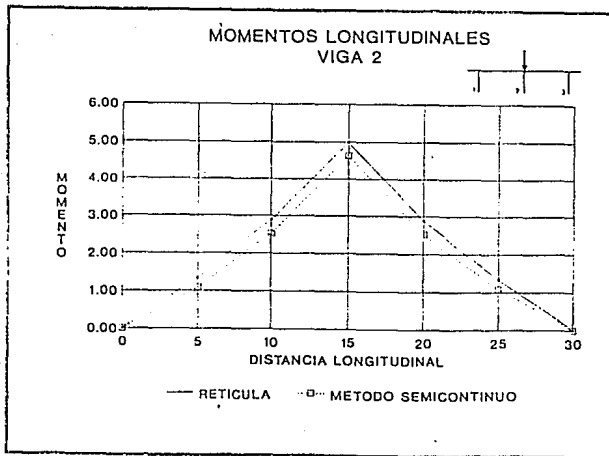


Figura 5.62

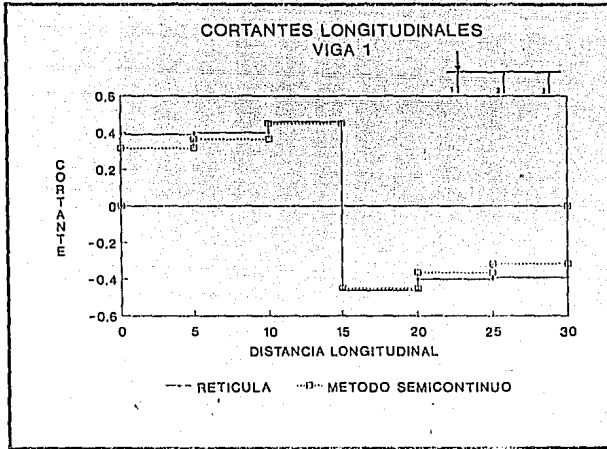


Figura 5.63

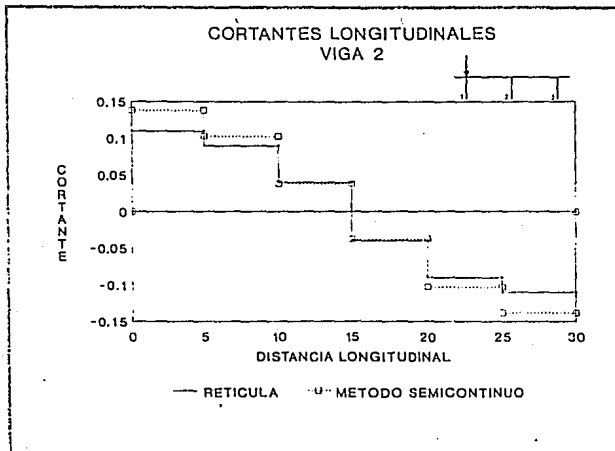


Figura 5.64

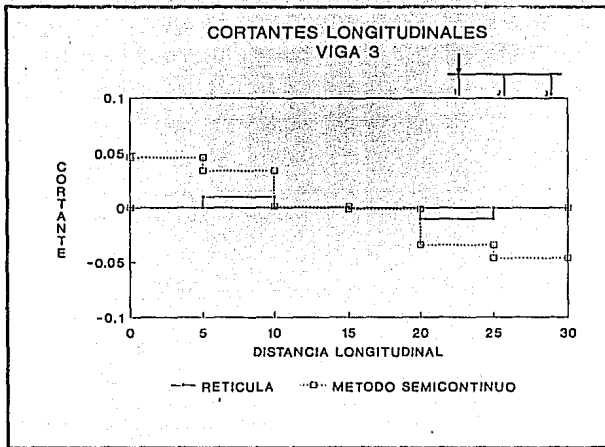


Figura 5.65

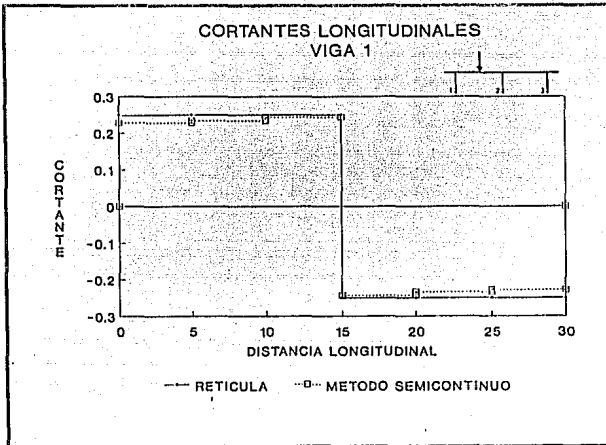


Figura 5.66

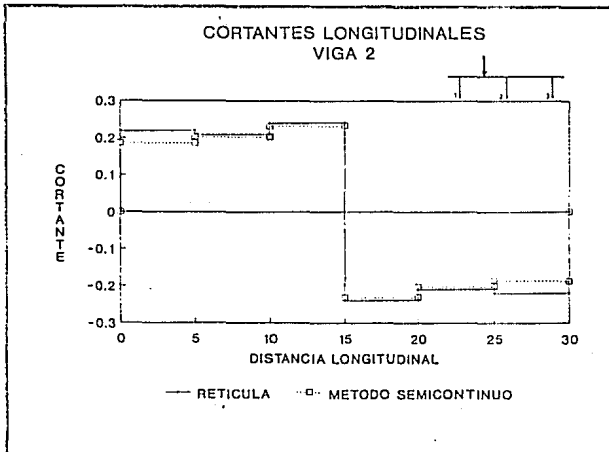


Figura 5.67

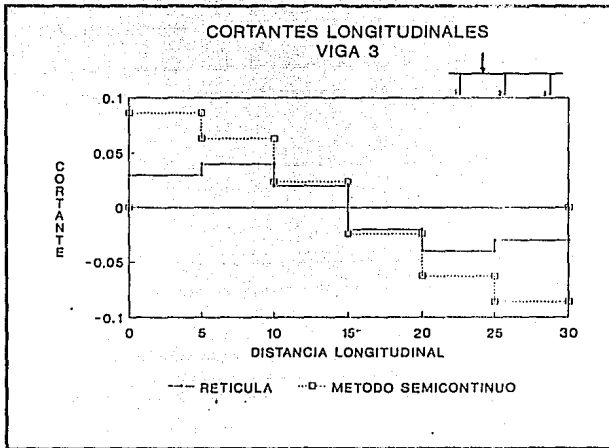


Figura 5.68



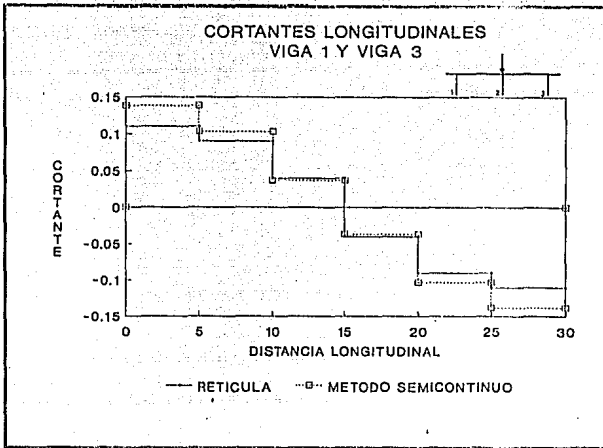


Figura 5.69

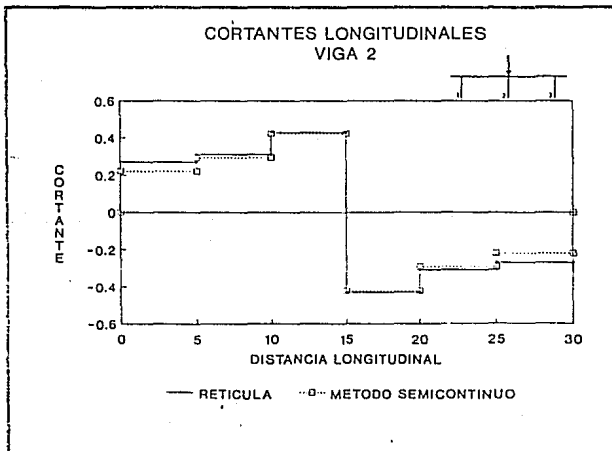


Figura 5.70

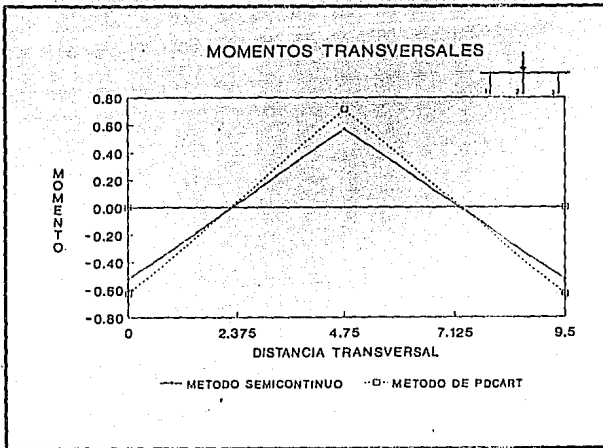


Figura 5.71

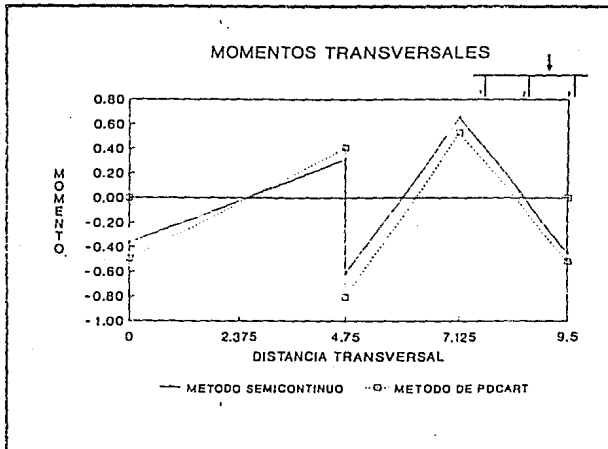


Figura 5.72

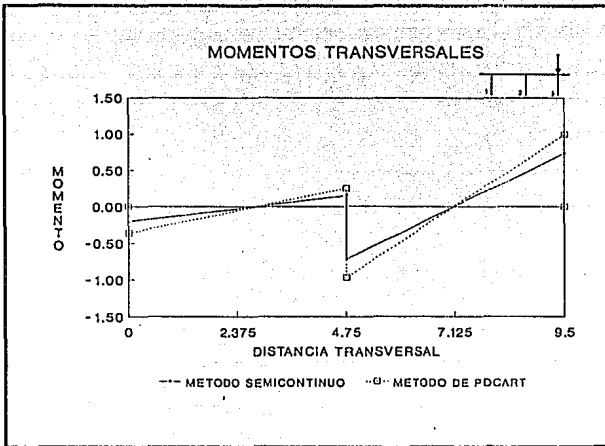


Figura 5.73

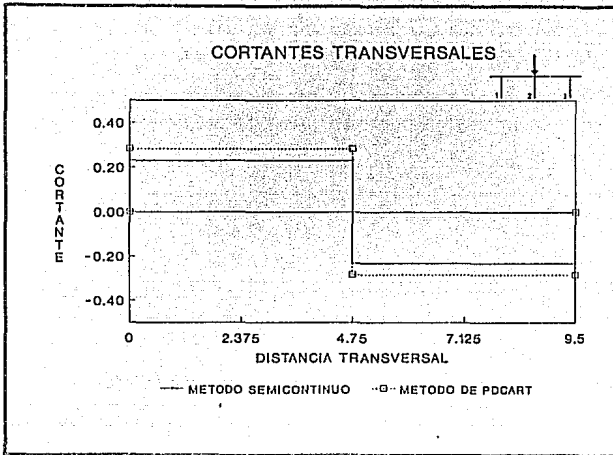


Figura 5.74

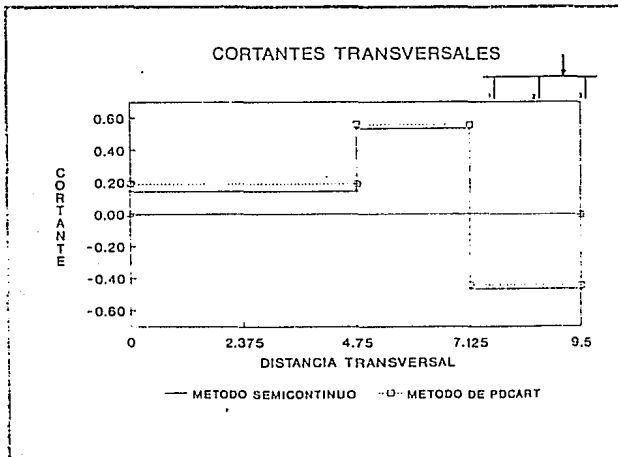


Figura 5.75

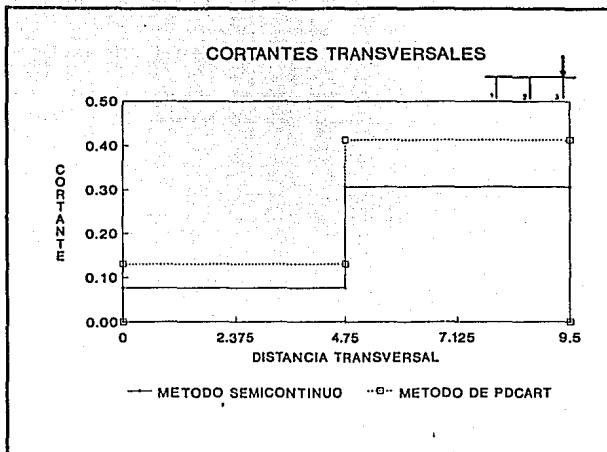


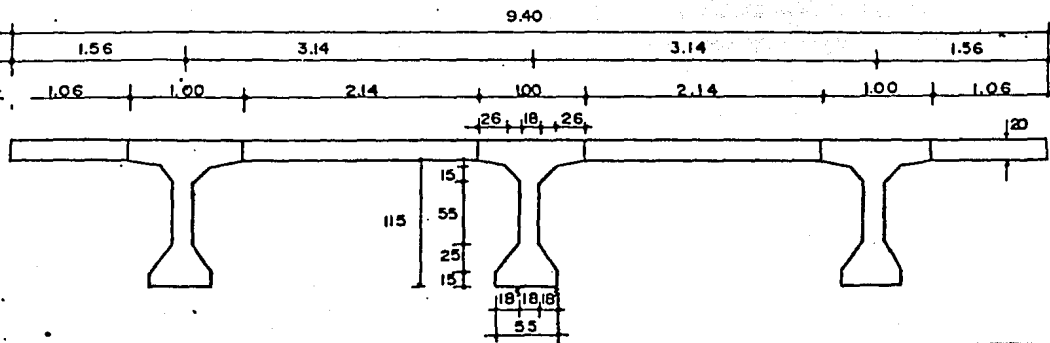
Figura 5.76

## EJEMPLO No. 3

### DATOS DEL PUENTE:

CLARO DEL PUENTE.	24 m
ESPACIAMIENTO ENTRE VIGAS.	3.14 m
ESPESOR DE LA LOSA.	0.19 m
MODULO DE ELASTICIDAD E DEL MATERIAL DE VIGAS Y LOSA.	$2 \times 10^6 \text{ T/m}^2$
MODULO DE CORTANTE G DEL MATERIAL DE VIGAS Y LOSA.	$8 \times 10^5 \text{ T/m}^2$
MOMENTO DE INERCIA I DE LAS VIGAS.	$0.1768 \text{ m}^4$
INERCIA A LA TOSION J DE LAS VIGAS.	

CORTE A-A



PLANTA

EJES DE APOYOS

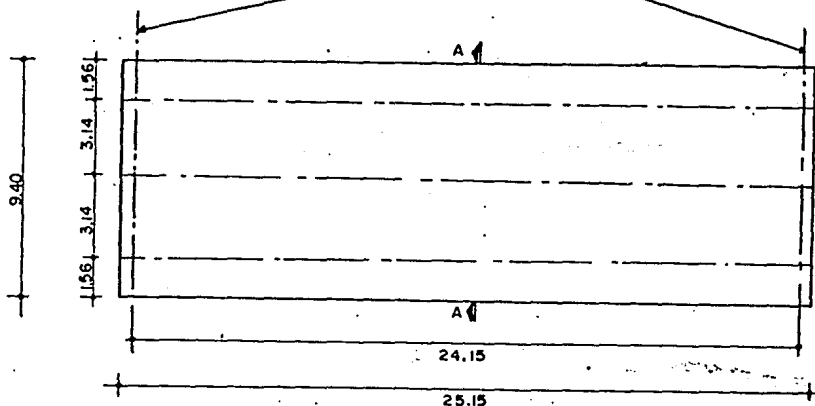


Figura 5.77 Seccion transversal y planta del puente. (Ref 6).

ENTRADA DE DATOS DEL SAP90 PARA EL ANALISIS DE LA RETICULA

TITLE EJEMPLO 3

SYSTEM  
L=3 R=0

JOINTS

1	X=0	Y=0	Z=0	
7	X=24	Y=0	Z=0	G=1,7,1
8	x=0	y=1.56	z=0	
14	X=24	Y=1.56	Z=0	G=8,14,1
15	X=0	Y=4.70	Z=0	
21	X=24	Y=4.70	Z=0	G=15,21,1
22	X=0	Y=7.84	Z=0	
28	X=24	Y=7.84	Z=0	G=22,28,1
29	X=0	Y=9.4	Z=0	
35	X=24	Y=9.4	Z=0	G=29,35,1

RESTRAINTS

1,29,7	R=1,1,1,0,0,0
7,35,7	R=1,1,1,0,0,0

FRAME

NM=3	NL=1				
1	I=.01,.1768	A=0.9852	E=2000000	J=0.0032	G=800000
2	I=.00266,0.00266	A=0.8	E=2000000	J=0.0052	G=800000
3	I=0.0013,0.0013	A=0.4	E=2000000	J=0.00266	G=800000

1 PLD=1.57,0,-1

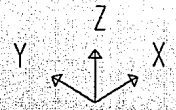
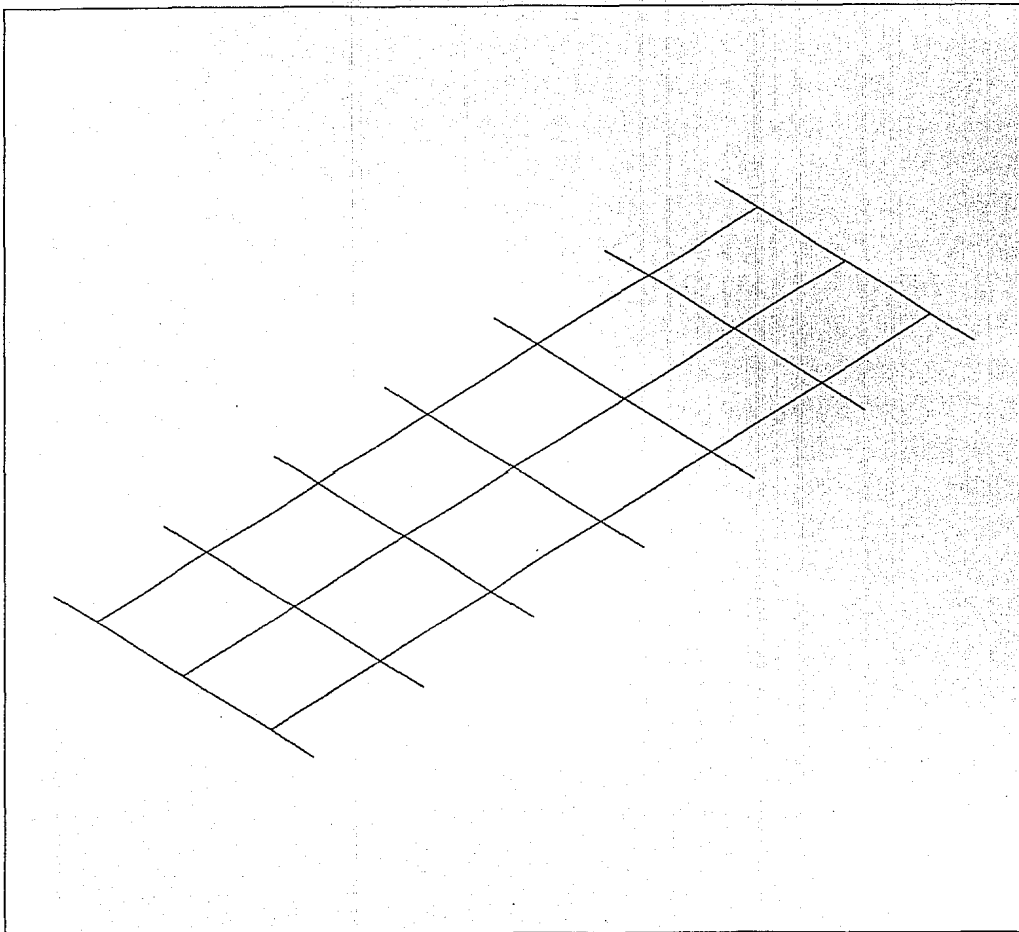
C ELEMENTOS

