

870115

4
24

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROGRAMA PARA RESOLVER MARCOS
POR EL METODO DE KANI.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A

JOSE ANTONIO CARRION NAVARRO

GUADALAJARA, JALISCO 1990



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

I .-	INTRODUCCION	.....1
II .-	TEORIA DEL METODO DE KANI	
	1.- Definiciones	.....2
	2.- Estructuras en las que se consideran solamente los giros de los nudos	.....4
	3.- Estructuras con nudos desplazables en sentido horizontal	.....16
	a.- Cargas verticales	.....20
	b.- Cargas horizontales	.....28
III.-	DIAGRAMA DE FLUJO	.....39
IV .-	LISTADO DEL PROGRAMA	.....45
V .-	APLICACIONES	.....51
VI .-	CONCLUSIONES	.....61
	BIBLIOGRAFIA	.....62

INTRODUCCION

En el amplio campo de la Ingenieria Civil una de las partes fundamentales que podemos considerar en la edificacion de estructuras, es el analisis estructural de las mismas y tomando en cuenta que para marcos de varios pisos, así como de varias crujiás, el calculo de los mismos se hace un poco complicado por lo laborioso del analisis, así como el tiempo que se lleva en el calculo del mismo; viendo todo esto nos podemos dar cuenta de la gran utilidad que tiene el programa ya que en unos cuantos minutos podemos tener el calculo de momentos y con estos podemos conocer los valores estaticos facilmente.

Con esto vemos que el programa puede ser una herramienta muy util que nos ahorra mano de obra tiempo y dinero. En los siguientes capitulos veremos como es el desarrollo del programa basado en el metodo de kani.

TEORIA DEL METODO DE KANI

DEFINICIONES.-

El objetivo esencial del calculo estatico de una estructura es el de obtener el equilibrio de la misma; cuando al cargar los elementos de la estructura giran y se desplazan sus nudos.

Una vez conocidos sus momentos flectores de cada uno de los extremos de las barras que constituyen la estructura, queda determinado el calculo de la misma, pues los demas valores estaticos son posibles determinarlos, mediante los momentos antes mencionados, de modo que el calculo por medio del metodo de kani consistira esencialmente en el calculo de los momentos de los extremos de cada barra de la estructura.

Ahora bien la notacion de signos que utilizaremos para este metodo es la siguiente:

"Se considerara como momento flector positivo de una barra cuando su sentido de giro sea igual al de las agujas del reloj".

Esta regla se aplica tambien para momentos de fijacion, momentos de nudo; asi como para momentos parciales.

Los nudos de un marco se designaran con un momento de orden, empezando del nudo superior y se hara de izquierda a derecha, o bien por la disposicion de la teoria de letras i, j, k, l, m, n, etc.

El programa designa a los nudos con un orden numerico empezando por la parte superior y de izquierda a derecha.

El momento flector de la barra i-k se designara de la siguiente manera como se observa en la figura 1

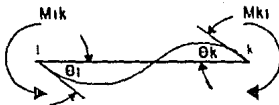


Figura 1

M_{ik} = Momento flector en el extremo i de la barra i-k

M_{ki} = Momento flector en el extremo k de la barra i-k

Los momentos creados por cargas externas suponiendo empotramiento perfecto los designaremos como sigue.

\bar{M}_{ik} = Momento de empotramiento perfecto debido a cargas externas en el extremo i de la barra i-k.

\bar{M}_{ki} = Momento de empotramiento perfecto debido a cargas externas en el extremo k de la barra i-k.

Estos momentos se deben de encontrar sus valores pues es uno de los requisitos para poder utilizar el metodo de kani.

Ahora bien las características de una barra de una estructura esta determinada por su momento de inercia de su seccion, así como la longitud de la misma. La relacion entre estos dos valores se designa como:

$$K = \frac{I}{L} \text{ Momento de inercia de la seccion de la barra} \\ \text{Longitud de la barra}$$

K = Coeficiente de rigidez

Empezaremos el calculo de la estructura suponiendo que en cada barra existiera empotramiento perfecto en cada extremo de la misma de modo que las cargas externas que actuan en una barra, estuvieran actuando en una viga la cual esta empotrada en sus extremos.