1,1,8	G=3,7,7,7	LP=1	M=3
2,2,9	G=4,1,1,1		M=2
7,7,14	G=3,7,7,7		M=3
9,9,16	G=1,1,1,1		M=2
11,11,18	NSL=1		M=2
12,12,19	G=1,1,1,1		M=2
16,16,23	G=4,1,1,1		M=2
23,23,30	G=4,1,1,1		M=2
29,8,9	G=5,1,1,1		M=1
35,15,16	G=5,1,1,1		M=1
41,22,23	G=5,1,1,1		M=1

LOADS

11	L=2	F=0,0,-1
18	L=3	F=0,0,-1





EJEM3  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
WIRE FRAME

SAP90

ENTRADA DE DATOS DEL PROGRAMA SECANI,  
PARA EL ANALISIS DE PUENTES POR EL METODO SEMICONTINUO

EJEMPLO 3

5,3,25,2E6,8E5  
3.14,3.14  
0.1768,0.1768,0.1768  
0.0032,0.0032,0.0032  
0.20,2E6,8E5  
1  
1  
12  
1  
6.28  
4  
0,4,8,12

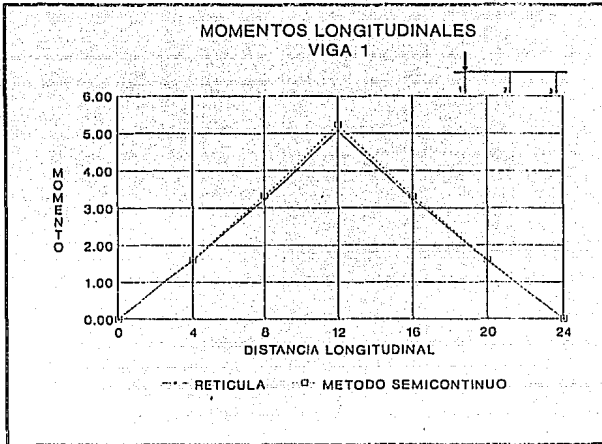


Figura 5.78

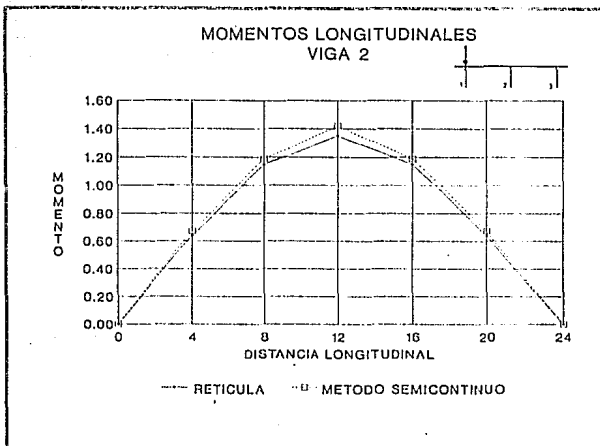


Figura 5.79

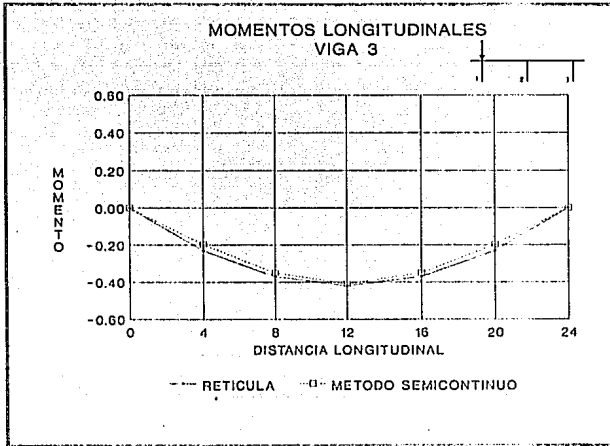


Figura 5.80

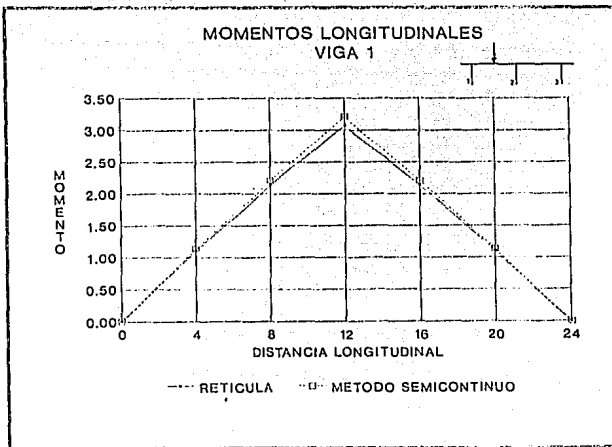


Figura 5.81

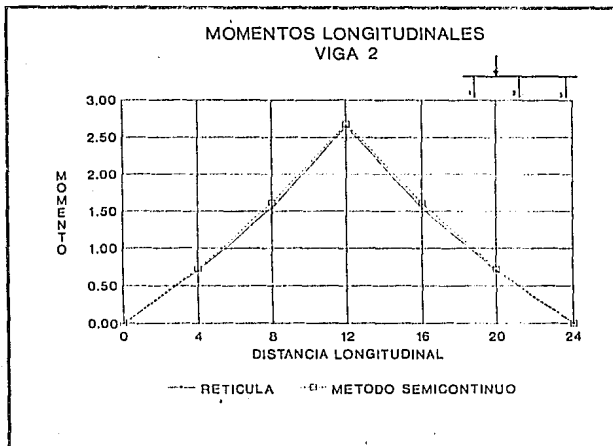


Figura 5.82

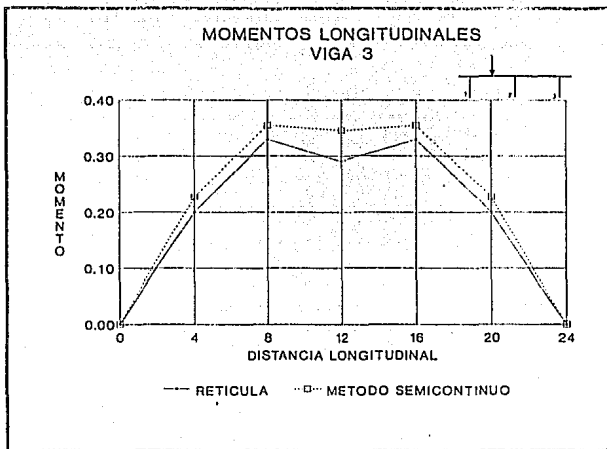


Figura 5.83

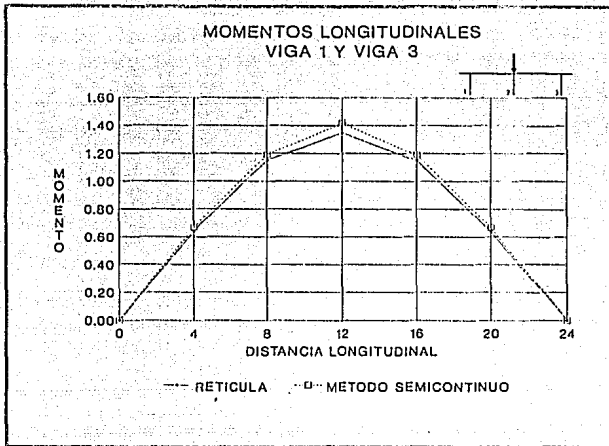


Figura 5.84

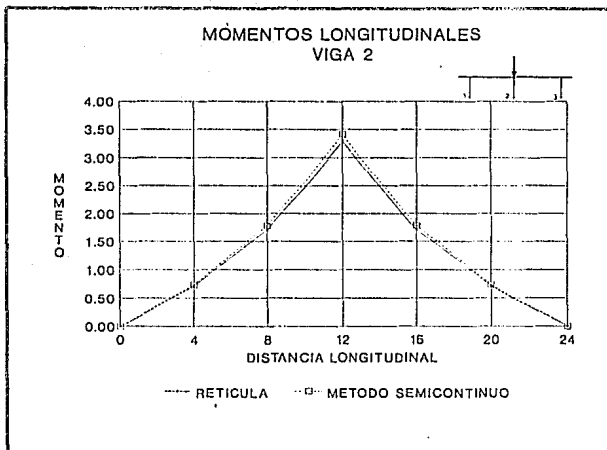


Figura 5.85

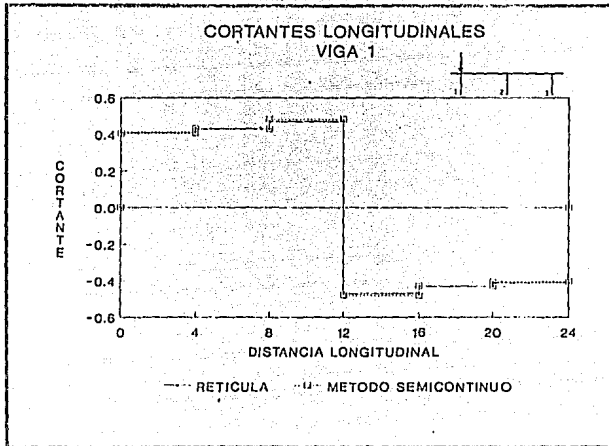


Figura 5.86

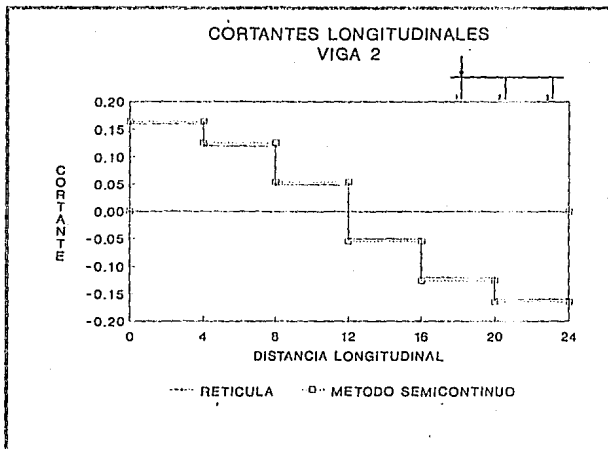
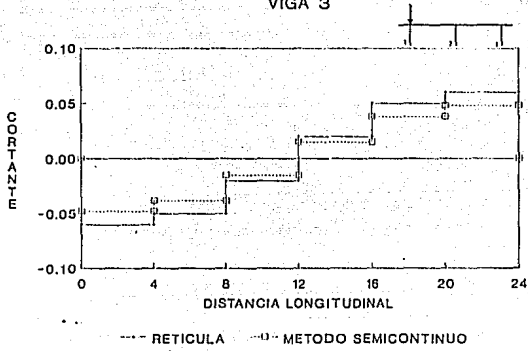


Figura 5.87



CORTANTES LONGITUDINALES  
VIGA 3



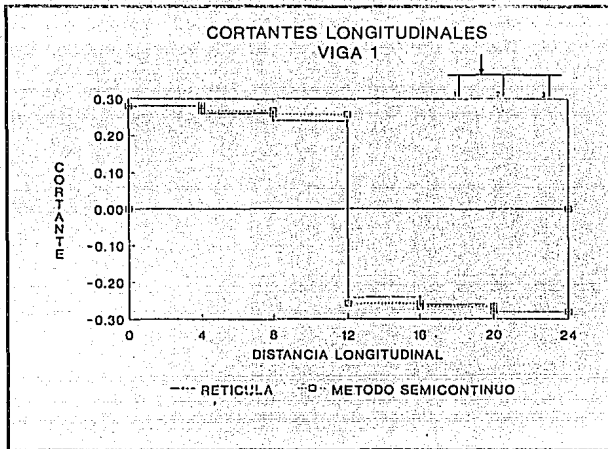


Figura 5.88

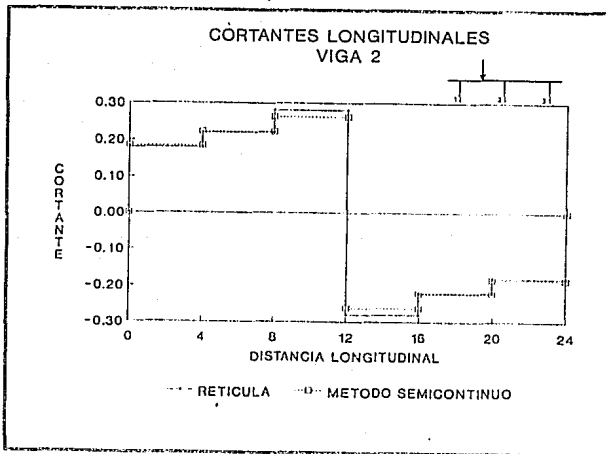


Figura 5.89

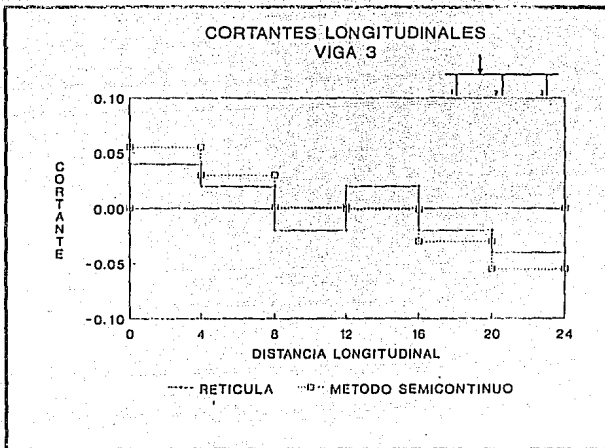


Figura 5.90

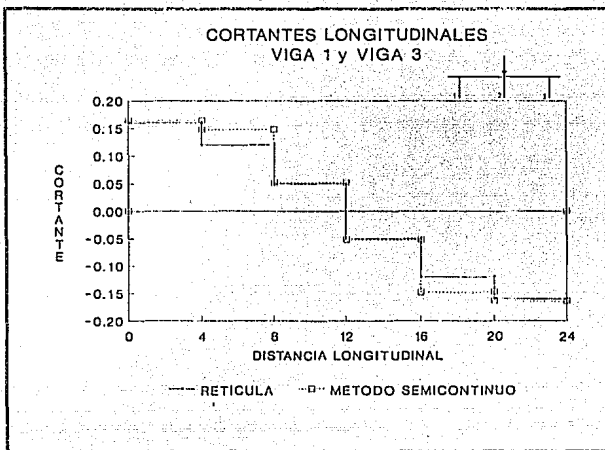


Figura 5.91

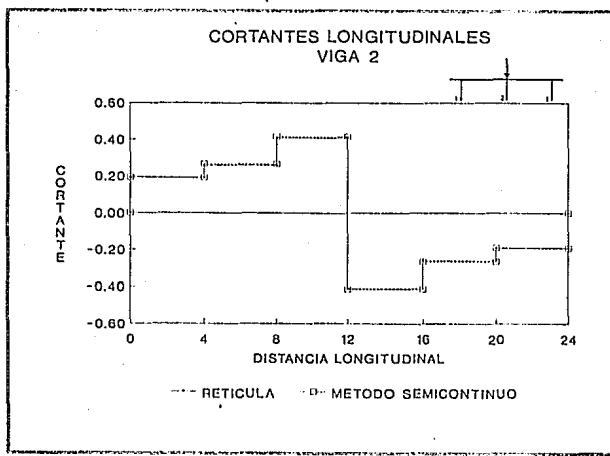


Figura 5.92

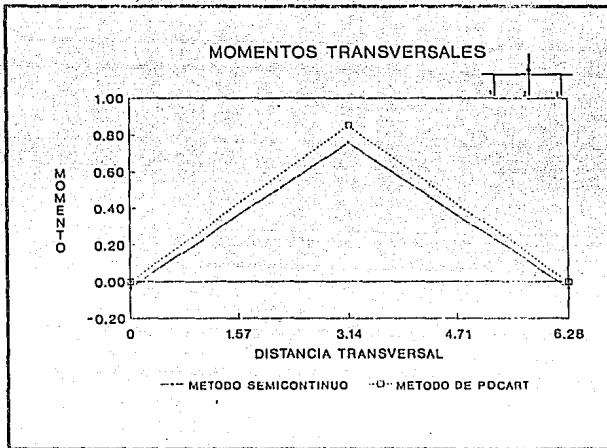


Figura 5.93

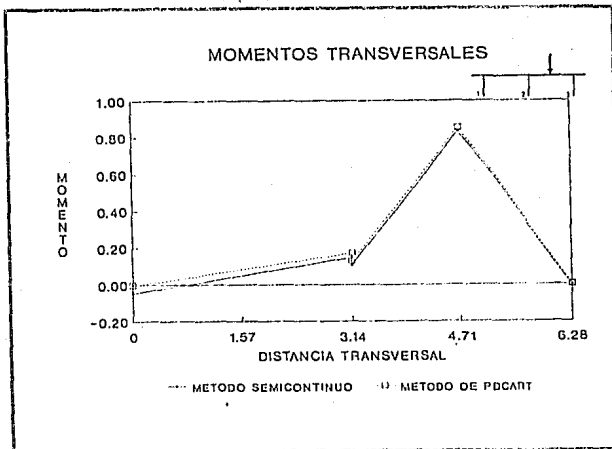


Figura 5.94

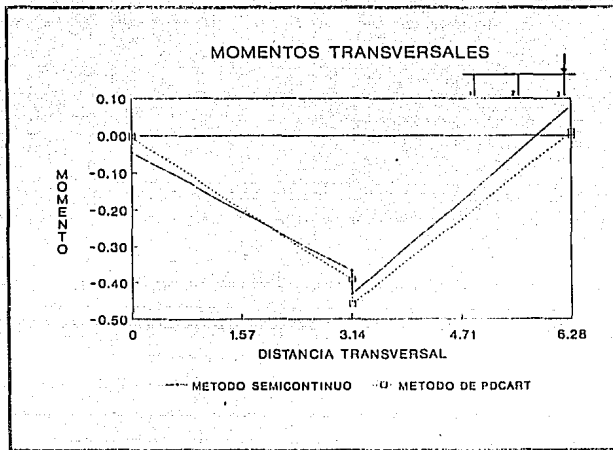


Figura 5.95

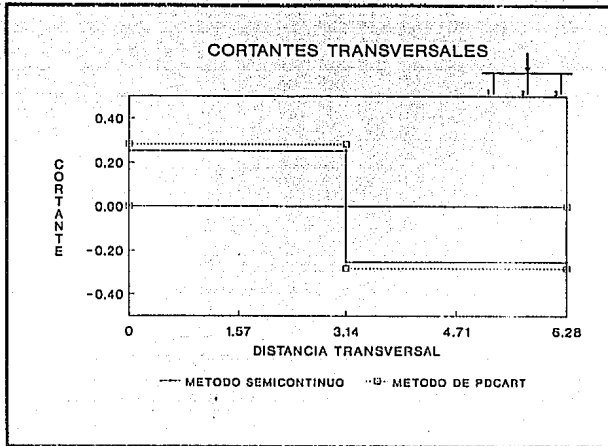


Figura 5.96

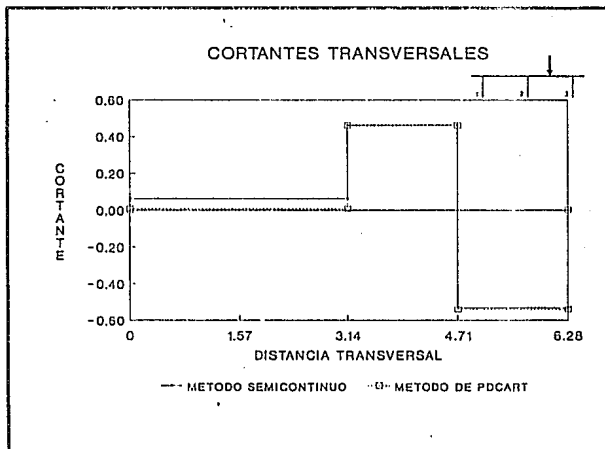


Figura 5.97

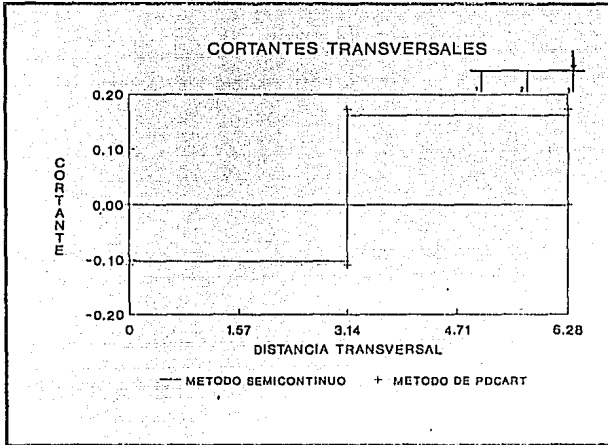


Figura 5.98



RESULTADOS DEL PROGRAMA

SECAN1, ANALISIS DE Puentes POR EL METODO SEMICONTINUO

NUMERO DE HARMONICOS : 5  
NUMERO DE VIGAS : 3  
CLARO DEL PUENTE : 25.0

INFORMACION DE VIGAS :  
\*\*\*\*\*

MODULO DE ELASTICIDAD : .2000E+07

MODULO DE CORTANTE : .8000E+06

VIGA NO.	MOMENTO DE INERCIA	INERCIA A LA TORSION
1	.1768E+00	.3200E-02
2	.1768E+00	.3200E-02
3	.1768E+00	.3200E-02

ESPACIAMIENTO DE VIGAS :  
\*\*\*\*\*

PANEL NO.	ESPACIAMIENTO DE VIGAS	DISTANCIA A LA VIGA DE LA IZQ.
1	3.14	3.14
2	3.14	6.28

INFORMACION DE LA LOSA :  
\*\*\*\*\*

ESPESOR	MODULO DE ELASTICIDAD	MODULO DE CORTANTE
.20	.2000E+07	.8000E+06

INFORMACION DE CARGAS :  
\*\*\*\*\*

NO. DE CARGAS EN UNA LINEA LONGITUDINAL : 1

CARGA NO.	VALOR DE LA CARGA	DISTANCIA AL APOYO DE LA IZQ.
1	1.00	12.00

NUMERO DE LINEAS DE CARGA : 1

LINE DE DISTANCIA A LA  
CARGA NO. VIGA DE LA IZQ.

1 3.14

NO. DE PUNTOS DE REFERENCIA : 4

PUNTOS DE REFERENCIA : 1 2 3 4

DISTANCIA AL APOYO DE LA IZQ.:00 4.00 8.00 12.00

COEFICIENTE DE MOMENTO DEBIDO A UNA LINEA DE RUEDAS

\*\*\*\*\*

-----  
HARMONICO COEFICIENTE DE MOMENTO  
NO.

-----  
1 .5056E+01  
2 .1587E+00  
3 -.5529E+00  
4 -.7874E-01  
5 .1927E+00

R VECTOR:

\*\*\*\*\*

-----  
LINEA TERM  
NO.

-----  
1 1.000  
2 .500  
3 .000  
4 1.000  
5 .000  
6 1.000

CALCULO DE CONST. PARA EL HARMONICO NO.: 15

-----  
PANEL

PANEL NO.	K	MLC	C	LAMDA	ALFA	MU
1	.4464E+07	.9096E+04	.1207E+04	.2704E-03	.1158E-03	.2067E-03
2	.4464E+07	.9096E+04	.1207E+04	.2704E-03	.1158E-03	.2067E-03
3	.4464E+07	.9096E+04	.1207E+04	.0000E+00	.1158E-03	.2067E-03

CALCULO DE LA MATRIZ A PARA EL HARMONICO NO.: 15

1.0000	1.0000	1.0000	.0000	.0000	.0000
-.0001	.5000	1.0001	.0001	.0001	.0001
1.0003	-.0003	.0000	-.0004	.0000	.0000
4.0008	.9995	-.0003	-.0008	-.0004	.0000
1.0002	-.0002	.0000	-.0007	.0000	.0000
8.0018	.9984	-.0002	-.0026	-.0006	.0000

COEF.DE CORRELACION

\*\*\*\*\*

B 1 =	.00037
B 2 =	.99926
B 3 =	.00037
B 4 =	.23607
B 5 =	.00149
B 6 =	-.23494

CALCULO DE CONST. PARA EL HARMONICO NO.: 1

PANEL NO.	K	MLC	C	LAMDA	ALFA	MU
1	.8818E+02	.4043E+02	.5364E+01	.6084E-01	.5861E+01	.4650E-01
2	.8818E+02	.4043E+02	.5364E+01	.6084E-01	.5861E+01	.4650E-01
3	.8818E+02	.4043E+02	.5364E+01	.0000E+00	.5861E+01	.4650E-01

CALCULO DE LA MATRIZ A PARA EL HARMONICO NO.: 1

1.0000	1.0000	1.0000	.0000	.0000	.0000
-.0304	.5000	1.0304	.0232	.0232	.0232
1.0608	-.0608	.0000	-1.0698	.9769	.0000
4.1825	.8783	-.0608	-1.1628	-.0930	.9769
-1.8697	2.8697	.0000	-3.0701	.0000	.0000
5.4953	.6350	2.8697	-6.4191	-.1395	.0000

COEF.DE CORRELACION  
\*\*\*\*\*

B 1 = .27669  
 B 2 = .44662  
 B 3 = .27669  
 B 4 = .24896  
 B 5 = .00000  
 B 6 = -.24896

CALCULO DE CONST. PARA EL HARMONICO NO.: 2

PANEL NO.	K	MLC	C	LAMDA	ALFA	MU
1	.1411E+04	.1617E+03	.2146E+02	.1521E-01	.3663E+00	.1162E-01
2	.1411E+04	.1617E+03	.2146E+02	.1521E-01	.3663E+00	.1162E-01
3	.1411E+04	.1617E+03	.2146E+02	.0000E+00	.3663E+00	.1162E-01

CALCULO DE LA MATRIZ A PARA EL HARMONICO NO.: 2

1.0000	1.0000	1.0000	.0000	.0000	.0000
-.0076	.5000	1.0076	.0058	.0058	.0058
1.0152	-.0152	.0000	-.0843	.0611	.0000
4.0456	.9696	-.0152	-.1076	-.0232	.0611
.8320	.1680	.0000	-.2180	.0000	.0000
7.9233	.9087	.1680	-.5058	-.0349	.0000

COEF.DE CORRELACION  
\*\*\*\*\*

B 1 = .09387  
 B 2 = .81226  
 B 3 = .09387  
 B 4 = .98390  
 B 5 = .00000  
 B 6 = -.98390

CALCULO DE CONST. PARA EL HARMONICO NO.: 3

PANEL NO.	K	MLC	C	LAMDA	ALFA	MU
1	.7142E+04	.3638E+03	.4828E+02	.6760E-02	.7236E-01	.5167E-02
2	.7142E+04	.3638E+03	.4828E+02	.6760E-02	.7236E-01	.5167E-02
3	.7142E+04	.3638E+03	.4828E+02	.0000E+00	.7236E-01	.5167E-02

CALCULO DE LA MATRIZ A PARA EL HARMONICO NO.: 3

1.0000	1.0000	1.0000	.0000	.0000	.0000
-.0034	.5000	1.0034	.0026	.0026	.0026
1.0068	-.0068	.0000	-.0224	.0121	.0000
4.0203	.9865	-.0068	-.0327	-.0103	.0121
.9706	.0294	.0000	-.0517	.0000	.0000
8.0111	.9594	.0294	-.1344	-.0155	.0000

COEF.DE CORRELACION  
\*\*\*\*\*

B 1 =	.03120
B 2 =	.93760
B 3 =	.03120
B 4 =	1.11974
B 5 =	-.00001
B 6 =	-1.11975

CALCULO DE CONST. PARA EL HARMONICO NO.: 4

PANEL NO.	K	MLC	C	LAMDA	ALFA	MU
1	.2257E+05	.6468E+03	.8583E+02	.3802E-02	.2289E-01	.2906E-02
2	.2257E+05	.6468E+03	.8583E+02	.3802E-02	.2289E-01	.2906E-02
3	.2257E+05	.6468E+03	.8583E+02	.0000E+00	.2289E-01	.2906E-02

CALCULO DE LA MATRIZ A PARA EL HARMONICO NO.: 4

1.0000	1.0000	1.0000	.0000	.0000	.0000
-.0019	.5000	1.0019	.0015	.0015	.0015
1.0038	-.0038	.0000	-.0096	.0038	.0000
4.0114	.9924	-.0038	-.0154	-.0058	.0038
.9924	.0076	.0000	-.0202	.0000	.0000
8.0152	.9772	.0076	-.0578	-.0087	.0000

COEF.DE CORRELACION

\*\*\*\*\*

B 1 = .01368  
 B 2 = .97265  
 B 3 = .01368  
 B 4 = 1.04174  
 B 5 = .00001  
 B 6 = -1.04173

CALCULO DE CONST. PARA EL HARMONICO NO.: 5

PANEL NO.	K	MLC	C	LAMDA	ALFA	MU
1	.5511E+05	.1011E+04	.1341E+03	.2433E-02	.9378E-02	.1860E-02
2	.5511E+05	.1011E+04	.1341E+03	.2433E-02	.9378E-02	.1860E-02
3	.5511E+05	.1011E+04	.1341E+03	.0000E+00	.9378E-02	.1860E-02

CALCULO DE LA MATRIZ A PARA EL HARMONICO NO.: 5

1.0000	1.0000	1.0000	.0000	.0000	.0000
-.0012	.5000	1.0012	.0009	.0009	.0009
1.0024	-.0024	.0000	-.0053	.0016	.0000
4.0073	.9951	-.0024	-.0090	-.0037	.0016
.9977	.0023	.0000	-.0103	.0000	.0000
8.0123	.9854	.0023	-.0317	-.0056	.0000

COEF.DE CORRELACION

\*\*\*\*\*

B 1 = .00724  
 B 2 = .98552  
 B 3 = .00724  
 B 4 = .91998  
 B 5 = .00001  
 B 6 = -.91997

SALIDA PARA LOS ARMONICS NO. = 5

MOMENTOS EN LAS VIGAS:  
\*\*\*\*\*

PUNTO DE REF. NO.:	1	2	3	4
DIST. AL APOYO DE LA IZQ.:	.0	4.0	8.0	12.0

VIGA NO.	MOMENTOS			
1	.0000E+00	.6692E+00	.1192E+01	.1417E+01
2	.0000E+00	.7417E+00	.1776E+01	.3406E+01
3	.0000E+00	.6692E+00	.1192E+01	.1417E+01

CORTANTES EN VIGAS:  
\*\*\*\*\*

PUNTO DE REF. NO.:	1	2	3	4
DIST. AL APOYO DE LA IZQ.:	.0	4.0	8.0	12.0

VIGA NO.	CORTANTES			
1	.1734E+00	.1552E+00	.9965E-01	.8468E-02
2	.1733E+00	.2096E+00	.3207E+00	.5031E+00
3	.1734E+00	.1552E+00	.9965E-01	.8467E-02

DISTANCIA X	CORTANTE LIBRE	MOMENTO LIBRE
.00	.52	.00
4.00	.52	2.08
8.00	.52	4.16
12.00	.52	6.24

DEFLECCION EN VIGAS:  
\*\*\*\*\*

PUNTO DE REF. NO.	1	2	3	4
DIST. AL APOYO DE LA IZQ.:	.0	4.0	8.0	12.0

VIGA NO.	DEFLECCION			
1	.0000E+00	.1209E-03	.2121E-03	.2505E-03
2	.0000E+00	.1895E-03	.3444E-03	.4167E-03
3	.0000E+00	.1209E-03	.2121E-03	.2505E-03

**MOMENTOS Y CORTANTES TRANSVERSALES**

Armónico

K

1	5.0556					
k	mr	e	lamda	alfa	mu	Pq
88.18	40.43	5.364	0.08084	5.861	0.0465	0.079835209
88.18	40.43	5.364	0.08084	5.861	0.0465	
88.18	40.43	5.364	0	5.861	0.0465	

**FUERZAS DE SOPORTE Y MOMENTOS RESISTENTES**

p	P1	P2	P3	m1v1	m2v2	m3v3
0.27669	0.0212642	0.0373064	0.021264	0.0029021		0 -0.00290206
0.44662						
0.27669						
0.24896						
0						
-0.24896						

DISTANCIA TRANSVERSAL	CORTANTES		MOMENTOS	
	por unid de long	al centro de claro	por unid de long	al centro de claro
0	0	0	0	0
0	0.0212642	0.2658028	-0.002902	-0.036275771
3.14	0.0212642	0.2658028	0.0838676	0.798345032
3.14	-0.0212646	-0.265807	0.0838676	0.798345032
6.28	-0.0212646	-0.265807	-0.002903	-0.036289598
6.28	0	0	0	0



*CAPITULO VI*

*CONCLUSIONES*

## CONCLUSIONES

1.-El método semicontinuo es muy versátil presentando varias ventajas, ya que en él se pueden manejar un número ilimitado de líneas de ruedas y varias cargas por cada línea, además de propiedades geométricas variables en sus elementos, su teoría a pesar de ser complicada puede ser llevada fácilmente a un programa de cómputo.

2.-La modelización con base en una retícula presenta las mismas ventajas que el método semicontinuo; es decir, acepta varias líneas de ruedas y varias cargas por cada línea, además de propiedades geométricas variables en sus elementos. Esta modelización puede ser manejada fácilmente por un paquete de cómputo como el SAP 90; sin embargo presenta la desventaja de que no reproduce fielmente las propiedades que la estructura tiene en su conjunto, aún a pesar de todas las precauciones contenidas en el capítulo tres respecto a las propiedades geométricas y mecánicas de los elementos que conforman la estructura a fin de lograr un grado de aproximación aceptable.

3.-El método de PDCART desarrolla una teoría en la cual trata a la sección transversal del puente como un viga continua, en la cual se estudia la interacción losa-viga a fin de calcular un grupo de constantes llamadas constantes de apoyo las cuales son la base para la obtención de los elementos mecánicos, esto permite que este método pueda ser manejado en forma sencilla en un programa de cómputo; sin embargo, sólo permite calcular los elementos mecánicos en la sección transversal a la mitad del claro lo cual constituye una limitación.

4.-En lo que se refiere a la comparación del método semicontinuo y la modelización con base en la retícula, en las respuestas en el sentido longitudinal se puede decir que presentan resultados bastante similares para las vigas cercanas al punto de aplicación de la carga. Sin embargo para cuestiones de análisis interesan las respuestas más desfavorables tales como, el momento máximo positivo y negativo así como el cortante máximo. Puntos para los cuales se tienen las siguientes discrepancias promedio:

En lo que se refiere a momento positivo máximo se encontró que los valores son más altos en la idealización con base en retícula; en el ejemplo 1 existe una diferencia de 7.47 %, en el ejemplo 2 la diferencia es de 7.70 % y en el ejemplo 3 es de sólo de 6.60 %.

En lo que se refiere a momento negativo máximo la idealización con base en retícula también arroja los resultados más altos. En el ejemplo 1 la diferencia es muy considerable ya que el valor es de 61.1 %, en el ejemplo 2 no existen valores de momento negativo y en el ejemplo 3 la diferencia es de sólo 2.43%

Finalmente en lo que se refiere a cortante la idealización con base a retícula arroja también los resultados mayores. En el ejemplo 1 la diferencia es de 9.95 %, en el ejemplo 2 es de 2.19% disminuyendo en el ejemplo 3 a 1.08%.

Podemos observar que la diferencia principal se presenta en el ejemplo 1 para momento negativo. Esto se debe a que en la modelización con base en una retícula existen grandes diferencias en cuanto a rigideces de los miembros longitudinales (vigas) con respecto a los miembros transversales que representan a la losa; esto hace que en la modelización de puentes que presentan mayor número de vigas longitudinales los esfuerzos se concentren en las vigas aladañas al punto de aplicación de la carga, lo que hace que la distribución de esfuerzos en las vigas alejadas transversalmente a la carga, que es en donde generalmente se presenta el momento negativo máximo se tengan resultados menos confiables.

Otro punto que hay que hacer notar es que los valores de momento negativo máximo son mucho más pequeños que los valores para momento positivo máximo, por lo que las diferencias pesan más en porcentaje para los primeros.

5.-En lo referente a comparación de los elementos transversales hecha a través del método semicontinuo y el método de PDCART, observamos que los dos métodos proporcionan resultados muy similares entre sí, obteniéndose las siguientes discrepancias promedio en cuanto a la condición más desfavorable.

En lo que se refiere a momentos máximos tantos positivos como negativos el método de PDCART arroja los resultados más desfavorables. En el ejemplo 1 la diferencia es de 7.38% para el momento máximo positivo y de 13.82% para momento máximo negativo. en el ejemplo 2 la discrepancia existente es de 23.22% para momento máximo positivo y de 21.72% para momento máximo negativo y en el ejemplo 3 las discrepancias disminuyen a 6.60% para momento máximo positivo y 6.22% para momento máximo negativo.

Con relación a los cortantes el método de PDCART arrojó también los resultados más desfavorables, siendo que en el ejemplo 1 la discrepancia existente fue de 8.05%, en el ejemplo 2 a 16.22% y en el ejemplo 3 sólo 6.06%

En este caso se desecha la modelización en base a retícula por la disparidad de resultados que proporciona, dado que se tenía una gran concentración de esfuerzos en los nudos aladaños a la carga y prácticamente no existía distribución transversal en las zonas alejadas al punto de aplicación de la carga.

La principal diferencia se presenta en ejemplo 2, el cual presenta en sus vigas una inercia a torsión  $J$  bastante grande, y por otra parte para la comparación de las respuestas transversales sólo se tomo para el análisis por el método semicontinuo el primer término de la serie.

6.-En vista de lo mencionado anteriormente se recomienda usar el método semicontinuo por lo siguiente:

-No existen limitaciones en cuanto a cargas y propiedades de los elementos.

-Permite que la teoría pueda manejarse en forma sencilla en un programa de cómputo.

-Obtiene los elementos mecánicos tanto en el sentido longitudinal como en el sentido transversal.

-De la comparación de resultados se observa que este método arroja resultados confiables.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- "BRIDGE ANALYSIS BY MICROCOMPUTER" de Leslie G. Jaeger and Baidar Bakht. Publicado por McGraw-Hill Company en 1989.
- 2.- "CALCULO DE ESTRUCTURAS DE PUENTES DE HORMIGON" de Avelino F. Samartin Quiroga. Publicado por Editirial Rueda Madrid en 1983.
- 3.- "PROJET ET CONSTRUCTION DES PONTS" ( Généralités-Fondations Appuis-Ouvrages Courants) de J.A. Calgaro y M. Virlogeux. Publicado por L'ecole Nationale des Ponts et Chaussées 1987.
- 4.- "ARTICULO EXEMPLES D'ETUDES DE TABLIERS DE PONTS COURANTS EN BETON PRECONTRAIINT" por Jaeques Faucilart y Pierre Denis Cart. Publicado por Insitut Technique du Batiment et des Travaux Publics. Julio-Agosto de 1970 No. 271-272.
- 5.- "BRIDGE DECK BEHAVIOUR" de Edmund c. Hambly. Publicado por T.&A Constable Ltd. Edinburgh. en Gran Bretania en 1976.
- 6.- "DISTRIBUCION TRANSVERSAL DE LA CARGA VIVA POR EL METODO DE P.D. CART". Publicación de la Secretaría de Comunicacines y Transportes (Dirección General de Servicios Técnicos) en Junio de 1984 México.

*A N E X O S*

I N D I C E   D E   A N E X O S .

	<b>Página</b>
Programa SECAN 1, para análisis longitudinal y transversal de puentes rectos simplemente apoyados por el método semicontinuo.	156
Programa SECAN 2, para análisis longitudinal y transversal de puentes continuos por el método semicontinuo.	167
Programa CONBIN, para análisis de losas para puentes con apoyos intermedios por el método de las fuerzas.	183
Programa PDCART, para análisis de la sección transversal de puentes.	189

PROGRAMA SECAN1.

**Entrada de datos:**

Línea 1:

Control y título

Línea 2:

Número de armónicos, número de vigas, claro de puente, módulo de elasticidad del material de las vigas, módulo de cortante del material de las vigas

Línea 3:

Espaciamiento entre vigas comenzando por la izquierda

Línea 4:

Momento de inercia de todas las vigas comenzando por la viga exterior izquierda.

Línea 5:

Inercia de torsión de las vigas comenzando por la viga exterior izquierda.

Línea 6:

Espesor de la losa, módulo de elasticidad del material de la losa, módulo de cortante del material de la losa.

Línea 7:

Número de cargas concentradas en una línea longitudinal.

Línea 8:

Magnitud de las cargas concentradas en una línea longitudinal comenzando por la carga más cercana al apoyo de la izquierda.

Línea 9:

Distancia de las cargas concentradas en una línea longitudinal al apoyo de la izquierda

Línea 10:

Número de líneas longitudinales de carga concentrada

Línea 11:

Distancias transversales de las líneas longitudinales de carga concentrada a la viga exterior de la izquierda.

Línea 12:

Número de secciones transversales de referencia.

Línea 13:

Distancia de las secciones de referencia al apoyo de la izquierda.

**Limitaciones del programa:**

- 1) Número máximo de armónicos = 5.
- 2) Número máximo de vigas = 10.
- 3) Número máximo de cargas en una línea longitudinal = 7.
- 4) Número máximo de líneas longitudinales de carga = 10.
- 5) Número máximo de puntos transversales de referencia = 10.