A las fuerzas y momentos exteriores que impiden el desplazamiento y giros de estos nudos los llamaremos momentos y fuerzas de sujecion. Determinados los momentos de empotramiento de cada barra se calculan los momentos de sujecion de cada nudo. Tomando en cuenta que debe existir equilibrio en cada nudo, equivale a expresar que el momento de sujecion del nudo i es igual a la suma de los momentos de empotramiento de todas las barra que concurren al nudo, así que:

$$\bar{M}_i = \sum \bar{M}_{ik} \\ (i)$$

El programa encuentra los momentos de sujecion del nudo, ya que nos pide los momentos de empotramiento de las barras que concuren al nudo y a su vez la posibilidad de existencia de un momento externo.

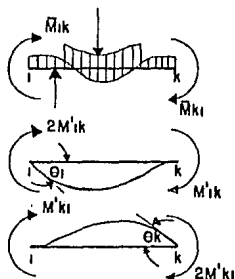
ESTRUCTURAS EN LAS QUE SE CONSIDERAN SOLAMENTE LOS GIROS DE LOS NUDOS:

En esta primera parte del metodo se considera solamente los giros de los nudos sin tomar en cuenta los desplazamientos de los mismos.

Si a una estructura se le aplican ciertas cargas se deforma, si tomamos en cuenta a una barra de esta estructura y suponemos que no existe rigidez en los nudos de la misma, cada nudo gira un determinado valor; ejemplo si suponemos que esta barra i-k en el extremo i girara un angulo θ_i y en el extremo k un angulo θ_k .

Ahora bien si descomponemos el giro total de los extremos de la barra i-k por medio de superposicion en las tres siguientes y sucesivas etapas:

- 1).- La barra i-k se deforma bajo la accion de la carga sin girar los extremos de la misma.
- 2).- El extremo i gira un angulo θ_i mientras que el extremo k no gira.
- 3).- El extremo k gira un angulo θ_k mientras que el extremo i no gira



El valor total del momento en cada extremo de la barra sera entonces la suma de las tres etapas anteriores.

Por ejemplo para el extremo i tendremos un momento \bar{M}_{ik} debido a la carga exterior (momento de empotramiento perfecto), el valor M'_{ik} es el momento que resulta debido al giro del propio extremo i.

El valor M'_{ki} es el momento resultante debido al giro del extremo k.

Debido a esto podemos escribir que para el extremo i el momento sera:

$$M_{ik} = \bar{M}_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \dots\dots\dots (1)$$

El valor del momento M'_{ik} es proporcional al ángulo de giro θ_i y a la rigidez de la barra $i-k$ (K) y lo designaremos como momento parcial debido al ángulo θ_i , de esta manera tenemos:

$$M'_{ik} = 2EK\theta_i$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad del material de la barra

K = Coeficiente de rigidez = I/L

θ_i = Ángulo de giro del extremo i

El valor del momento M'_{ki} es proporcional al ángulo de giro θ_k y a la rigidez de la barra $i-k$ y la designaremos como el momento parcial debido al ángulo θ_k y de esta forma tenemos:

$$M'_{ki} = 2EK\theta_k$$

Una vez conocidos estos valores podemos conocer el valor total del momento M_{ik} mediante la ecuación (1) que como se anotó anteriormente será pues:
del momento de empotramiento perfecto en el extremo debido a las cargas externas.
del momento debido al giro del propio extremo.
y del momento debido al giro del extremo contrario.

Vamos a calcular separadamente el valor de cada uno de estos momentos, de lo cual se deriva precisamente la ventaja de este método.

Tomemos como ejemplo un nudo cualquiera i a el cual concurre las siguientes barras.