\$debug

C  
C  
C  
C

SECAN1  
PROGRAMA PARA ANALIZAR PUENTES RECTOS SIMPLEMENTE APOYADOS

```
DIMENSION GS(10),GMI(10),GTI(10),
*DLS(7),DG(10),XX(20),DLG(10),W(7)
DIMENSION AM(20,20),BM(5),RM(20),
*KT(10),MLC(10),C(10),LAMDA(10),ALFA(10),MU(10),NUMB(10)
DIMENSION XREF(10),HARC(5,20),ABM(10,10),AS(10,10),CINF(20)
REAL KT,MLC,MU,LAMDA
CHARACTER*52 TITLE
READ(5,510) KZ,TITLE
1 HACER KZ=2 SI LOS RESULTADOS INTERMEDIOS SE REQUIEREN,
2 DE OTRA FORMA HACERLO IGUAL A 1
READ(5,*) N,NG,SPAN,E,G
NGG=NG-1
READ(5,*) (GS(I),I=1,NGG)
READ(5,*) (GMI(I),I=1,NG)
READ(5,*) (GTI(I),I=1,NG)
READ(5,*) T,EC,GC
READ(5,*) M
READ(5,*) (W(I),I=1,M)
READ(5,*) (DLS(J),J=1,M)
READ(5,*) NW
READ(5,*) (DLG(I),I=1,NW)
READ(5,*) NREF
READ(5,*) (XREF(I),I=1,NREF)
WRITE(6,520)
WRITE(6,530) TITLE
IF (N.GT.5) WRITE(6,540)
IF (N.GT.5) KONT=KONT+1
IF (NG.GT.10) WRITE(6,550)
IF (NG.GT.10) KONT=KONT+1
IF (M.GT.7) WRITE(6,560)
IF (M.GT.7) KONT=KONT+1
IF (NW.GT.10) WRITE(6,570)
IF (NW.GT.10) KONT=KONT+1
IF (NREF.GT.10) WRITE(6,580)
IF (NREF.GT.10) KONT=KONT+1
IF (KONT.GT.1) STOP
DO 10 I=1,NREF
10 NUMB(I)=I
DG(1)=GS(1)
DO 20 I=2,NGG
20 DG(I)=GS(I)+DG(I-1)
25 WRITE(6,590) N , NG , SPAN
WRITE(6,600) E , G
WRITE(6,610)
DO 30 I=1,NG
30 WRITE(6,620) I , GMI(I) ,GTI(I)
WRITE(6,630)
DO 40 I=1,NGG
40 WRITE(6,640) I , GS(I),DG(I)
WRITE(6,650)
WRITE(6,660) T, EC , GC
WRITE(6,670) M
DO 50 I=1,M
50 WRITE(6,680) I , W(I) , DLS(I)
WRITE(6,690) NW
DO 60 I=1,NW
60 WRITE(6,700) I , DLG(I)
WRITE(6,710) NREF,(NUMB(I),I=1,NREF)
WRITE(6,720) (XREF(I),I=1,NREF)
70 CONTINUE
CALL MOMENT(M,N,W,DLS,SPAN,BM,KZ)
```

C  
C

10

20

25

30

40

50

60

70

```

CALL RMATR(NG,NW, RM, DLG, DG, GS, KZ)
I1=15
CALL CONST(I1, NG, EC, GC, T, KT, MLC, C, LAMDA, ALFA, MU,
*      GMI, GTI, SPAN, GS, G, E, KZ)
CALL AMATR(I1, NG, DG, GS, AM, KT, MLC, C, LAMDA, ALFA, MU, KZ)
ICNK=1
CALL EQN(I1, NG, AM, RM, XX, HARC, KZ, ICNK)
ICNK=2
DO 80 I=1, NG
80  CINF(I)=XX(I)
DO 90 I1=1, N
CALL CONST(I1, NG, EC, GC, T, KT, MLC, C, LAMDA, ALFA, MU,
*      GMI, GTI, SPAN, GS, G, E, KZ)
CALL AMATR(I1, NG, DG, GS, AM, KT, MLC, C, LAMDA, ALFA, MU, KZ)
CALL EQN(I1, NG, AM, RM, XX, HARC, KZ, ICNK)
90  CONTINUE
CALL MSDIST(N, NG, SPAN, BM, HARC, ABM, NREF, XREF, M, W, DLS, AS, CINF, KZ)
CALL FINDEF(N, NG, M, W, DLS, CINF, GMI, E, SPAN, HARC, BM, KZ, NREF, XREF)
510  FORMAT(I1, A)
520  FORMAT(/5X, 'SECAN1, ANALISIS DE PUENTES POR EL ', /,
* 5X, 'METODO SEMICONTINUO', /)
530  FORMAT(A)
540  FORMAT(/5X, 'NO. HARMONICO MAYOR QUE EL MAXIMO PERMITIDO', /)
550  FORMAT(/5X, 'NO. MAXIMO DE VIGAS = 10', /)
560  FORMAT(/5X, 'NO. MAXIMO CARGAS EN UNA LINEA ',
* /5X, 'DE RUEDAS=7', /)
570  FORMAT(/5X, 'NO. MAXIMO DE LINEAS DE RUEDAS=10', /)
580  FORMAT(/5X, 'NO. MAXIMO DE SECCIONES DE REFERENCIA=10', /)
590  FORMAT(/32X, 'NUMERO DE HARMONICOS      ', I8, /5X, 23('*')),
* /60X, 'NUMERO DE VIGAS      : ', I8,
* /60X, 'CLARO DEL PUENTE      : ', F9.1, /)
600  FORMAT(/5X, 'INFORMACION DE VIGAS      : ', /5X, 23('*')),
* /32X, 'MODULO DE ELASTICIDAD      : ', E10.4,
* /60X, 'MODULO DE CORTANTE      : ', E10.4, /)
610  FORMAT(/60X, ' VIGA      MOMENTO DE      INERCIA A', /)
* /60X' NO.      INERCIA      LA TORSION      ', /)
620  FORMAT(/60X, I3, 10X, E10.4, 3X, E10.4)
630  FORMAT(/60X, 'ESPACIAMIENTO DE VIGAS',
* /60X, ' PANEL      ESPACIAMIENTO      DISTANCIA A LA ',
* /60X, ' NO.      DE VIGAS      VIGA DE LA IZQ. ', /)
640  FORMAT(/60X, I3, 6X, F8.2, 6X, F8.2)
650  FORMAT(1H1/5X, 'INFORMACION DE LA LOSA      : ', /5X, 23('*')),
* /32X, ' MODULO DE CORTANTE ',
* /60X, 'ESPESOR      MODULO DE ELASTICIDAD ', /)
660  FORMAT(/60X, F6.2, 6X, 2(E10.4, 5X), /)
670  FORMAT(/5X, 'INFORMACION DE CARGAS      : ', 32X, 'NO. DE CARGAS EN',
* /1X, 'UNA ', /5X, 23('*')),
* /32X, 'LINEA LONGITUDINAL      : ', I6,
* /60X, 'CARGA VALOR DE      DISTANCIA AL',
* /60X, ' NO.      LA CARGA      APOYO DE LA IZQ. ', /)
680  FORMAT(/60X, I3, 3X, F9.2, /5X, F8.2)
690  FORMAT(/60X, 'NUMERO DE LINEAS DE CARGA : ', I6,
* /60X, 'LINEA DE      DISTANCIA A LA',
* /60X, 'CARGA NO.      VIGA DE LA IZQ. ', /)
700  FORMAT(/60X, I3, 7X, F8.2)
710  FORMAT(/5X, 'NO. DE PUNTOS DE REFERENCIA : ', I6,
* /5X, 'PUNTOS DE REFERENCIA : ', 8(3X, I8, 1X))
720  FORMAT(/5X, 'DISTANCIA AL APOYO DE LA IZQ. : ', 8(3X, F8.2, 1X))
STOP
END

```

```

SUBROUTINE MSDIST(NT, NG, SPAN, BM, HARC, ABM, NREF, XREF, M, W, DLS,
*      AS, CINF, KZ)
DIMENSION BM(5), XREF(10), ABM(10, 10), HARC(5, 20), NUM(10)
DIMENSION W(7), DLS(7), AS(10, 10), SHR2(10), AMM2(10), CINF(20)

```

```

PI=3.1415926
DO 10 I=1,NREF
10 NUM(I)=I
DO 20 I=1,NG
DO 20 J=1,NREF
AS(I,J)=0.
ABM(I,J)=0.
X=XREF(J)
CALL MOMSER(X,SHR,AMM,SPAN,M,W,DLS)
AS(I,J)=SHR*CINF(I)
ABM(I,J)=AMM*CINF(I)
SHR2(J)=SHR
AMM2(J)=AMM
DO 20 IJ=1,NT
CONST1=IJ*PI*XREF(J)/SPAN
CONST2=IJ*PI/SPAN
ABM(I,J)=ABM(I,J)-BM(IJ)*(CINF(I)-HARC(IJ,I))*SIN(CONST1)
20 AS(I,J)=AS(I,J)-BM(IJ)*(CINF(I)-HARC(IJ,I))*COS(CONST1)*CONST2
WRITE(6,510) NT
WRITE(6,520) (NUM(I),I=1,NREF)
WRITE(6,530) (XREF(I),I=1,NREF)
WRITE(6,540)
DO 30 I=1,NG
30 WRITE(6,550) I,(ABM(I,J),J=1,NREF)
WRITE(6,560)
DO 40 I=1,NG
40 WRITE(6,570) I,(AS(I,J),J=1,NREF)
IF(KZ.EQ.1) RETURN
WRITE(6,580)
DO 50 J=1,NREF
WRITE(6,590) XREF(J),SHR2(J),AMM2(J)
50 CONTINUE
510 FORMAT(1H1//5X,'RESULTADOS PARA EL HARMONICO NO.= ',I4)
520 FORMAT(//5X,'MOMENTOS EN LAS VIGAS:',/5X,20('*')),
* //5X,'PUNTO DE REF. NO.',12X,8(I6,4X))
530 FORMAT(/5X,'DIST. AL APOYO DE LA IZQ.:',4X,8(F6.1,4X))
540 FORMAT(/5X,' VIGA NO. ',',',
MOMENTOS ',
* /5X,80('-'))
550 FORMAT(/5X,I4,21X,8(E10.4,3X))
560 FORMAT(///5X,'CORTANTES EN LAS VIGAS:',
* /5X,30('*'),/5X,'VIGA NO.',27X,'CORTANTE'//5X,83('-'))
570 FORMAT(/5X,I5,20X,8(E10.4,3X))
580 FORMAT(//5X,' X VL ML',/)
590 FORMAT(5X,3(F14.2,1X))
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE MOMSER(X,SHR,AMM,SPAN,M,W,DLS)
DIMENSION DLS(7),W(7)

```

```

RL=0.
DO 10 I=1,M
10 RL=RL+W(I)*(SPAN-DLS(I))/SPAN
SHR=RL
AMM=RL*X
DO 20 I=1,M
IF(DLS(I).GE.X) GO TO 30
SHR=SHR-W(I)
20 AMM=AMM-W(I)*(X-DLS(I))
30 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE MOMENT(M,N,W,DLS,SPAN,BM,KZ)
DIMENSION BM(5),W(7),DLS(7)

```

```

PI=3.1415926
DO 10 I1=1,N
10 BM(I1)=0.0
DO 30 I1=1,N
DO 20 I3=1,M
T2=SIN(I1*PI*DLS(I3)/SPAN)
20 BM(I1)=BM(I1)+(2*SPAN/(I1*I1*PI*PI))*W(I3)*T2
30 CONTINUE
IF(KZ.EQ.1) RETURN
WRITE(6,510)
WRITE(6,520)
WRITE(6,530)
DO 40 I=1,N
40 WRITE(6,540) I,BM(I)
510 FORMAT(1H1//)
520 FORMAT(//10X,'COEFICIENTE DE MOMENTO DEBIDO A UNA LINEA DE RUEDAS',
* /10X,44('*'),//10X,31('-'),
* /10X,'
* /10X,'HARMONICÓ ','2X','COEFICIENTE DE MOMENTO',
* /10X,' NO. ')
530 FORMAT(10X,31('-'))
540 FORMAT(10X,I6,4X,' ',3X,E10.4)
RETURN
END

```

C  
C

```

SUBROUTINE RMATR(NG,NW,RM,DLG,DG,GS,KZ)
DIMENSION RM(20),DLG(10),DG(10),GS(10)
NG2=2*NG
DO 10 I1=1,NG2
10 RM(I1)=0.0
NGG=NG-1
DO 40 I1=1,NW
RM(1)=1.0+RM(1)
RM(2)=DLG(I1)/DG(NGG)+RM(2)
DO 20 NP=1,NGG
NPP=2+NP
TRM1=(DG(NP)-DLG(I1))/GS(NP)
IF(TRM1.LT.0.0) TRM1=0.0
TRM=TRM1*TRM1
X=TRM
RM(NPP)=RM(NPP)+X
20 CONTINUE
NGB=NG+1
DO 30 ND=1,NGG
NPP=NG+1+ND
TRM1=(DG(ND)-DLG(I1))/GS(ND)
TRM=TRM1*TRM1*TRM1
X=TRM
IF(X.LT.0.0) X=0.0
RM(NPP)=RM(NPP)+X
30 CONTINUE
40 CONTINUE
IF(KZ.EQ.1) RETURN
WRITE(6,510)
510 FORMAT(//10X,'R VECTOR:',//10X,24('*'),
* //10X,35('-'),
* /10X,'
* /10X,' LINEA ' ',5X,'TERM',
* /10X,' NO. ')
WRITE(6,520)
520 FORMAT(10X,35('-'))
DO 50 I=1,NG2
50 WRITE(6,530) I,RM(I)
530 FORMAT(10X,I6,4X,' ',5X,F10.3)
RETURN

```

C  
C  
END

```
SUBROUTINE CONST(I1,NG,EC,GC,T,KT,MLC,C,LAMDA,ALFA,MU,  
* GMI,GTI,SPAN,GS,G,E,KZ)  
DIMENSION GMI(10),GTI(10),GS(10),MLC(10),C(10),LAMDA(10),  
* ALFA(10),KT(10),MU(10)  
REAL KT,MLC,LAMDA,MU,EC,E  
PI=3.1415926  
DY=(EC*T**3.)/12.  
DYX=(GC*T**3.)/6.  
do 20 I2=1,ng  
KT(I2)=(((I1*PI)**4.)*E*GMI(I2))/((SPAN**4.)  
MLC(I2)=(((I1*PI)**2.)*G*GTI(I2))/((SPAN**2.)  
IF(I2.EQ.NG) GO TO 10  
B=GS(I2)  
10 C(I2)=(DYX*(I1*PI)**2.)/(B*SPAN*SPAN)  
LAMDA(I2)=C(I2)/KT(I2)  
ALFA(I2)=(DY*12.)/(KT(I2)*(B**3.))  
MU(I2)=MLC(I2)/(KT(I2)*(B**2.))  
IF(I2.EQ.NG) LAMDA(I2)=0.0  
20 CONTINUE  
IF(KZ.EQ.1) RETURN  
WRITE(6,510) I1  
510 FORMAT(1H1, //5X, 'CALCULO DE CONST. PARA EL HARMONICO NO.:', I6, /)  
WRITE(6,520)  
520 FORMAT(/10X, 83(' '),  
* /10X, ' PANEL ' , ' , 6(' ')  
* /10X, ' NO. ' , ' ' K ' , ' ' MLC ' , ' '  
* ' ' C ' , ' ' LAMDA ' , ' '  
* ' ' ALFA ' , ' ' MU ' , ' ')  
WRITE(6,530)  
530 FORMAT(10X, 83(' '))  
DO 444 J1=1,NG  
WRITE(6,540) J1,KT(J1),MLC(J1),C(J1),LAMDA(J1),ALFA(J1),MU(J1)  
540 FORMAT(10X, I6, 4X, ' ', 6(E10.4, 1X, ' '))  
444 CONTINUE  
RETURN  
END
```

C  
C

```
SUBROUTINE AMATR(I1,NG,DG,GS,AM,KT,MLC,C,LAMDA,ALFA,MU,KZ)  
DIMENSION GS(10),MLC(10),C(10),LAMDA(10),  
* ALFA(10),KT(10),MU(10),DG(10),AM(20,20)  
REAL KT,MLC,LAMDA,MU  
NG2=NG*2  
NGU=NG+1  
NGL=NG-1  
GS(NG)=GS(NGL)  
GS(NGU)=GS(NG)  
DO 10 J1=1,NG2  
DO 10 J2=1,NG2  
10 AM(J1,J2)=0.0  
DO 20 J2=1,NG  
20 AM(1,J2)=1.  
DO 40 J2=1,NG  
IF(J2.EQ.1) GO TO 30  
J2L1=J2-1  
AM(2,J2)=(1./DG(NGL))*((DG(J2L1)+(LAMDA(J2L1)*KT(J2L1)*GS(J2L1))/  
*KT(J2))-LAMDA(J2)*GS(J2))  
GO TO 40  
30 AM(2,J2)=(1./DG(NGL))*(-LAMDA(J2)*GS(J2))  
40 CONTINUE  
DO 50 J2=1,NG  
NGJ=NG+J2  
50 AM(2,NGJ)=(MU(J2)*GS(J2))/DG(NGL)
```

C  
C  
\*\*\* ROWS 2+NP ,WHERE NP=1,NG-1 \*\*\*

DO 120 NP=1,NGL

NP1=NP+1

NP2=NP+2

ARG11=DG(NP)/GS(NP)

ARG12=ARG11\*ARG11

ARG21=(DG(NP)-DG(1))/GS(NP)

ARG22=ARG21\*ARG21

AM(NP2,1)=ARG12\*(1.+LAMDA(1))-ARG22\*LAMDA(1)

DO 80 NT=2,NP

NT1=NT-1

NT2=NT-2

IF(NT.EQ.2) GO TO 60

ARGA1=(DG(NP)-DG(NT2))/GS(NP)

GO TO 70

60 ARGA1=DG(NP)/GS(NP)

70 CONTINUE

ARGA2=ARGA1\*ARGA1

ARGB1=(DG(NP)-DG(NT1))/GS(NP)

ARGB2=ARGB1\*ARGB1

ARGC1=(DG(NP)-DG(NT))/GS(NP)

ARGC2=ARGC1\*ARGC1

AM(NP2,NT)=-ARGA2\*(LAMDA(NT1)\*KT(NT1)/KT(NT))+

\* ARGB2\*(1.+(LAMDA(NT1)\*KT(NT1)/KT(NT))+LAMDA(NT))-

\* (ARGC2\*LAMDA(NT))

80 CONTINUE

90 CONTINUE

ARGG1=GS(1)/GS(NP)

ARGG2=ARGG1\*ARGG1

AM(NP2,NP1)=- (LAMDA(NP)\*KT(NP))/KT(NP1)

AM(NP2,NGU)=- (ALFA(1)/6)\*ARGG2-

\* (2.\*MU(1)\*(GS(1)/GS(NP))\*(DG(NP)/GS(NP)))

IF(NP.EQ.1) GO TO 110

DO 100 NV=2,NP

NVT=NG+NV

NVL=NV-1

100 AM(NP2,NVT)=- (2.\*MU(NV)\*(GS(NV)/GS(NP))) \*

\* ((DG(NP)-DG(NVL))/GS(NP))

110 CONTINUE

NGP=NG+NP1

120 AM(NP2,NGP)=(ALFA(NP1)/6.)\*(GS(NP1)/GS(NP))

DO 190 ND=1,NGL

NGUD=NGU+ND

ARGD1=DG(ND)/GS(ND)

ARGD3=ARGD1\*ARGD1\*ARGD1

ARGE1=(DG(ND)-DG(1))/GS(ND)

ARGE3=ARGE1\*ARGE1\*ARGE1

ARGF1=GS(1)/GS(ND)

ARGF3=ARGF1\*ARGF1\*ARGF1

AM(NGUD,1)=ARGD3\*(1.+LAMDA(1))-ARGE3\*LAMDA(1)-ARGF3\*ALFA(1)/2.

DO 160 NE=2,ND

NEL1=NE-1

NEL2=NE-2

IF(NE.EQ.2) GO TO 130

ARGH1=(DG(ND)-DG(NEL2))/GS(ND)

ARGH3=ARGH1\*ARGH1\*ARGH1

GO TO 140

130 ARGH1=DG(ND)/GS(ND)

ARGH3=ARGH1\*\*3.

140 CONTINUE

ARGI1=(DG(ND)-DG(NEL1))/GS(ND)

ARGI3=ARGI1\*ARGI1\*ARGI1

ARGJ1=(DG(ND)-DG(NE))/GS(ND)

ARGJ3=ARGJ1\*ARGJ1\*ARGJ1

```

AM(NGUD, NE) =
* -ARGH3*(LAMDA(NEL1)*KT(NEL1)/KT(NE)) +
* ARGJ3*( (1.+(LAMDA(NEL1)*KT(NEL1)/KT(NE))+LAMDA(NE)) ) -
* (ARGJ3*LAMDA(NE))
160 CONTINUE
NDU1=ND+1
ARGM1=GS(NDU1)/GS(ND)
ARGM3=ARGM1*ARGM1*ARGM1
ARGN1=GS(1)/GS(ND)
ARGN2=ARGN1*ARGN1
ARGO1=DG(ND)/GS(ND)
ARGO2=ARGO1*ARGO1
AM(NGUD, NDU1) = -(LAMDA(ND)*KT(ND)/KT(NDU1)) + (ALFA(NDU1)/2.)*ARGM3
AM(NGUD, NGU) = -((ALFA(1)/2.)*ARGN2*(DG(ND)/GS(ND)) +
* (3.*MU(1)*(GS(1)/GS(ND))*ARGO2))
IF (ND.EQ.1) GO TO 180
DO 170 NF=2, ND
NGNF=NG+NF
NFL1=NF-1
NGUD=NG+1+ND
ARGP1=(DG(ND)-DG(NFL1))/GS(ND)
ARGP2=ARGP1*ARGP1
AM(NGUD, NGNF) = -((3.*MU(NF))*(GS(NF)/GS(ND))*ARGP2)
170 CONTINUE
180 CONTINUE
190 CONTINUE
IF(KZ.EQ.1) GOTO 210
WRITE(6,510) I1
DO 200 JJ=1, NG2
WRITE(6,520) (AM(JJ, KK), KK=1, NG2)
200 CONTINUE
210 CONTINUE
510 FORMAT(///5X, 'CALCULO DE LA MATRIZ A PARA EL HARMONICO NO.:',
* I6, /5X, 36('-', ///)
520 FORMAT(/5X, 10(F8.4, 2X))
RETURN
END

```

C  
C

```

SUBROUTINE EQN(I1, NG, AM, RM, XX, HARC, KZ, ICNK)
DIMENSION S(20, 21), B(20, 21), F(20, 21), T(20), XX(20),
* AM(20, 20), RM(20), HARC(5, 20)
INTEGER N1
NG2=NG*2
NG2U1=NG2+1
DO 10 I=1, NG2
XX(I)=0.
T(I)=0.
DO 10 J=1, NG2U1
B(I, J)=0.
F(I, J)=0.
10 CONTINUE
DO 20 I=1, NG2
S(I, NG2U1)=RM(I)
DO 20 J=1, NG2
S(I, J)=AM(I, J)
20 CONTINUE
KI=NG2
KJ=NG2U1
DO 30 I=1, KI
DO 30 J=1, KJ
30 B(I, J)=S(I, J)
N1=0
40 CONTINUE
N1=N1+1
DO 50 I=1, KI

```

```

DO 50 J=1,KJ
50 F(I,J)=B(I,J)
IF(N2.EQ.KI) GO TO 120
DO 60 I=N1,KI
60 T(I)=B(I,N1)
N2=N1+1
DO 80 I=N1,KI
DO 80 J=N1,KJ
IF(ABS(T(I)).EQ.0.0.OR.ABS(F(I,J)).EQ.0.) GO TO 70
F(I,J)=F(I,J)/T(I)
GO TO 80
70 F(I,J)=0.0
80 CONTINUE
DO 90 I=N2,KI
DO 90 J=N1,KJ
90 F(I,J)=F(N1,J)-F(I,J)
DO 110 I=N2,KI
DO 110 J=1,KJ
110 B(I,J)=F(I,J)
GO TO 40
120 CONTINUE
MB=KI
NB=KJ
DO 130 J=1,NB
130 B(1,J)=S(1,J)
INB=NB-1
IF(ABS(B(MB,NB)).EQ.0.0.OR.ABS(B(MB,MB)).EQ.0.0) GO TO 140
XX(MB)=B(MB,NB)/B(MB,MB)
GO TO 150
140 XX(MB)=0.0
150 CONTINUE
N3=1
160 MB=KI
MB=MB-N3
KK=NB-N3
TEXP=0.
DO 170 J=KK,INB
170 TEXP=TEXP+XX(J)*B(MB,J)
BWT=ABS(B(MB,NB)-TEXP)
IF(BWT.EQ.0.0.OR.ABS(B(MB,MB)).EQ.0.0) GO TO 180
XX(MB)=(B(MB,NB)-TEXP)/B(MB,MB)
GO TO 190
180 XX(MB)=0.0
190 CONTINUE
N3=N3+1
IF(N3.EQ.KI) GO TO 200
GO TO 160
200 CONTINUE
IF(ICNK.EQ.1) GO TO 220
DO 210 I=1,KI
210 HARC(I1,I)=XX(I)
220 CONTINUE
IF(KZ.EQ.1) GO TO 250
WRITE(6,510)
DO 240 I=1,KI
WRITE(6,520) I,XX(I)
240 CONTINUE
250 CONTINUE
DO 260 I=1,20
T(I)=0.
DO 260 J=1,21
B(I,J)=0.
F(I,J)=0.
S(I,J)=0.
260 CONTINUE
N2=0

```



```

510 FORMAT(//,15X,'COEF.DE CORRELACION',/15X,26('*'),//)
520 FORMAT(15X,'B',I2,'=' ,F14.5)
RETURN
END

```

```

C
C
SUBROUTINE DEFLEC(GMI,E,X1,I1,SPAN,W,DLS,WT,M)
DIMENSION GMI(10),W(7),DLS(7)
WT=0.0
DO 30 I=1,M
X=X1
IF(X.GT. DLS(I)) GOTO 10
A=DLS(I)
B=SPAN-A
GOTO 20
10 B=DLS(I)
A=SPAN-B
X=SPAN-X1
20 CONTINUE
WT=WT+W(I)*B*(A*SPAN*X+A*B*X-X*X*X)/(6*E*GMI(I1)*SPAN)
30 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C
C
SUBROUTINE FINDEF(NN,NG,M,W,DLS,CINF,GMI,E,
*SPAN,HARC,BM,KZ,NREF,XREF)
DIMENSION W(7),DLS(7),CINF(20),
*GMI(10),HARC(5,20),BM(5),WF(10,10),
*NUM(10),XREF(10)
DO 10 I=1,10
DO 10 J=1,10
10 WF(I,J)=0.0
PI=3.141592654
DO 30 I=1,NREF
DO 30 J=1,NG
CIN=CINF(J)
X=XREF(I)
CALL DEFLEC(GMI,E,X,J,SPAN,W,DLS,WT,M)
YY=WT*CIN
DO 20 IJ=1,NN
CONST1=IJ*PI*X/SPAN
YY=YY-BM(IJ)*(CIN-HARC(IJ,J))*SIN(CONST1)*SPAN*SPAN/(E*GMI(J)*
*PI*PI*IJ*IJ)
20 CONTINUE
30 WF(J,I)=YY
DO 70 I=1,NREF
70 NUM(I)=I
WRITE(6,510) (NUM(I),I=1,NREF)
WRITE(6,520) (XREF(I),I=1,NREF)
WRITE(6,530)
DO 80 I=1,NG
80 WRITE(6,540) I,(WF(I,J),J=1,NREF)
510 FORMAT(//5X,'DEFLECCION EN VIGAS:',
*/5X,20('*'),/5X,'PUNTO DE REF. NO.',12X,8(I6,4X))
520 FORMAT(/,5X,'DIST. AL APOYO DE LA IZQ.:',4X,8(F6.1,4X))
530 FORMAT(/,5X,' VIGA NO.',20X,'DEFLECCION',/5X,80('-'))
540 FORMAT(/,5X,I4,21X,8(E10.4,3X))
RETURN
END

```

PROGRAMA SECAN2.

**Entrada de datos:**

Línea 1:

Número de control y título.

Línea 2:

Número de armónicos, número de vigas, claro del puente, módulo de elasticidad del material de la viga, módulo de cortante del material de la viga, número de soportes intermedios.

Línea 3:

Espaciamiento entre vigas comenzando por la izquierda.

Línea 4:

Momentos de inercia de las vigas comenzando por la de la izquierda.

Línea 5:

Inercia a la torsión de las vigas comenzando por la de la izquierda.

Línea 6:

Espesor de la losa, módulo de elasticidad del material de la losa, módulo de cortante del material de la losa.

Línea 7:

Número de cargas en una línea longitudinal.

Línea 8:

Valores de las cargas en una línea longitudinal comenzando por la de la izquierda.

Línea 9:

Distancia de las cargas en una línea longitudinal al apoyo de la izquierda.

Línea 10:

Número de líneas de carga.

Línea 11:

Distancias transversales de las líneas de carga a la viga exterior izquierda.

Línea 12:

Número de secciones de referencia.

Línea 13:

Distancias de las secciones de referencia al apoyo extremo de la izquierda.

Línea 14:  
Deflexiones iniciales en los soportes intermedios.

Línea 15:  
Flexibilidad de los soportes intermedios.

Línea 16:  
Número de la viga bajo la cual se localiza cada soporte intermedio.

Línea 17:  
Distancia de cada soporte intermedio al apoyo extremo de la izquierda.

**Limitaciones del programa:**

- 1) Número máximo de armónicos = 5.
- 2) Número máximo de vigas = 10.
- 3) Número máximo de soportes intermedios = 10.
- 4) Número máximo de cargas en una línea longitudinal = 7.
- 5) Número máximo de líneas de carga = 10.
- 6) Número de secciones de referencia = 10.

\$debug

SECAN2

ESTE PROGRAMA ANALIZA PUENTES DE LOSA APOYADA EN VIGAS  
CON SOPORTES INTERMEDIOS, POR EL  
METODO SEMICONTINUO

DIMENSION GS(10),GMI(10),GTI(10),DLS(7),DG(10),XX(20),DLG(10),W(7)  
DIMENSION AM(20,20),BM(5),RM(20),KT(10),MLC(10),C(10),LAMDA(10)  
\*,ALFA(10),MU(10),NUMB(10),DELTA(10),EF(10),WB(10),WU(10,10)  
\*,ARE(10),KGIR(10),XCOL(10),DLGI(10),BI(10,11),DI(10),HARC1(5,20)  
\*,W1(7),DLSI(7),BM1(5),FF(10),DLS1(7)  
DIMENSION XREF(10),HARC(5,20),ABM(10,10),AS(10,10),CINF(20,11)

REAL KT,MLC,MU,LAMDA  
CHARACTER\*52 TITLE  
READ(5,510) KZ,TITLE

1 HACER KZ=2 SI SE REQUIEREN RESULTADOS INTERMEDIOS,  
2 DE OTRA FORMA TOMARLO IGUAL A 1

READ(5,\*) N,NG,SPAN,E,G,NCOL  
NGG=NG-1  
READ(5,\*) (GS(I),I=1,NGG)  
READ(5,\*) (GMI(I),I=1,NG)  
READ(5,\*) (GTI(I),I=1,NG)  
READ(5,\*) T,EC,GC  
READ(5,\*) M  
READ(5,\*) (W(I),I=1,M)  
READ(5,\*) (DLS(J),J=1,M)  
READ(5,\*) NW  
READ(5,\*) (DLG(I),I=1,NW)  
READ(5,\*) NREF  
READ(5,\*) (XREF(I),I=1,NREF)  
IF (NCOL.EQ.0) GOTO 10  
READ(5,\*) (DELTA(I),I=1,NCOL)  
READ(5,\*) (FF(I),I=1,NCOL)  
READ(5,\*) (KGIR(I),I=1,NCOL)  
READ(5,\*) (XCOL(I),I=1,NCOL)  
GO TO 15

10 WRITE(6,505)

STOP

15 CONTINUE

WRITE(6,520)  
WRITE(6,530) TITLE  
IF (N.GT.5) WRITE(6,540)  
IF (N.GT.5) KONT=KONT+1  
IF (NG.GT.10) WRITE(6,550)  
IF (NG.GT.10) KONT=KONT+1  
IF (M.GT.7) WRITE(6,560)  
IF (M.GT.7) KONT=KONT+1  
IF (NW.GT.10) WRITE(6,570)  
IF (NW.GT.10) KONT=KONT+1  
IF (NREF.GT.10) WRITE(6,580)  
IF (NREF.GT.10) KONT=KONT+1  
IF (NCOL.GT.10) WRITE(6,590)  
IF (NCOL.GT.10) KONT=KONT+1  
IF (KONT.GT.1) STOP  
DO 20 I=1,NREF  
20 NUMB(I)=I

```

DG(1)=GS(1)
DO 30 I=2,NGG

30 DG(I)=GS(I)+DG(I-1)
WRITE(6,600) N , NG , SPAN
WRITE(6,610) E , G ,NCOL
WRITE(6,620)
DO 40 I=1,NG

C
40 WRITE(6,630) I , GMI(I) , GTI(I)
WRITE(6,640)
DO 50 I=1,NGG

C
50 WRITE(6,650) I , GS(I),DG(I)
WRITE(6,660)
WRITE(6,670) T, EC , GC
DO 60 I=1,M

60 WRITE(6,690) I, W(I) , DLS(I)
WRITE(6,800) NW
DO 70 I=1,NW

70 WRITE(6,700) I , DLG(I)
WRITE(6,710) NREF,(NUMB(I),I=1,NREF)
WRITE(6,720) (XREF(I),I=1,NREF)
WRITE(6,730) (DELTA(I),I=1,NCOL)
WRITE(6,770)
WRITE(6,740) (FF(I),I=1,NCOL)
WRITE(6,750) (KGIR(I),I=1,NCOL)
WRITE(6,760) (XCOL(I),I=1,NCOL)
WRITE(6,780)

80 CONTINUE
CALL MOMENT(M,N,W,DLS,SPAN,BM,KZ)
CALL RMATR(NG,NW,RM,DLG,DG,GS,KZ)
I1=15
CALL CONST(I1,NG,EC,GC,T,KT,MLC,C,LAMDA,ALFA,MU,GMI,GTI,SPAN,GS,
*G,E,KZ)
CALL AMATR(I1,NG,DG,GS,AM,KT,MLC,C,LAMDA,ALFA,MU,KZ)
ICNK=1
CALL EQN(I1,NG,AM,RM,XX,HARC,KZ,ICNK)
ICNK=2
DO 90 I=1,NG
CINF(I,1)=XX(I)

90 CONTINUE

C
DO 100 I1=1,N
CALL CONST(I1,NG,EC,GC,T,KT,MLC,C,LAMDA,ALFA,MU,GMI,GTI,SPAN,GS,
*G,E,KZ)
CALL AMATR(I1,NG,DG,GS,AM,KT,MLC,C,LAMDA,ALFA,MU,KZ)
CALL EQN(I1,NG,AM,RM,XX,HARC,KZ,ICNK)

100 CONTINUE

C
C OBTENCION DE LAS DEFLECCIONES EN LA POSICION DE LOS SOPORTES
C INTERMEDIOS DEBIDO A LAS CARGAS APLICADAS
LCONT=1
CALL WDIST(N,NCOL,KGIR,XCOL,WB,M,W,DLS,CINF,GMI,E,SPAN,HARC,
*BM,LCONT,WU,I3,KZ)
C ARREGLO WB CONTIENE LAS DEFLEXIONES EN LAS POSICIONES DE LOS SOP.INT.
C OBTIENE LAS DEFLEXIONES EN LAS POSICIONES DE LOS SOPORTES INTERMEDIOS
C DEBIDO A UNA CARGA UNITARIA APLICADA EN CADA SOPORTE INTERMEDIO.
C ARREGLO WU(I,J) CONTIENE LAS DEFLECCIONES. EL PRIMER SUBSCRIPTO SE
C REFIERE AL NO. DE SOPORTE EN EL CUAL LAS DEFLEXIONES SON SOUGHT Y EL
C SEGUNDO SE REFIERE AL NO. DEL SOPORTE EN EL CUAL SE APLICA LA CARGA.

C
DO 110 I1=1,10
110 DLGI(I1)=0.0

C

```

NWI=1

C

```
DO 160 I3=1,NCOL
I4=KGIR(I3)
IF (I4 .LT. NG) DLGI(1)=DG(I4)-GS(I4)
IF (I4 .EQ. NG) DLGI(1)=DG(I4-1)
CALL RMATR(NG,NWI, RM, DLGI, DG, GS, KZ)
NPLUS=N+1
DO 150 I7=1,NPLUS
IF (I7 .GT. 1) GOTO 120
I1=15
ICNK=1
GOTO 130
120 I1=I7-1
ICNK=2
130 CONTINUE
CALL CONST(I1, NG, EC, GC, T, KT, MLC, C, LAMDA, ALFA, MU, GMI, GTI, SPAN,
*GS, G, E, KZ)
CALL AMATR(I1, NG, DG, GS, AM, KT, MLC, C, LAMDA, ALFA, MU, KZ)
CALL EQN(I1, NG, AM, RM, XX, HARC1, KZ, ICNK)
IF (I7 .GT. 1) GOTO 150
I9=I3+1
DO 140 I8=1,NG
140 CINF(I8, I9)=XX(I8)
150 CONTINUE
M1=1
W1(1)=1.0
DLS1(1)=XCOL(I3)
CALL MOMENT(M1, N, W1, DLS1, SPAN, BM1, KZ)
LCONT=2
CALL WDIST(N, NCOL, KGIR, XCOL, WB, M1, W1, DLS1, CINF, GMI, E, SPAN
*, HARC1, BM1, LCONT, WU, I3, KZ)
160 CONTINUE
```

C

```
CALL BEE(FF, WU, BI, NCOL)
CALL DEE(WB, DELTA, DI, NCOL)
CALL SOLVE(BI, NCOL, DI)
DO 170 MM=1, NCOL
170 ARE(MM)=DI(MM)
WRITE (6,790) (ARE(I3), I3=1, NCOL)
C. MSDIST IS CALLED TO CALCULATE MOMENT AND SHEARS FOR THE CASE
C WITHOUT INTERMEDIATE SUPPORTS
CALL MSDIST(N, NG, SPAN, BM, HARC, ABM, NREF, XREF, M, W, DLS, AS, CINF, KZ)
```

C

```
DO 190 I3=1,NCOL
I4=KGIR(I3)
IF (I4 .LT. NG) DLGI(1)=DG(I4)-GS(I4)
IF (I4 .EQ. NG) DLGI(1)=DG(I4-1)
CALL RMATR(NG,NWI, RM, DLGI, DG, GS, KZ)
DO 180 I1=1,N
CALL CONST(I1, NG, EC, GC, T, KT, MLC, C, LAMDA, ALFA, MU, GMI, GTI, SPAN, GS,
*, G, E, KZ)
CALL AMATR(I1, NG, DG, GS, AM, KT, MLC, C, LAMDA, ALFA, MU, KZ)
CALL EQN(I1, NG, AM, RM, XX, HARC1, KZ, ICNK)
180 CONTINUE
M1=1
W1(1)=-ARE(I3)
DLSI(1)=XCOL(I3)
CALL MOMENT(M1, N, W1, DLSI, SPAN, BM1, KZ)
CALL MSD2(I3, N, NG, SPAN, BM1, HARC1, ABM, NREF, XREF, M1, W1, DLSI, AS,
*CINF, KZ, NCOL)
CALL FINDEF(I3, N, NCOL, NG, KGIR, XCOL, M, W, ARE, DLS, CINF, GMI, E,
*SPAN, HARC, HARC1, BM, KZ, NREF, XREF)
190 CONTINUE
```

C

C

FORMAT STATEMENTS

```

C
505 FORMAT(//,' SECAN2 NO ANALIZA PUENTES SIN SOPORTES ',
*//,' INTERMEDIOS----PARA ESTE CASO UTILICE EL SECAN1 ')
510 FORMAT(I1,A)
520 FORMAT(//5X,'SECAN2,ANALISIS DE PUENTES CON SOPORTES INTERMEDIOS',
*//,'POR EL METODO SEMICONTINUO',/)
530 FORMAT(A)
540 FORMAT(//5X,'NO. MAXIMO DE HARMONICOS PERMITIDOS=5',/)
550 FORMAT(//5X,'NO. MAXIMO DE VIGAS PERMITIDO',/)
560 FORMAT(//5X,'NO. MAXIMO DE CARGAS PERMITIDAS EN UNA ',
*//5X,'LINEA DE RUEDAS=7',/)
570 FORMAT(//5X,'NO. MAXIMO DE LINEAS DE RUEDAS=101',/)
580 FORMAT(//5X,'NO. MAXIMO DE SECCIONES DE REFERENCIA',/)
590 FORMAT(//5X,'NO. MAXIMO DE SOPORTES INTERMEDIOS=10',/)
600 FORMAT(//32X,'NUMERO DE HARMONICOS :',I8,/5X,23('*'),
*//60X,'NUMERO DE VIGAS :',I8,
*//60X,'CLARO DEL PUENTE :',F9.1/)
610 FORMAT(//5X,'INFORMACION DE LAS VIGAS :',/5X,23('*'),
*//32X,'MODULO DE ELASTICIDAD :',E10.4,
*//60X,'MODULO DE CORTANTE :',E10.4,
*//60X,'NO. OF SOPORTES INTERMEDIOS:',I5,/)
620 FORMAT(//60X,'VIGA MOMENTO DE INERCIA A ',
*//60X,'NO. INERCIA LA TORSION ',)
630 FORMAT(//60X,I3,10X,E10.4,3X,E10.4)
640 FORMAT(//60X,'ESPACIAMIENTO ENTRE VIGAS',
*//60X,' PANEL ESP.DE DISTANCIA A LA ',
*//60X,' NO. VIGAS VIGA IZQ. ',/)
650 FORMAT(//60X, I3, 6X,F8.2,6X,F8.2)
660 FORMAT(//5X,'INFORMACION DE LA LOSA :',/5X,23('*'),
*//32X,'ESPESOR DE MODULO DE MODULO DE ',
*//60X,'LA LOSA ELASTICIDAD CORTANTE ',/)
670 FORMAT(//60X,F6.2,6X,2(E10.4,5X),/)
680 FORMAT(//5X,'INFORMACION DE CARGAS :',32X,'NUMERO DE CARGAS EN',
*//1X,'UNA',/5X,23('*'),
*//32X,'LINEA LONGITUDINAL :',I6,
*//60X,'CARGA VALOR DE DISTANCIA AL APOYO',
*//60X,' NO. LA CARGA DE LA IZQUIERDA ',/)
690 FORMAT(//60X,I3, 3X,F9.2 ,5X,F8.2 )
700 FORMAT(//60X,I3,7X,F8.2)
710 FORMAT(//5X,'NO. DE PUNTOS DE REFERENCIA :',I6,
*//5X,'PUNTOS DE REFERENCIA :',8(3X,I8,1X))
720 FORMAT(//5X,'DISTANCIA AL APOYO DE LA IZQ. :',8(3X,F8.2,1X))
730 FORMAT(//5X,'COLUMN DETAILS',/5X,'*****',
*//5X,'PRESCRIBED',4X,8(3X,F8.2,1X))
740 FORMAT(//5X,'COL.FLEXIBILITY',8(3X,F8.2,1X))
750 FORMAT(//5X,'GIRDER NUMBER',2X,8(3X,I8,1X))
760 FORMAT(//5X,'DISTANCE FROM',2X,8(3X,F8.1,1X))
770 FORMAT(//5X,'DEFLECTIONS')
780 FORMAT(//5X,'L. H. SUPPORT')
790 FORMAT(//5X,'COLUMN REACTIONS',10F10.3)
800 FORMAT(//60X,'NUMBER OF LINES OF LOADS IS :',I6,
*//60X,'LINE OF LOAD DISTANCE FROM',
*//60X,' LOAD L.H. GIRDER ',/)