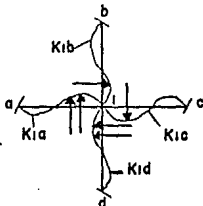


figura 3

Ahora bien como el nudo debe de estar en equilibrio tenemos entonces que

$M_i = 0$, o bien

$M_{ia} + M_{ib} + M_{ic} + M_{id} = 0$

Teniendo en cuenta las disposiciones de las barra tenemos:

$M_{ia} = \bar{M}_{ia} + 2M'_{ia} + M'_{ai}$

$M_{ib} = \bar{M}_{ib} + 2M'_{ib} + M'_{bi}$

$M_{ic} = \bar{M}_{ic} + 2M'_{ic} + M'_{ci}$

$M_{id} = \bar{M}_{id} + 2M'_{id} + M'_{di}$

por lo tanto tenemos que:

$$2 \sum_{k=a}^{k=d} M'_{ik} + \sum_{k=a}^{k=d} M'_{ki} + \sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{ik} = 0$$

debido a esto tenemos:

$$2 \sum_{k=a}^{k=d} M'_{ik} + \sum_{k=a}^{k=d} M'_{ki} = - \sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{ik}$$

Recordando que $M_{ik} = a$ la suma de los momentos de empotramiento perfecto de las barras contiguas al nudo tenemos:

$$\sum_{k=a}^{k=d} M'_{ik} = -1/2 \left[\sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{ik} + \sum_{k=a}^{k=d} M'_{ki} \right]$$

Como todas las barras giran el mismo angulo alrededor del nudo i tenemos que:

$M'_{ia} = 2EK_{ia}\theta_i$
 $M'_{ib} = 2EK_{ib}\theta_i$
 $M'_{ic} = 2EK_{ic}\theta_i$
 $M'_{id} = 2EK_{id}\theta_i$

y con esto tenemos que:

$$2(Kia+kib+kic+Kid)E\theta_i = -1 \left\{ \sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{ik} + \sum M'_{ki} \right\}$$

donde:

$$e_i = 2(Kia+Kib+Kic+Kid)$$

Para encontrar los momentos parciales de cada extremo de barra que llega al nudo tenemos lo siguiente:

$$e_i E\theta_i = -1 \left[\sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{ik} + \sum M'_{ki} \right] \dots \dots \dots (2)$$

Si a la ecuacion (2) la multiplicamos por 2Kia tenemos que:

$$2KiaE\theta_i = - \frac{Kia}{e_i} \left[\sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{ik} + \sum M'_{ki} \right]$$

y como anteriormente definimos

$$M'_{ia} = 2KiaE\theta_i$$

Por lo tanto tenemos que:

$$M'_{ia} = - \frac{Kia}{e_i} \left[\sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{ik} + \sum M'_{ki} \right] \dots \dots \dots (3)$$

Para encontrar los valores de M'ib, M'ic, M'id se hara de forma analogo.

Designaremos como:

$$U_{ia} = - \frac{Kia}{e_i}$$

La cual seria analogo para los momentos parciales de M'ib, M'ic, M'id a este valor lo designaremos como factor de distribucion y generalizando tenemos lo siguiente:

$$U_{ik} = - \frac{Kik}{e_i} \quad \text{Factor de distribucion}$$

El programa nos pide los valores de los factores de distribucion de las barras.

Generalizando la ecuacion (3) para encontrar los momentos parciales de cualquier extremo de una barra tenemos

$$M'ik = Uik [\sum M'ik + \sum M'ki]$$

Cuando conocemos el valor del angulo de giro en el extremo opuesto del nudo considerado ($M'ai, M'bi, M'ci, M'di$), podemos seguidamente determinar su influencia en el momento parcial en el extremo contiguo al nudo referido. Cuando los valores de estos angulos de giro (momento parcial) los conocemos solo aproximadamente, podemos obtener tambien los valores de los momentos parciales citados aproximadamente, pero cada vez con mayor exactitud si reiteramos el calculo de los mismos. Los primitivos valores como no tenemos ninguno conocido los podemos suponer iguales a cero.