```

```

C
STOP
END

```

```

C
SUBROUTINE MSDIST(NT,NG,SPAN,BM,HARC,ABM,NREF,XREF,M,W,DL,
*AS,CINF,KZ)
DIMENSION BM(5),XREF(10),ABM(10,10),HARC(5,20),NUM(10)
DIMENSION W(7),DLS(7),AS(10,10),SHR2(10),AMM2(10),CINF(20,11)
PI=3.141592654
DO 10 I=1,NREF
10 NUM(I)=I
DO 20 I=1,NG

```

```

DO 20 J=1,NREF
AS(I,J)=0.
ABM(I,J)=0.
X=XREF(J)
CALL MOMSER(X,SHR,AMM,SPAN,M,W,DLS)
AS(I,J)=SHR*CINF(I,1)
ABM(I,J)=AMM*CINF(I,1)
SHR2(J)=SHR
AMM2(J)=AMM
DO 20 IJ=1,NT
CONST1=IJ*PI*XREF(J)/SPAN
CONST2=IJ*PI/SPAN
ABM(I,J)=ABM(I,J)-BM(IJ)*(CINF(I,1)-HARC(IJ,I))*SIN(CONST1)
20 AS(I,J)=AS(I,J)-BM(IJ)*(CINF(I,1)-HARC(IJ,I))*COS(CONST1)*CONST2
IF(KZ.EQ.1) RETURN
WRITE(6,520) NT
WRITE(6,530) (NUM(I),I=1,NREF)
WRITE(6,540) (XREF(I),I=1,NREF)
WRITE(6,550)
DO 30 I=1,NG
30 WRITE(6,560) I,(ABM(I,J),J=1,NREF)
WRITE(6,570)
DO 40 I=1,NG
40 WRITE(6,580) I,(AS(I,J),J=1,NREF)
520 FORMAT(1H1//5X,'OUTPUT FOR HARMONICS NO. = ',I4)
530 FORMAT(/5X,'MOMENTS IN GIRDER:',/5X,20('*') ,
* //5X,'REF. POINT NO. ',12X,8(I6,4X))
540 FORMAT(/5X,'DIST. FROM L.H. SUPPORT:',4X,8(F6.1,4X))
550 FORMAT(/5X,' GIRDER NO. ', ' MOMENTS ',
* /5X,80('-'))
560 FORMAT(/5X,I4,21X,8(E10.4,3X))
570 FORMAT(/5X,' SHEARS IN GIRDER :',
* /5X,30('*') ,/5X,' GIRDER NO. ',27X,' SHEARS'//5X,83('-'))
580 FORMAT(/5X,I5,20X,8(E10.4,3X))
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE MOMSER(X,SHR,AMM,SPAN,M,W,DLS)
DIMENSION DLS(7),W(7)
RL=0.
DO 10 I=1,M
10 RL=RL+W(I)*(SPAN-DLS(I))/SPAN
SHR=RL
AMM=RL*X
DO 20 I=1,M
IF(DLS(I).GE.X) GO TO 30
SHR=SHR-W(I)
20 AMM=AMM-W(I)*(X-DLS(I))
30 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE MOMENT(M,N,W,DLS,SPAN,BM,KZ)
DIMENSION BM(5),W(7),DLS(7)
PI=3.141592654
DO 10 I1=1,N
10 BM(I1)=0.0
DO 30 I1=1,N
DO 20 I3=1,M
T2=SIN(I1*PI*DLS(I3)/SPAN)
20 BM(I1)=BM(I1)+(2*SPAN/(I1*I1*PI*PI))*W(I3)*T2
30 CONTINUE
IF(KZ.EQ.1) RETURN
WRITE(6,510)

```



```

WRITE(6,520)
WRITE(6,530)
DO 40 I=1,N
40 WRITE(6,540) I,BM(I)
510 FORMAT(1H1//)
520 FORMAT(//10X,'MOMENT COEFFICIENTS DUE TO ONE LINE OF WHEELS',
*      /10X,44(' '),//10X,31('-'),
*      /10X,'
*      /10X,'HARMONICS |',2X,'MOMENT COEFFICIENT',
*      /10X,' NO. |')
530 FORMAT(10X,31('-'))
540 FORMAT(10X,I6,4X,'|',3X,E10.4)
RETURN
END

```

C  
C

```

SUBROUTINE RMATR(NG,NW,RM,DLG,DG,GS,KZ)
DIMENSION RM(20),DLG(10),DG(10),GS(10)
NG2=2*NG
DO 10 I1=1,NG2
10 RM(I1)=0.0
   NGG=NG-1
   DO 40 I1=1,NW
   RM(1)=1.0+RM(1)
   RM(2)=DLG(I1)/DG(NGG)+RM(2)
   DO 20 NP=1,NGG
   NPP=2+NP
   TRM1=(DG(NP)-DLG(I1))/GS(NP)
   IF(TRM1.LT.0.0) TRM1=0.0
   TRM=TRM1*TRM1
   X=TRM
   RM(NPP)=RM(NPP)+X
20 CONTINUE
   DO 30 ND=1,NGG
   NPP=NG+1+ND
   TRM1=(DG(ND)-DLG(I1))/GS(ND)
   TRM=TRM1*TRM1*TRM1
   X=TRM
   IF(X.LT.0.0) X=0.0
   RM(NPP)=RM(NPP)+X
30 CONTINUE
40 CONTINUE
   IF(KZ.EQ.1) RETURN
   WRITE(6,510)
   WRITE(6,520)
   DO 50 I=1,NG2
50 WRITE(6,530) I,RM(I)
510 FORMAT(//10X,'CALCULATED R VECTOR :',/10X,24(' '),
*      /10X,35('-'),
*      /10X,'
*      /10X,' ROW |'
*      /10X,' NO. |')
520 FORMAT(10X,35('-'))
530 FORMAT(10X,I6,4X,'|',5X,F10.3)
RETURN
END

```

G  
C

```

SUBROUTINE CONST(I1,NG,EC,GC,T,KT,MLC,C,LAMDA,ALFA,MU,
*      GMI,GTI,SPAN,GS,G,E,KZ)
DIMENSION GMI(10),GTI(10),GS(10),MLC(10),C(10),LAMDA(10),
*      ALFA(10),KT(10),MU(10)
REAL KT,MLC,LAMDA,MU,EC,E
PI=3.141592654
DY=(EC*T**3.)/12.
DYG=(GC*T**3.)/6.

```



```

DO 80 NT=2,NP
NT1=NT-1
NT2=NT-2
IF(NT.EQ.2) GO TO 60
ARGA1=(DG(NP)-DG(NT2))/GS(NP)
GO TO 70
60  ARGA1=DG(NP)/GS(NP)
70  CONTINUE
    ARGA2=ARGA1*ARGA1
    ARGB1=(DG(NP)-DG(NT1))/GS(NP)
    ARGB2=ARGB1*ARGB1
    ARGCL=(DG(NP)-DG(NT))/GS(NP)
    ARGCC2=ARGCL*ARGCL
    AM(NP2,NT)=-ARGA2*(LAMD(NT1)*KT(NT1)/KT(NT))+
*     ARGB2*(1.+(LAMD(NT1)*KT(NT1)/KT(NT))+LAMD(NT))-
*     (ARGCC2*LAMD(NT))
80  CONTINUE
    ARGG1=GS(1)/GS(NP)
    ARGG2=ARGG1*ARGG1
    AM(NP2,NP1)=-LAMD(NP)*KT(NP)/KT(NP1)
    AM(NP2,NGU)=-ALFA(1)/6)*ARGG2-
*     (2.*MU(1)*GS(1)/GS(NP))*DG(NP)/GS(NP))
    IF(NP.EQ.1) GO TO 100
    DO 90 NV=2,NP
    NVT=NG+NV
    NVL=Nv-1
90  AM(NP2,NVT)=-2.*MU(NV)*GS(NV)/GS(NP)))*
*     ((DG(NP)-DG(NVL))/GS(NP))
100 CONTINUE
    NGP=NG+NP1
110 AM(NP2,NGP)=(ALFA(NP1)/6.)*GS(NP1)/GS(NP)
    DO 160 ND=1,NGL
    NGUD=NGU+ND
    ARGD1=DG(ND)/GS(ND)
    ARGD3=ARGD1*ARGD1*ARGD1
    ARGEL=(DG(ND)-DG(1))/GS(ND)
    ARGEL3=ARGEL*ARGEL*ARGEL
    ARGF1=GS(1)/GS(ND)
    ARGF3=ARGF1*ARGF1*ARGF1
    AM(NGUD,1)=ARGD3*(1.+LAMD(1))-ARGEL3*LAMD(1)-ARGF3*ALFA(1)/2.
    DO 135 NE=2,ND
    NEL1=NE-1
    NEL2=NE-2
    IF(NE.EQ.2) GO TO 120
    ARGH1=(DG(ND)-DG(NEL2))/GS(ND)
    ARGH3=ARGH1*ARGH1*ARGH1
    GO TO 130
120 ARGH1=DG(ND)/GS(ND)
    ARGH3=ARGH1**3.
130 CONTINUE
    ARGJ1=(DG(ND)-DG(NEL1))/GS(ND)
    ARGJ3=ARGJ1*ARGJ1*ARGJ1
    ARGJ1=(DG(ND)-DG(NE))/GS(ND)
    ARGJ3=ARGJ1*ARGJ1*ARGJ1
    AM(NGUD,NE)=
*     -ARGH3*(LAMD(NEL1)*KT(NEL1)/KT(NE))+
*     ARGJ3*((1.+(LAMD(NEL1)*KT(NEL1)/KT(NE))+LAMD(NE)))-
*     (ARGJ3*LAMD(NE))
135 CONTINUE
    NDU1=ND+1
    ARGM1=GS(NDU1)/GS(ND)
    ARGM3=ARGM1*ARGM1*ARGM1
    ARGN1=GS(1)/GS(ND)
    ARGN2=ARGN1*ARGN1
    ARG01=DG(ND)/GS(ND)
    ARG02=ARG01*ARG01

```

```

AM(NGUD,NDU1)=- (LAMDA(ND)*KT(ND)/KT(NDU1))+(ALFA(NDU1)/2.)*ARGH3
AM(NGUD,NGU)=-({ALFA(1)/2.)*ARGN2*(DG(ND)/GS(ND))+
* (3.*MU(1)*GS(1)/GS(ND))*ARGO2)
IF(ND.EQ.1) GO TO 150
DO 140 NF=2,ND
NGNF=NG+NF
NFL1=NF-1
NGUD=NG+1+ND
ARGP1=(DG(ND)-DG(NFL1))/GS(ND)
ARGP2=ARGP1*ARGP1
AM(NGUD,NGNF)=-((3.*MU(NF))*GS(NF)/GS(ND))*ARGP2)
140 CONTINUE
150 CONTINUE
160 CONTINUE
IF(KZ.EQ.1) GOTO 180
WRITE(6,510) I1
DO 170 JJ=1,NG2
WRITE(6,520) (AM(JJ,KK),KK=1,NG2)
170 CONTINUE
180 CONTINUE
510 FORMAT(///5X,'CALCULATED AMATRIX FOR HARMONICS NO.:',
* I6,/5X,36(' '),///)
520 FORMAT(/5X,10(F8.5,2X))
RETURN
END

SUBROUTINE MSD2(I3,N,NG,SPAN,BM,HARC1,ABM,NREF,XREF,
*M1,W1,DLS1,AS,CINF,KZ,NCOL)
DIMENSION W1(7),DLS1(7),AS(10,10),BM(5),XREF(10),ABM(10,10),
*HARC1(5,20),CINF(20,11),NUM(10),SHR2(10),AMM2(10)
I3P=I3+1
PI=3.141592654
DO 10 I=1,NREF
10 NUM(I)=I
DO 20 I=1,NG
DO 20 J=1,NREF
X=XREF(J)
CALL MOMSER(X,SHR,AMM,SPAN,M1,W1,DLS1)
CS=SHR*CINF(I,I3P)
CM=AMM*CINF(I,I3P)
SHR2(J)=SHR
AMM2(J)=AMM
DO 20 IJ=1,N
CONST1=IJ*PI*XREF(J)/SPAN
CONST2=IJ*PI/SPAN
CM=CM-BM(IJ)*(CINF(I,I3P)-HARC1(IJ,I))*SIN(CONST1)
CS=CS-BM(IJ)*(CINF(I,I3P)-HARC1(IJ,I))*COS(CONST1)*CONST2
IF(IJ.EQ.N) ABM(I,J)=ABM(I,J)+CM
IF(IJ.EQ.N) AS(I,J)=AS(I,J)+CS
20 CONTINUE
IF(I3.NE.NCOL) GOTO 30
WRITE(6,510)
GOTO 40
30 IF(KZ.EQ.1) RETURN
WRITE(6,600) N
40 CONTINUE
WRITE(6,520) (NUM(I),I=1,NREF)
WRITE(6,530) (XREF(I),I=1,NREF)
WRITE(6,540)
DO 50 I=1,NG
50 WRITE(6,550) I,(ABM(I,J),J=1,NREF)
WRITE(6,560)
DO 60 I=1,NG
60 WRITE(6,570) I,(AS(I,J),J=1,NREF)
IF(KZ.EQ.1) RETURN

```

```

WRITE(6,580)
DO 70 J=1,NREF
WRITE(6,590) XREF(J),SHR2(J),AMM2(J)
70 CONTINUE
510 FORMAT(/,5X,'FINAL MOMENTS AND SHEARS')
520 FORMAT(/,5X,'MOMENTS IN GIRDERS:',/5X,20('*') ,
* //5X,'REF. POINT NO.',12X,8(I6,4X))
530 FORMAT(/5X,'DIST. FROM L.H.SUPPORT:',4X,8(F6.1,4X))
540 FORMAT(/5X,' GIRDER NO. ', ' MOMENTS',
* /5X,80('-'))
550 FORMAT(/5X,I4,21X,8(E10.4,3X))
560 FORMAT(/,5X,'CALCULATED SHEARS IN GIRDERS :',
* /5X,30('*') ,/5X,' GIRDER NO.',27X,'SHEARS'//5X,83('-'))
570 FORMAT(/5X,I5,20X,8(E10.4,3X))
580 FORMAT(/,5X, ' X SHR AMM',/)
590 FORMAT(5X,3(F14.2,1X))
600 FORMAT(1H1//5X,'OUTPUT FOR HARMONICS NO. = ',I4)
RETURN
END

```

SUBROUTINE DEFLEC(GMI,E,X1,I1,SPAN,W,DLS,WT,M)

```

DIMENSION GMI(10),W(7),DLS(7)
WT=0.0
DO 30 I=1,M
X=X1
IF(X.GT. DLS(I)) GOTO 10
A=DLS(I)
B=SPAN-A
GOTO 20
10 B=DLS(I)
A=SPAN-B
X=SPAN-X1
20 WT=WT+W(I)*B*(A*SPAN*X+A*B*X-X*X*X)/(6*E*GMI(I1)*SPAN)
30 CONTINUE
RETURN
END

```

SUBROUTINE SOLVE(BI,NCOL,DI)

```

DIMENSION BI(10,11),DI(10)

N1=NCOL+1
N2=NCOL-1
DO 5 I=1,NCOL
5 BI(I,N1)=DI(I)

DO 40 K=1,N2
K1=K+1
DO 20 I=K1,NCOL
P=BI(I,K)/BI(K,K)

DO 10 J=K1,N1
BI(I,J)=BI(I,J)-P*BI(K,J)

10 CONTINUE
20 CONTINUE
DO 30 I=K1,NCOL
BI(I,K)=0
30 CONTINUE
40 CONTINUE
DI(NCOL)=BI(NCOL,N1)/BI(NCOL,NCOL)
DO 60 NN=1,N2
SUM=0
I=NCOL-NN

```

```
I1=I+1
DO 50 J=I1, NCOL
SUM=SUM+BI(I, J)*DI(J)
```

```
50 CONTINUE
DI(I)=(BI(I, N1)-SUM)/BI(I, I)
```

```
60 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE WDIST(N, NCOL, KGIR, XCOL, WB, M, W, DLS, CINF
*, GMI, E, SPAN, HARC, BM, LCONT, WU, I3, KZ)
DIMENSION KGIR(10), XCOL(10), WB(10), W(7), DLS(7), CINF(20, 11),
*GMI(10), HARC(5, 20), WU(10, 10), BM(5)
```

```
PI=3.141592654
```

```
IP=I3+1
```

```
DO 10 I=1, NCOL
```

```
I1=KGIR(I)
```

```
IF (LCONT .EQ. 1) CIN=CINF(I1, 1)
```

```
IF (LCONT .EQ. 2) CIN=CINF(I1, IP)
```

```
X=XCOL(I)
```

```
CALL DEFLEC(GMI, E, X, I1, SPAN, W, DLS, WT, M)
```

```
IF (KZ .EQ. 2) WRITE (6, 510) WT, CIN
```

```
YY=WT*CIN
```

```
DO 10 IJ=1, N
```

```
CONST1=IJ*PI*X/SPAN
```

```
YY=YY-BM(IJ)*(CIN-HARC(IJ, I1))*SIN(CONST1)*SPAN*SPAN
```

```
*/(E*GMI(I1)*PI*IJ*IJ)
```

```
IF (LCONT .EQ. 1) WB(I)=YY
```

```
IF (LCONT .EQ. 2) WU(I, I3)=YY
```

```
10 CONTINUE
```

```
IF (KZ .EQ. 1) RETURN
```

```
IF (LCONT .EQ. 1) WRITE (6, 520)
```

```
IF (LCONT .EQ. 2) WRITE(6, 530)
```

```
WRITE(6, 540) (KGIR(I), I=1, NCOL)
```

```
WRITE(6, 550) (XCOL(I), I=1, NCOL)
```

```
IF(LCONT .EQ. 2) GOTO 20
```

```
WRITE (6, 560) (WB(I), I=1, NCOL)
```

```
RETURN
```

```
20 CONTINUE
```

```
DO 30 I=1, NCOL
```

```
WRITE(6, 570) (WU(I, J), J=1, NCOL)
```

```
30 CONTINUE
```

```
510 FORMAT (/, 5X, 'WDIST, WT, CIN', 2E10.4)
```

```
520 FORMAT (/, 5X, 'DEFLECTIONS WHEN INTERMEDIATE SUPPORT  
*IS REMOVED')
```

```
530 FORMAT(/5X, 'MATRIX WU')
```

```
540 FORMAT(/5X, 'GIRDER NO. ', 3X, 10I6)
```

```
550 FORMAT(/5X, 'DISTANCE FROM', /5X, 'L.H. SUPPORT', 10F6.1)
```

```
560 FORMAT(/5X, 'DEFLECTION', /, 10E10.4)
```

```
570 FORMAT(/5X, 'DEFLECTION', 3(3X, E10.4))
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
SUBROUTINE BEE(EF, WU, BI, NCOL)
DIMENSION EF(10), WU(10, 10), BI(10, 11)
DO 10 I=1, NCOL
DO 10 J=1, NCOL
BI(I, J)=WU(I, J)
```

IF (I.EQ. J) BI(I,J)=BI(I,J)+EF(I)  
10 CONTINUE  
RETURN  
END

SUBROUTINE DEE(WB,DELTA,DI,NCOL)  
DIMENSION WB(10),DELTA(10),DI(10)  
DO 10 I=1,NCOL  
10 DI(I)=WB(I)-DELTA(I)  
RETURN  
END

SUBROUTINE EQN(I1,NG,AM,RM,XX,HARC,KZ,ICNK)  
DIMENSION S(20,21),B(20,21),F(20,21),T(20),XX(20),  
\* AM(20,20),RM(20),HARC(5,20)  
N2=0.0  
NG2=NG\*2  
NG2U1=NG2+1  
DO 10 I=1,NG2  
XX(I)=0.  
T(I)=0.  
DO 10 J=1,NG2U1  
B(I,J)=0.  
F(I,J)=0.  
10 CONTINUE  
DO 20 I=1,NG2  
S(I,NG2U1)=RM(I)  
DO 20 J=1,NG2  
S(I,J)=AM(I,J)  
20 CONTINUE  
KI=NG2  
KJ=NG2U1  
DO 30 I=1,KI  
DO 30 J=1,KJ  
30 B(I,J)=S(I,J)  
N1=0  
40 CONTINUE  
N1=N1+1  
DO 50 I=1,KI  
DO 50 J=1,KJ  
50 F(I,J)=B(I,J)  
IF(N2.EQ.KI) GO TO 120  
DO 60 I=N1,KI  
60 T(I)=B(I,N1)  
N2=N1+1  
DO 80 I=N1,KI  
DO 80 J=N1,KJ  
IF(ABS(T(I)).EQ.0.0.OR.ABS(F(I,J)).EQ.0.) GO TO 70  
F(I,J)=F(I,J)/T(I)  
GO TO 80  
70 F(I,J)=0.0  
80 CONTINUE  
DO 90 I=N2,KI  
DO 90 J=N1,KJ  
90 F(I,J)=F(N1,J)-F(I,J)  
DO 110 I=N2,KI  
DO 110 J=1,KJ  
110 B(I,J)=F(I,J)  
GO TO 40  
120 CONTINUE  
MB=KI  
NB=KJ  
DO 130 J=1,NB  
130 B(1,J)=S(1,J)

```

INB=NB-1
IF (ABS(B(MB,NB)).EQ.0.0.OR.ABS(B(MB,MB)).EQ.0.0) GO TO 140
XX(MB)=B(MB,NB)/B(MB,MB)
GO TO 150
140 XX(MB)=0.0
150 CONTINUE
N3=1
160 MB=KI
MB=MB-N3
KK=NB-N3
TEXP=0.
DO 170 J=KK,INB
170 TEXP=TEXP+XX(J)*B(MB,J)
BWT=ABS(B(MB,NB)-TEXP)
IF(BWT.EQ.0.0.OR.ABS(B(MB,MB)).EQ.0.0) GO TO 180
XX(MB)=(B(MB,NB)-TEXP)/B(MB,MB)
GO TO 190
180 XX(MB)=0.0
190 CONTINUE
N3=N3+1
IF(N3.EQ.KI) GO TO 200
GO TO 160
200 CONTINUE
IF(ICNK.EQ.1) GO TO 220
DO 210 I=1,KI
210 HARC(I,I)=XX(I)
220 CONTINUE
IF(KZ.EQ.1) GO TO 250
WRITE(6,510)
DO 240 I=1,KI
WRITE(6,520) I,XX(I)
240 CONTINUE
250 CONTINUE
DO 260 I=1,20
T(I)=0.
DO 260 J=1,21
B(I,J)=0.
F(I,J)=0.
S(I,J)=0.
260 CONTINUE
N2=0
510 FORMAT(//,15X,'CORRELATIONS COEFFICIENTS ',/15X,26('*'),//)
520 FORMAT(15X,'B',I2,'=' ,F14.5)
RETURN
END

```

C.

```

SUBROUTINE FINDEF(I3,NN,NCOL,NG,KGIR,XCOL,M,W,ARE,DLS,CINF,GMI,E,
*SPAN,HARC,HARC1,BM,KZ,NREF,XREF)
DIMENSION KGIR(10),XCOL(10),W(7),ARE(10),DLS(7),CINF(20,11),
*GMI(10),HARC(5,20),HARC1(5,20),BM(5),WF(10,10),W1(7),
*DLS1(7),NUM(10),XREF(10)
IF(I3.GT.1)GOTO 35
DO 10 I=1,10
DO 10 J=1,10
10 WF(I,J)=0.0
PI=3.141592654
DO 30 I=1,NREF
DO 30 J=1,NG
CIN=CINF(J,1)
X=XREF(I)
CALL DEFLEC(GMI,E,X,J,SPAN,W,DLS,WT,M)
IF(KZ.EQ.2)WRITE(6,550)E,X,J,SPAN,WT,CIN
550 FORMAT(/2X,' E ',F10.5,2X,' X ',F10.5,2X,' J ',I3,2X,' SPAN',
*F5.1,2X,' WT',F10.5,2X,' CIN ',F10.5)
YY=WT*CIN
DO 20 IJ=1,NN

```



```

CONST1=IJ*PI*X/SPAN
20 YY=YY-BM(IJ)*(CIN-HARC(IJ,J))*SIN(CONST1)*SPAN*SPAN/(E*GMI(J)*
*PI*PI*IJ*IJ)
30 WF(J,I)=YY
35 CONTINUE
W1(1)=-ARE(I3)
DLS1(1)=XCOL(I3)
M1=1
CALL MOMENT(M1,NN,W1,DLS1,SPAN,BM,KZ)
DO 60 J=1,NG
DO 50 I=1,NREF
IP=J+1
I1=KGIR(I3)
CIN=CINF(I1,IP)
X=XREF(I)
M1=1
CALL DEFLEC(GMI,E,X,J,SPAN,W1,DLS1,WT,M1)
YY=WT*CIN
DO 40 IJ=1,NN
CONST1=IJ*PI*X/SPAN
40 YY=YY-BM(IJ)*(CIN-HARC1(IJ,J))*SIN(CONST1)*SPAN*SPAN/(E*GMI(J)*
*PI*PI*IJ*IJ)
50 WF(J,I)=WF(J,I)+YY
60 CONTINUE
IF(I3.NE.NCOL)RETURN
DO 70 I=1,NREF
70 NUM(I)=I
WRITE(6,510) (NUM(I),I=1,NREF)
WRITE(6,520) (XREF(I),I=1,NREF)
WRITE(6,530)
DO 80 I=1,NG
80 WRITE(6,540) I,(WF(I,J),J=1,NREF)
510 FORMAT(/,5X,'FINAL DEFLECTION'//5X,'DEFLECTIONS IN GIRDERS:',
*/5X,20(' '),//5X,'REF. POINT NO.',12X,8(I6,4X))
520 FORMAT(/,5X'DIST. FROM L.H. SUPPORT:',4X,8(F6.1,4X))
530 FORMAT(/,5X,' GIRDER NO.',20X,'DEFLECTION',/5X,80('-'))
540 FORMAT(/,5X,I4,21X,8(E10.4,1X))
RETURN
END

```

PROGRAMA CONBIM.

**Entrada de datos:**

**Línea 1:**

Claro del puente, rigidez a la flexión de la losa, número de cargas concentradas aplicadas, número de soportes intermedios, número de secciones de referencia en los cuales se requieren saber los cortantes y momentos, número de puntos de referencia en los cuales se requiere saber las deflexiones.

**Línea 2:**

Distancia de las cargas concentradas aplicadas al apoyo de la izquierda, comenzando desde la izquierda.

**Línea 3:**

Magnitudes de las cargas concentradas aplicadas comenzando desde la izquierda.

**Línea 4:**

Distancia de los soportes intermedios al apoyo de la izquierda.

**Línea 5:**

Distancia de los puntos de referencia al apoyo de la izquierda, en los cuales se requiere conocer los cortantes y momentos.

**Línea 6:**

Distancia de los puntos de referencia al apoyo de la izquierda, en los cuales se requiere conocer las deflexiones.

**Limitaciones del programa:**

- 1) Número máximo de soportes intermedios = 4.
- 2) Número máximo de cargas concentradas = 10.
- 3) Número máximo de puntos de referencia = 20.

debug

C

C CONBIM

C PROGRAMA PARA ANALIZARANALIZAR LOSA PARA PUENTE

C CON SOPORTES INTERMEDIOS

C

```
DIMENSION XLOAD(10), PLOAD(10), XCOL(4), DD(4), PD(4),  
*          A(4,4), D(4), B(4), XREF(20), COUNT(4),  
*          RCT(2), SHR(20), MOM(20), XREFW(20), SUMW(20)
```

REAL MOM

INTEGER COUNT, TEST

C

ENTRADA DE DATOS

```
READ (5,*) SPAN, EI, NLOAD, NCOL, NREF, NREFW  
READ (5,*) (XLOAD(I), I=1, NLOAD)  
READ (5,*) (PLOAD(I), I=1, NLOAD)  
READ (5,*) (XCOL(I), I=1, NCOL)  
READ (5,*) (XREF(I), I=1, NREF)  
IF(NREFW.EQ.0) GOTO 10  
READ(5,*) (XREFW(I), I=1, NREFW)
```

C EDICION DE DATOS

```
10 WRITE(6,500)  
WRITE(6,600) SPAN, EI  
WRITE(6,700)  
DO 20 I=1, NCOL  
COUNT(I)=0  
PD(I)=100.  
20 WRITE(6,800) I, XCOL(I)  
WRITE(6,900)  
DO 30 I=1, NLOAD  
30 WRITE(6,1000) PLOAD(I), XLOAD(I)  
WRITE(6,1100)  
NUM=3*NCOL
```

C

```
DO 70 N=1, 52  
IF(N.EQ.51) GOTO 2100  
CALL AMATRX(NCOL, SPAN, EI, N, XCOL, A)  
CALL DVECT(SPAN, EI, N, NCOL, NLOAD, XCOL, XLOAD, PLOAD, W, D)  
CALL EQN(A, NCOL, D)  
TEST=0  
DO 50 I=1, NCOL  
IF(D(I).EQ.0) GOTO 50  
DD(I)=ABS{(D(I)-PD(I))*100./D(I)}  
IF(DD(I).LE.0.1) GOTO 40  
COUNT(I)=0  
GOTO 50  
40 COUNT(I)=COUNT(I)+1  
IF(COUNT(I).GE.3) COUNT(I)=3  
50 TEST=TEST+COUNT(I)  
IF(TEST.EQ.NUM) GOTO 80  
DO 60 I=1, NCOL  
60 PD(I)=D(I)  
70 CONTINUE
```

C

```
80 WRITE(6,1400) N  
WRITE(6,1500)  
DO 90 I=1, NCOL  
90 WRITE(6,1600) I, D(I)  
CALL REACT(SPAN, NCOL, XCOL, NLOAD, XLOAD, PLOAD, D, RCT)  
CALL SHRAMO(NCOL, XCOL, NLOAD, XLOAD, PLOAD, NREF, XREF, D, RCT, SHR, MOM)  
IF(NREFW.EQ.0) GOTO 100  
CALL REFW(SPAN, EI, N, NLOAD, XLOAD, PLOAD, NCOL, XCOL,  
*          D, NREFW, XREFW, SUMW)  
100 WRITE(6,1200)  
WRITE(6,1300) RCT(1), RCT(2)  
WRITE(6,1700)  
DO 110 I=1, NREF
```

```

110 WRITE(6,1800) XREF(I),SHR(I),MOM(I)
    IF(NREF.EQ.0) GOTO 130
    WRITE(6,1900)
    DO 120 I=1,NREFW
120 WRITE(6,2000) XREFW(I),SUMW(I)
130 CONTINUE
500 FORMAT(1X,'ENTRADA DE DATOS',/)
600 FORMAT(1X,'CLARO = ',F5.1,8X,'EI = ',E9.3)
700 FORMAT(/,1X,'COLUMNA',5X,'DIST. AL APOYO DE LA IZQ.')
```

```

800 FORMAT(3X,I1,12X,F5.1)
900 FORMAT(/,1X,'CARGA',7X,'DIST. AL APOYO DE LA IZQ.')
```

```

1000 FORMAT(F8.0,8X,F5.1)
1100 FORMAT(/,35('*'))
1200 FORMAT(/,1X,'REAC. APOYO DE LA IZQ.',5X,'REAC. APOYO DE LA DER.')
```

```

1300 FORMAT(5X,F8.2,13X,F9.2)
1400 FORMAT(/,1X,I2,' ARMONICOS REQUERIDOS PARA LA CONVERGENCIA')
```

```

1500 FORMAT(/,1X,'COLUMNA',5X,'REACCION')
```

```

1600 FORMAT(3X,I1,7X,F9.2)
1700 FORMAT(/,1X,'DIST. APOYO DE LA IZQ.',8X,'CORTANTE',9X,'MOMENTO')
```

```

1800 FORMAT(6X,F6.2,15X,F9.2,5X,F9.2)
1900 FORMAT(/,1X,'DIST. AL APOYO DE LA IZQ.',8X,'DEFLECCION')
```

```

2000 FORMAT(6X,F6.2,13X,E9.3)
2100 IF(N.LT.51) GOTO 140
    WRITE(6,2200)
2200 FORMAT(////,1X,'DEMASIADOS ARMONICOS - STOP DEL PROGRAMA')
```

```

. 140 STOP
    END
```

C  
C SUBROUTINA PARA CALCULAR LA MATRIZ A

```

C
    SUBROUTINE AMATRX(NCOL,SPAN,EI,N,XCOL,A)
    DIMENSION A(4,4),XCOL(4)
    DO 10 I=1,NCOL
    DO 10 J=1,NCOL
10 A(I,J)=0.
    P=1.0
    DO 20 I=1,NCOL
    DO 20 J=1,NCOL
    C=XCOL(I)
    X=XCOL(J)
    CALL DEFLECT(SPAN,C,X,EI,P,N,W)
    A(I,J)=W
    IF(I.EQ.J) A(I,J)=A(I,J)
20 CONTINUE
    RETURN
    END
```

C  
C SUBROUTINA PARA CALCULAR EL VECTOR D

```

C
    SUBROUTINE DVECT(SPAN,EI,N,NCOL,NLOAD,XCOL,XLOAD,PLOAD,W,D)
    DIMENSION D(4),XCOL(4),XLOAD(10),PLOAD(10)
    DO 10 I=1,NCOL
10 D(I)=0
    DO 20 I=1,NCOL
    C=XCOL(I)
    DO 20 J=1,NLOAD
    X=XLOAD(J)
    P=PLOAD(J)
    CALL DEFLECT(SPAN,C,X,EI,P,N,W)
20 D(I)=D(I)+W
    RETURN
    END
```

C  
C SUBROUTINA PARA LA SOLUCION DE ECUACIONES

```

C
    SUBROUTINE EQN(A,N,B)
```

```

DIMENSION A(4,4),B(4),II(4),INDEX(4,2),P(4)
INTEGER ROW, COL
DET=1.0
DO 10 J=1,N
10 II(J)=0
DO 130 I=1,N
T=0.
DO 60 J=1,N
IF(II(J)-1) 20,60,20
20 DO 50 K=1,N
IF(II(K)-1) 30,50,140
30 IF(ABS(T)-ABS(A(J,K))) 40,50,50
40 ROW=J
COL=K
T=A(J,K)
50 CONTINUE
60 CONTINUE
II(COL)=II(COL)+1.0
IF(ROW-COL) 70,90,70
70 DET=-DET
DO 80 L=1,N
T=A(ROW,L)
A(ROW,L)=A(COL,L)
80 A(COL,L)=T
T=B(ROW)
B(ROW)=B(COL)
B(COL)=T
90 INDEX(I,1)=ROW
INDEX(I,2)=COL
P(I)=A(COL,COL)
DET=DET*P(I)
A(COL,COL)=1
DO 100 L=1,N
100 A(COL,L)=A(COL,L)/P(I)
B(COL)=B(COL)/P(I)
DO 130 LI=1,N
IF(LI-COL) 110,130,110
110 T=A(LI,COL)
A(LI,COL)=0.
DO 120 L=1,N
120 A(LI,L)=A(LI,L)-A(COL,L)*T
B(LI)=B(LI)-B(COL)*T
130 CONTINUE
140 RETURN
END

```

C-  
C SUBROUTINA PARA CALCULAR LA DEFLECCION DEBIDO A UNA CARGA UNITARIA

```

SUBROUTINE DEFLECT(SPAN,C,X,EI,P,N,W)
C1=2*P*(SPAN**3)/(EI*97.409083)
C2=3.1415926*C/SPAN
C3=3.1415926*X/SPAN
W=0
DO 10 I=1,N
10 W=W+C1*SIN(I*C2)*SIN(I*C3)/(I**4)
RETURN
END

```

;  
;  
; SUBROUTINE PARA CALCULAR LAS REACCIONES EN LOS EXTREMOS DEL PUENTE

```

SUBROUTINE REACT(SPAN,NCOL,XCOL,NLOAD,XLOAD,PLOAD,D,RCT)
DIMENSION XCOL(4),D(4),XLOAD(10),PLOAD(10),RCT(2)
RM=0.
SUMLD=0.
SUMD=0.
DO 10 I=1,NCOL

```

```

RM=RM+XCOL(I)*D(I)
10 SUMD=SUMD+D(I)
DO 20 I=1,NLOAD
RM=RM-XLOAD(I)*PLOAD(I)
20 SUMLD=SUMLD+PLOAD(I)
RCT(2)=-RM/SPAN
RCT(1)=SUMLD-SUMD-RCT(2)
RETURN
END

```

C  
C  
SUBROUTINE TO CALCULATE THE SHEARS AND MOMENTS

```

SUBROUTINE SHRAMO(NCOL,XCOL,NLOAD,XLOAD,PLOAD,NREF,XREF,
* D,RCT,SHR,MOM)
* DIMENSION SHR(20),MOM(20),RCT(2),XCOL(4),XREF(20),D(4),
* XLOAD(10),PLOAD(10)
REAL MOM
DO 40 I=1,NREF
SHR(I)=RCT(1)
MOM(I)=RCT(1)*XREF(I)
DO 10 J=1,NCOL
IF(XCOL(J).GE.XREF(I)) GOTO 20
SHR(I)=SHR(I)+D(J)
10 MOM(I)=MOM(I)+D(J)*(XREF(I)-XCOL(J))
20 DO 30 J=1,NLOAD
IF(XLOAD(J).GE.XREF(I)) GOTO 40
SHR(I)=SHR(I)-PLOAD(J)
30 MOM(I)=MOM(I)-PLOAD(J)*(XREF(I)-XLOAD(J))
40 CONTINUE
RETURN
END

```

C  
C  
SUBROUTINE TO CALCULATE ADD DEFLECTIONS DUE TO VARIOUS SINGLE LOADS

```

SUBROUTINE REFW(SPAN,EI,N,NLOAD,XLOAD,PLOAD,NCOL,XCOL,
* D,NREFW,XREFW,SUMW)
DIMENSION XLOAD(10),PLOAD(10),XCOL(4),D(4),XREFW(20),SUMW(20)
DO 30 I=1,NREFW
SUMW(I)=0.
C=XREFW(I)
DO 10 J=1,NLOAD
P=PLOAD(J)
X=XLOAD(J)
CALL DEFLECT(SPAN,C,X,EI,P,N,W)
10 SUMW(I)=SUMW(I)+W
DO 20 K=1,NCOL
P=-D(K)
X=XCOL(K)
CALL DEFLECT(SPAN,C,X,EI,P,N,W)
20 SUMW(I)=SUMW(I)+W
30 CONTINUE
RETURN
END