En las sucesivas iteraciones para obtener mayor aproximacion, se procede del siguiente modo. Se suma al momento de sujecion del nudo los valores aproximados de los momentos parciales de los extremos opuestos de las barras y el resultado se multiplica por su factor de distribucion correspondiente (definido anteriormente) de cada una de las barras que concurren al nudo. Podemos decir por lo tanto que:

Se suma al momento de sujecion del nudo los valores aproximados con los momentos parciales en los extremos opuestos de las barras que concurren en el, se multiplica esta suma por los factores de distribucion de cada barra, y los resultados son la influencia de los giros sobre el momento parcial en el extremo de cada barra.

Reiterando esta operacion en los sucesivos nudos en una marcha arbitraria, se pueden hallar los valores sucesivos debido a los giros en los extremos opuestos en las barras que concurren en el, a la aproximacion deseada.

El programa no sigue una marcha arbitraria, sino que lleva el orden numerico de los nudos y termina según el numero de iteraciones deseadas.

A medida que avanza el calculo se van obteniendo valores cada vez mas proximos a los verdaderos. El calculo se dara por terminado cuando los resultados de iteraciones sucesivas nos proporcionen los mismos valores.

Finalmente mediante la ecuacion (1) se calculan los momentos totales.

Vamos a exponer el desarrollo del calculo mediante la resolucion de un ejemplo

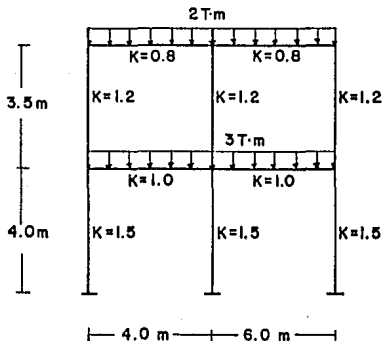


Figura 4

Las rigideces K de las distintas barras se encuentran en el centro de las mismas, así como también las cargas exteriores que actúan en el marco y las longitudes propias de cada una de las barras

Adoptamos el tipo de esquema de la figura 4a que nos permite escribir los sucesivos valores en los extremos de cada barra, así como los factores de distribución, los momentos de empotramiento perfecto y los momentos de sujeción del nudo.

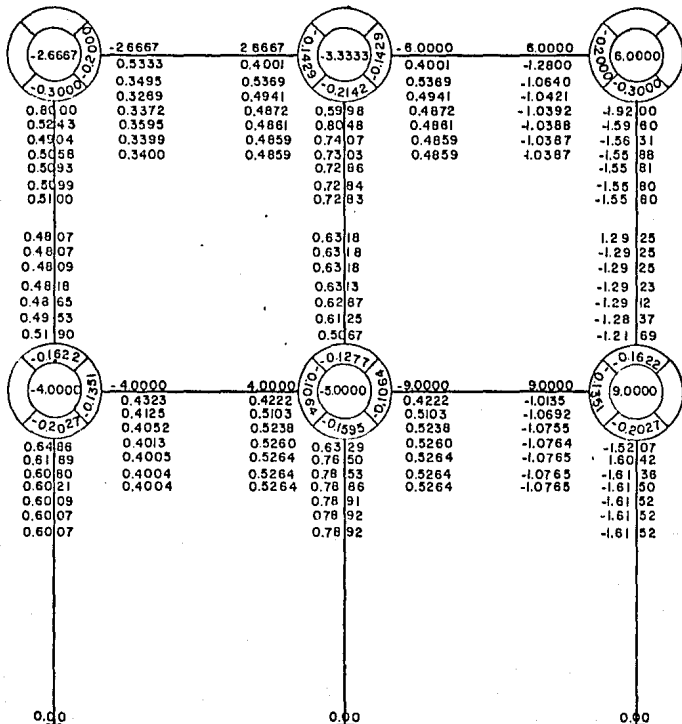


Figura 4a

Primeramente calculamos los momentos de empotramiento perfecto producidos por las cargas exteriores, en el caso de la barra 1-2 tenemos que:

en el extremo izquierdo.