```

**Nota:**

Hay que hacer mención que la entrada de datos de estos programas se puede llevar a cabo en cualquier editor y que las limitantes pueden disminuirse aumentando las dimensiones de los diferentes arreglos que involucran las variables que presentan limitante, para lo cual es aconsejable consultar la ref. 1.

```

2 DIM FI(15), N(15), F(15), RO(15), SIG(15), NM(15), FIM(15), FM(15)
3 DIM FIP(15), NP(15), FP(15), ROP(15), SIGP(15), NMP(15), FIMP(15)
4 DIM FMP(15), TP(15), TETA(15), TETAP(15), TM(15), TMP(15)
5 DIM AM(15), MP(15), M(15), T(15), R(15)
6 '*****
10 INPUT "INERCIA A FLEXION DE LA TRABE EI/E"; D
15 INPUT "INERCIA A TORSION DE LA TRABE GJ/E"; KT
20 INPUT "CLARO DEL PUENTE "; L
30 INPUT "SEMIANCHO DE LA TRABE "; DE
31 INPUT "MODULO DEL CONCRETO"; MO
40 INPUT "ESPESOR DE LA LOSA "; ESP
50 INPUT "NUMERO DE CLAROS ENTRE TRABES "; NA
60 INPUT "NUMERO DE TRABES "; NT
70 INPUT "LONGITUD DE VOLADO DE LA IZQUIERDA "; LV1
80 INPUT "LONGITUD DE VOLADO DE LA DERECHA "; LV2
90 INPUT "POR SIMETRIA, NUMERO DE CLAROS ENTRE TRABES "; LIM
91 '*****
92 DELTA = .085 * MO * ESP ^ 3
100 MF = 1
105 PI = 3.14159
108 '*****
111 PRINT
130 INPUT "SEMICLARO DE LOSA INTERIOR "; DM
140 INPUT "ENTREEJE DE TRABES "; LM
150 PRINT
160 '*****
250 AA = ((DM * MO / (6 * DELTA)) * (3 + 4 * ((DM / LM) ^ 2)))
260 BB = ((DM * MO / (6 * DELTA)) * (3 - 4 * ((DM / LM) ^ 2)))
270 CC = AA
290 K = 1 / ((MF * PI / L) ^ 4 * D)
291 ALFA = ((MF * PI / L) ^ 2 * KT)
300 '*****
311 PRINT " CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA SECCION "
320 PRINT "INERCIA DE LA TRABE          "; D
325 PRINT "RIGIDES A LA TORSION           "; KT
330 PRINT "CLARO DEL PUENTE                 "; L
340 PRINT "SEMIANCHO DE LA TRABE          "; DE
350 PRINT "INERCIA TRASVERSAL DE LA LOSA: "; DELTA
360 PRINT "NUMERO DE CLAROS ENTRE NERVADURAS: "; NA
370 PRINT "NUMERO DE TRABES                 "; NT
380 PRINT "NUM. DE TERMINOS DE LA SERIE: "; LIM
390 PRINT "LONGITUD VOLADO DE LA IZQ.      "; LV1
400 PRINT "LONGITUD VOLADO DE LA DER.     "; LV2
411 '*****
412 PRINT
413 PRINT "VERIFICACION DE DATOS": INPUT III
415 PRINT "INERCIA A FLEXION DE TRABE      "; D
420 PRINT "INERCIA A TORSION DE TRABE     "; KT
430 PRINT "SEMICLARO DE LOSA INTERMEDIA    "; DM
440 PRINT "ENTREEJE DE TRABES             "; LM
450 PRINT "COEFICIENTE DE LA SERIE        K*E "; K
460 PRINT "COEFICIENTE DE LA SERIE      ALFA/E "; ALFA: INPUT III
462 '*****
463 PRINT
468 PRINT " COEFICIENTES DE FLEXIBILIDAD DE LA TRABE "
470 PRINT "AA"; AA
480 PRINT "BB"; BB
490 PRINT "CC"; CC
491 PRINT
495 '*****
520 '*****          CONSTANTES DE APOYO DE IZQUIERDA          *****
521 I = 0
530 FI(I) = 0
540 N(I) = 1 / ALFA
550 F(I) = K
560 FOR I = 1 TO NA

```



```

570 DEND = N(I - 1) + AA + (2 * FI(I - 1) / LM) + ((F(I - 1) + K) / (LM ^ 2))
580 RO(I) = (BB - ((F(I - 1) + K) / (LM ^ 2)) - (FI(I - 1) / LM)) / DEND
590 SIG(I) = (K / LM ^ 2) / DEND
600 NM(I) = (CC + (F(I - 1) / LM ^ 2) + (K / LM ^ 2) * (1 - (RO(I) ^ 2 / SIG(I))))
620 FIM(I) = (K * (1 + RO(I))) / LM
630 FM(I) = K * (1 - SIG(I))
640 N(I) = (NM(I) / (1 + ALFA * NM(I)))
650 FI(I) = (FIM(I) / (1 + ALFA * NM(I)))
660 F(I) = (FM(I) - ((ALFA * FIM(I) ^ 2) / (1 + ALFA * NM(I))))
670 NEXT I
675 '*****
690 PRINT
700 FIP(NA) = 0
710 NP(NA) = 1 / ALFA
720 FP(NA) = K
730 I = NA
740 DENOMP = NP(I) + CC + ((FP(I) + K) / LM ^ 2) + (2 * FIP(I) / LM)
750 ROP(I) = (BB - ((FP(I) + K) / LM ^ 2) - (FIP(I) / LM)) / DENOMP
760 SIGP(I) = (K / LM ^ 2) / DENOMP
770 NMP(I - 1) = AA + (FP(I) / LM ^ 2) + (K / LM ^ 2) * (1 - (ROP(I) ^ 2 / SIGP(I)))
790 FIMP(I - 1) = ((K / LM) * (1 + ROP(I)))
791 FMP(I - 1) = K * (1 - SIGP(I))
800 NP(I - 1) = (NMP(I - 1) / (1 + ALFA * NMP(I - 1)))
810 FIP(I - 1) = (FIMP(I - 1) / (1 + ALFA * NMP(I - 1)))
820 FP(I - 1) = (FMP(I - 1) - ((ALFA * FIMP(I - 1) ^ 2) / (1 + ALFA * NMP(I - 1))))
840 I = I - 1
850 IF I > 0 THEN 740: GOTO 860
860 '*****
861 PRINT
865 PRINT "CONSTANTES DE APOYO DE IZQUIERDA"
867 PRINT
871 I = 0
880 PRINT "FI(0)          :"; FI(I)
890 PRINT "N(0)           :"; N(I)
900 PRINT "F(0)            :"; F(I)
910 FOR I = 1 TO NA
920 PRINT "RO ("; I; ")       :"; RO(I)
930 PRINT "SIG("; I; ")       :"; SIG(I)
940 PRINT "NM ("; I; ")       :"; NM(I)
950 PRINT "FIM("; I; ")       :"; FIM(I)
960 PRINT "FM ("; I; ")       :"; FM(I)
970 PRINT "N ("; I; ")        :"; N(I)
980 PRINT "FI ("; I; ")       :"; FI(I)
990 PRINT "F ("; I; ")        :"; F(I)
995 INPUT III
996 '*****
1000 NEXT I
1001 '*****
1010 PRINT "CONSTANTES DE APOYO DE DERECHA"
1020 PRINT "FI ("; NA; ")      :"; FIP(NA)
1021 PRINT "F ("; NA; ")       :"; FP(NA)
1030 PRINT "N ("; NA; ")       :"; NP(NA)
1040 I = NA
1050 PRINT "RO' ("; I; ")      :"; ROP(I)
1060 PRINT "SIG' ("; I; ")     :"; SIGP(I)
1070 PRINT "NM' ("; I - 1; ")  :"; NMP(I - 1)
1080 PRINT "FIM' ("; I - 1; ") :"; FIMP(I - 1)
1090 PRINT "FM' ("; I - 1; ")  :"; FMP(I - 1)
1100 PRINT "N' ("; I - 1; ")   :"; NP(I - 1)
1110 PRINT "FI' ("; I - 1; ")  :"; FIP(I - 1)
1120 PRINT "F' ("; I - 1; ")   :"; FP(I - 1)
1130 I = I - 1
1140 IF I > 0 THEN 1050: GOTO 1150
1145 '*****
1150 PRINT
1155 PRINT "VERIFICACION": INPUT III

```

```

1156 PRINT
1160 PRINT "CARGA EN EL VOLADO DE LA DERECHA, EFECTOS SOBRE TRABES"
1165 PRINT
1166 '*****
1170 M(NA) = (-1) * LV2
1180 T(NA) = 1
1190 VUE = 0
1200 I = NA
1210 AM(I) = (-1) * ALFA * N(I) * M(I) + ALFA * FI(I) * T(I)
1220 MP(I) = ALFA * FI(I) * T(I) + (M(I) / (1 + ALFA * NM(I)))
1230 M(I - 1) = (-1) * RO(I) * MP(I) - (SIG(I) * LM * T(I))
1250 OPE = (1 + RO(I)) * (MP(I) / LM)
1260 OPE1 = SIG(I) * T(I)
1261 T(I - 1) = OPE + OPE1
1263 TP(I) = T(I - 1)
1265 R(I) = T(I) - TP(I)
1270 I = I - 1
1280 IF I > 0 THEN 1210: GOTO 1290
1285 '*****
1290 PRINT
1300 PRINT "VALORES DE MOMENTOS Y DE FUERZAS CORTANTES"
1302 PRINT " PARA LA CARGA EN EL VOLADO DE LA DERECHA"
1303 PRINT
1305 '*****
1311 I = NA
1312 PRINT "M("; I; ") :"; M(I)
1313 PRINT "T("; I; ") :"; T(I)
1320 PRINT "AM("; I; ") :"; AM(I)
1330 PRINT "M'("; I; ") :"; MP(I)
1340 PRINT "M ("; I - 1; ") :"; M(I - 1)
1350 PRINT "T ("; I - 1; ") :"; T(I - 1)
1351 PRINT "T'("; I; ") :"; TP(I)
1352 PRINT "R ("; I; ") :"; R(I); INPUT III
1355 '*****
1360 I = I - 1
1370 IF I > 0 THEN 1320: GOTO 1371
1371 AM(I) = -M(I)
1372 R(I) = T(I) - TP(I)
1374 PRINT "AM("; I; ") :"; AM(I)
1375 PRINT "R ("; I; ") :"; R(I)
1380 VUE = VUE + 1
1390 IF VUE = 2 THEN 1430: GOTO 1400
1400 M(NA) = 0
1410 T(NA) = 1
1420 GOTO 1200
1425 '*****
1430 PRINT
1440 PRINT "CARGA EN EL VOLADO DE LA IZQUIERDA, EFECTOS SOBRE TRABES"
1445 PRINT
1446 '*****
1450 I = 0
1460 MP(I) = (-1) * LV1
1470 TP(I) = -1
1480 VUE = 0
1490 FOR I = 0 TO NA - 1
1500 AM(I) = ALFA * ((NP(I) * MP(I)) + (FIP(I) * TP(I)))
1510 DENN = (1 / (1 + (ALFA * NMP(I))))
1520 M(I) = ((DENN * MP(I)) - (ALFA * FIP(I) * TP(I)))
1530 OPER = (((-1) * ROP(I + 1)) * DENN * MP(I))
1540 OPER1 = ((ROP(I + 1) * ALFA * FIP(I)) + (SIG(I + 1) * LM)) * TP(I)
1550 MP(I + 1) = OPER + OPER1
1560 OPER2 = ((((-1) * (1 + ROP(I + 1))) / LM) * (MP(I) * DENN))
1563 OPER3 = (((1 + ROP(I + 1)) * ALFA * FIP(I)) / LM) + SIG(I + 1)) * TP(I)
1566 TP(I + 1) = OPER2 + OPER3
1567 T(I) = TP(I + 1)
1568 R(I) = T(I) - TP(I)

```

```

1570 NEXT I
1571 I = NA
1572 R(I) = -TP(I)
1573 AM(I) = MP(I)
1575 '*****
1581 PRINT
1590 PRINT "VALORES DE MOMENTOS Y DE FUERZAS CORTANTES"
1595 PRINT "PARA LA CARGA EN EL VOLADO DE LA IZQUIERDA"
1600 '*****
1601 I = 0
1602 PRINT "M("; I; ") :"; MP(I)
1603 PRINT "T("; I; ") :"; TP(I)
1610 FOR I = 0 TO NA - 1
1611 PRINT
1612 PRINT "AM("; I; ") :"; AM(I)
1613 PRINT "M ("; I; ") :"; M(I)
1614 PRINT "M'("; I + 1; ") :"; MP(I + 1)
1615 PRINT "T' ("; I + 1; ") :"; TP(I + 1)
1616 PRINT "T ("; I + 1; ") :"; T(I + 1)
1617 PRINT "R ("; I; ") :"; R(I)
1653 INPUT III
1660 NEXT I
1661 I = NA
1662 PRINT "R ("; I; ") :"; R(I)
1663 PRINT "AM("; I; ") :"; AM(I)
1670 VUE = VUE + 1
1680 IF VUE = 2 THEN 1730: GOTO 1690
1690 I = 0
1700 MP(I) = 0
1710 TP(I) = (-1)
1720 GOTO 1490
1725 '*****
1730 PRINT
1740 PRINT " LOSA "; I; " CARGADA, CALCULO DE GIROS Y DE MOMENTOS"
1745 PRINT
1747 '*****
1750 J = NA
1755 M = 1
1760 CONT = 0
1770 XINC = 0
1775 W = 0
1780 I = J
1790 X = XINC * LM
1800 IF X > 0 THEN 1840: GOTO 1810
1810 TETA(I - 1) = 0
1820 TETAP(I) = 0
1830 GOTO 1910
1840 SU1 = (((2 * (DE) ^ 3) / LM) * (1 - (2 * X / LM)))
1850 SU2 = (((-1) * 3 * (DE) ^ 2) * (1 - (X / LM))) + (2 * X * LM)
1860 SU3 = X ^ 2 * ((X / LM) - 3)
1870 TETA(I - 1) = MO * ((SU1 + SU2 + SU3) * ((-1) / (6 * DELTA)))
1880 SUM1 = (2 * (DE) ^ 3) * ((2 * (X / LM)) - 1) - ((3 * (DE) ^ 2) * X)
1890 SUM2 = (1 - (X / LM) ^ 2) * X * (LM ^ 2)
1900 TETAP(I) = MO * (SUM1 + SUM2) * (1 / (6 * DELTA * LM))
1910 TM(I - 1) = 1 - (X / LM)
1920 TMP(I) = -X / LM
1925 PRINT "CORTANTE ISOSTATICO A LA IZQ.: "; TM(I - 1); ".....CORTANTE ISOSTATI
1928 '*****
1929 PRINT "##### ERROR $$$$$$$$$$$$ "; I
1930 A = (FP(I) + (FM(I) / SIG(I))) / LM ^ 2
1940 B = (BB - ((FI(I - 1) + FIP(I)) / LM) - ((F(I - 1) + FP(I)) / LM ^ 2))
1950 C = (FI(I - 1) + (F(I - 1) / LM))
1960 D = FP(I) / LM
1970 E = FMP(I - 1) / (LM ^ 2 * SIG(I)) + F(I - 1) / LM ^ 2
1980 F = F(I - 1) / LM
1990 G = (FP(I) / LM) + FIP(I)

```

```

1995 PRINT "CONSTANTES PARA EL CALCULO DE LOS MOMENTOS..... "; A, B, C, D, E,
1996 '*****
2000 M(I - 1) = ((TETAP(I) * B) - (TETA(I - 1) * E) - ((B * F + E * C) * TM(I - 1)
2020 MP(I) = ((TETAP(I) * A) + (TETA(I - 1) * B) + ((A * F + B * C) * TM(I - 1))
2022 T(I - 1) = (TM(I - 1) + ((MP(I) - M(I - 1)) / LM))
2024 TP(I) = (TMP(I) + ((MP(I) - M(I - 1)) / LM))
2026 IF X <= DE THEN MOMIZQ = M(I - 1) + T(I - 1) * DE - (DE - X) : GOTO 2028
2027 MOMIZQ = M(I - 1) + T(I - 1) * DE
2028 IF X <= LM / 2 THEN MOMTC = M(I - 1) + T(I - 1) * (LM / 2) - (LM / 2 - X) :
2030 MOMTC = M(I - 1) + T(I - 1) * (LM / 2)
2032 IF X <= (LM - DE) THEN MOMDER = M(I - 1) + T(I - 1) * (LM - DE) - ((LM - DE
2034 MOMDER = M(I - 1) + T(I - 1) * (LM - DE)
2036 '*****
2037 PRINT
2038 PRINT "LOSA CARGADA:.....##### "; J
2040 PRINT "INCREMENTO:.....##### "; XINC
2042 PRINT "POSICION X DE LA CARGA...##### "; X
2043 PRINT
2044 PRINT "VALORES DE MOMENTOS, CORTANTES Y GIROS PARA ESTA LOSA "
2046 PRINT "M("; I - 1; " ) :"; M(I - 1)
2047 PRINT "M'("; I; " ) :"; MP(I)
2048 PRINT "T("; I - 1; " ) :"; T(I - 1)
2049 PRINT "T'("; I; " ) :"; TP(I)
2050 PRINT "TETA("; I - 1; " ) :"; TETA(I - 1)
2051 PRINT "TETA'("; I; " ) :"; TETAP(I)
2052 PRINT "MOMENTO FLEX. AL EMPOTRAMIENTO IZQ = "; MOMIZQ
2053 PRINT "MOMENTO FLEX. CENTRAL = "; MOMTC
2054 PRINT "MOMENTO FLEX. AL EMPOTRAMIENTO DER = "; MOMDER
2056 INPUT III
2057 '*****
2058 IF W > 0 THEN 2180
2059 I = I - 1
2060 IF I = 0 THEN 2180: GOTO 2070
2065 '*****
2066 ' ***** LOSA ADYACENTE A LA IZQUIERDA *****
2067 ' *****
2070 AM(I) = ((-ALFA * N(I) * M(I)) + (ALFA * FI(I) * T(I)))
2080 DEO0 = 1 / (1 + (ALFA * NM(I)))
2090 MP(I) = ((DEO0 * M(I)) + (ALFA * FI(I) * T(I)))
2100 DEO01 = (((RO(I) * ALFA * FI(I)) + (SIG(I) * LM)) * ((-1) * T(I)))
2110 M(I - 1) = ((-RO(I) * M(I) * DEO0) + DEO01)
2120 DEO02 = (((1 + RO(I)) * DEO0) / LM) * M(I)
2130 DEO03 = (((1 + RO(I)) * ALFA * FI(I)) / LM) * T(I) + (SIG(I) * T(I))
2132 T(I - 1) = DEO02 + DEO03
2134 R(I) = T(I) - T(I - 1)
2136 R(I - 1) = T(I - 1)
2138 R(I + 1) = -TP(I + 1)
2139 AM(I - 1) = -M(I - 1)
2140 AM(I + 1) = MP(I + 1)
2142 '*****
2143 PRINT
2144 PRINT "LOSA ADYACENTE:.....#####"; I
2148 PRINT "VALORES DE MOMENTOS Y DE FUERZAS CORTANTES"
2150 PRINT "AM("; I - 1; " ) :"; AM(I - 1)
2152 PRINT "AM'("; I; " ) :"; AM(I)
2154 PRINT "AM("; I + 1; " ) :"; AM(I + 1)
2156 PRINT "M'("; I; " ) :"; MP(I)
2158 PRINT "M ("; I - 1; " ) :"; M(I - 1)
2160 PRINT "T ("; I - 1; " ) :"; T(I - 1)
2162 PRINT "T' ("; I; " ) :"; TP(I - 1)
2164 PRINT "R ("; I - 1; " ) :"; R(I - 1)
2166 PRINT "R ("; I; " ) :"; R(I)
2168 PRINT "R ("; I + 1; " ) :"; R(I + 1) : INPUT III
2170 GOTO 2058
2172 '*****
2175 '***** DISTRIBUCION HACIA LA DERECHA DE ELEMENTOS MECANICOS *****

```

```

2178 '*****
2180 I = J
2185 IF W > 0 THEN 2191
2190 GOTO 2380
2191 IF XINC = 1 THEN 2197
2195 IF I >= NA THEN 2380
2196 GOTO 2200
2197 I = I - 1
2200 AM(I) = ALFA * ((NP(I) * MP(I)) + (FIP(I) * TP(I)))
2210 DEEE = MP(I) / (1 + (ALFA * NMP(I)))
2220 M(I) = DEEE - (ALFA * FIP(I) * TP(I))
2230 DEEE1 = ((ROP(I + 1) * ALFA * FIP(I)) + (SIGP(I + 1) * LM)) * TP(I)
2231 MP(I + 1) = (-ROP(I + 1) * DEEE) + DEEE1
2240 DEEE2 = ((-1) * (1 + ROP(I + 1))) / LM
2250 DEEE3 = (((1 + ROP(I + 1)) * ALFA * FIP(I)) / LM) + (SIGP(I + 1))) * TP(I)
2260 TP(I + 1) = (DEEE * DEEE2) + DEEE3
2261 R(I) = TP(I + 1) - TP(I)
2262 AM(I - 1) = -M(I - 1)
2263 AM(I + 1) = MP(I + 1)
2264 R(I - 1) = TP(I) - TP(I - 1)
2265 R(I + 1) = -TP(I + 1)
2270 '*****
2280 PRINT
2290 PRINT "TRABE ANALIZADA:"; I + 1
2300 PRINT "VALORES DE MOMENTOS Y DE FUERZAS CORTANTES"
2310 PRINT
2320 PRINT "AM("; I; ") :"; AM(I)
2325 PRINT "AM("; I - 1; ") :"; AM(I - 1)
2326 PRINT "AM("; I + 1; ") :"; AM(I + 1)
2330 PRINT "M("; I; ") :"; M(I)
2340 PRINT "M("; I + 1; ") :"; MP(I + 1)
2350 PRINT "T("; I + 1; ") :"; TP(I + 1)
2351 PRINT "T ("; I; ") :"; TP(I + 1)
2352 PRINT "R("; I - 1; ") :"; R(I - 1)
2353 PRINT "R ("; I; ") :"; R(I)
2356 PRINT "R("; I + 1; ") :"; R(I + 1); INPUT III
2357 '*****
2360 W = W + 1
2361 I = W
2370 GOTO 2195
2380 XINC = XINC + .25
2395 IF XINC >= 1 THEN GOTO 2410
2406 GOTO 1780
2410 CONT = CONT + 1
2415 PRINT "VALOR DE CONT "; CONT; INPUT III
2420 I = J
2430 TETA(I - 1) = 0
2440 TETAP(I) = 0
2445 X = LM
2448 IF CONT > LIM THEN 2462
2450 IF W = 0 THEN 2457
2453 J = J + 1
2454 GOTO 1910
2457 J = J - 1
2460 GOTO 1910
2462 IF M = 2 THEN 2500
2463 M = M + 1
2465 J = 1
2471 W = 1
2472 XINC = 0
2473 CONT = 0
2474 GOTO 1780
2500 END

```