$$\bar{M}_{1-2} = -\frac{q_1 l^2}{12} = \frac{-2T/m \cdot (4m)^2}{12} = -2.6667 \text{ Tm}$$

para el extremo derecho.

$$\bar{M}_{2-1} = \frac{q_1 l^2}{12} = \frac{2T/m \cdot (4m)^2}{12} = 2.6667 \text{ Tm}$$

Para la barra 2-3 tenemos

para el extremo izquierdo.

$$\bar{M}_{2-3} = -\frac{q_1 l^2}{12} = \frac{-2T/m \cdot (6m)^2}{12} = -6.0 \text{ Tm}$$

y para el extremo derecho.

$$\bar{M}_{3-2} = \frac{q_1 l^2}{12} = \frac{2T/m \cdot (6m)^2}{12} = 6.0 \text{ Tm}$$

Para las siguientes barras tenemos que:

para la barra 4-5 sera de -4.5 Tm para el extremo izquierdo y para el extremo derecho sera el mismo valor pero con signo contrario. Y por ultimo para la barra 5-6 tenemos que para el extremo izquierdo el momento de empotramiento perfecto es de -9.0 Tm y para el extremo derecho es de 9.0 Tm.

Una vez obtenidos todos los momentos de empotramiento perfecto de todas las barras, procedemos a sacar el momento de sujecion de cada nudo, que como habiamos dicho anteriormente es la suma de todos los momentos de empotramiento perfecto de las barras que llegan al nudo.

Tomamos como ejemplo el nudo (5), de esta manera tenemos

$$M_5 = 4.0 - 9.0 = -5.0 \text{ Tm}$$

Una vez obtenidos todos los momentos de sujecion de los nudos procedemos a obtener los factores de distribucion de cada una de las barras, para esto tomamos en cuenta que:

$$U_{ik} = -\frac{K_{ik}}{e_i}$$

$$\text{recordando } e_i = 2[K_{ia} + K_{ib} + K_{ic} + K_{id}]$$

y tomando como ejemplo el nudo 5

$$e_i = 2[1.0 + 1.2 + 1.0 + 1.5] = 2 \cdot 4.7 = 9.4$$

los factores de distribución de cada una de las barras del nudo 5 sera entonces:

$$U5-2 = - \frac{1.2}{9.4} = -0.1277$$

$$U5-6 = - \frac{1.0}{9.4} = -0.1064$$

$$U5-4 = - \frac{1.0}{9.4} = -0.1064$$

$$U5-8 = - \frac{1.5}{9.4} = -0.1595$$

De la misma manera como obtuvimos los factores de distribución del nudo (5) se obtienen los demas factores de distribución de las barras que concurren a los nudos. Una vez que tenemos los momentos del empotramiento, los momentos de sujecion y los factores de distribución, procedemos a obtener los momentos parciales de cada una de las barras, y con esto damos inicio al metodo de Kani:

Empezamos con el nudo (1) tenemos que:

$$M'_{ik} = - \frac{k_{ik}}{e_i} \left[\sum_{k=a}^d \bar{M}_{ik} + \sum_{k=a}^d M'_{ki} \right]$$

el momento de sujecion del nudo (1) es producido por las cargas externas considerando que cada barra estuviera con empotramiento perfecto.

$$\bar{M}_{ik} = -2.6667$$

y los momentos parciales de los extremos contiguos de las barras que concurren al nudo (1) no los conocemos, por lo que los suponemos iguales a cero.

$$M'_{ik} = - \frac{k_{ik}}{e_i} [-2.6667+0]$$

con lo que multiplicamos este valor por su correspondiente factor de distribución .

$$M'_{1-2} = -0.2[-2.6667] = 0.5333 Tm$$

$$M'_{1-4} = -0.3[-2.6667] = 0.8000 Tm$$

estos valores los anotamos por debajo de la linea del momento de empotramiento perfecto de su barra correspondiente.

Siguiendo con el nudo (2) tenemos que el momento de sujecion del nudo es de -3.3333 Tm y los momentos parciales de los extremos contiguos de los extremos de las barras que concurren al nudo son de 0.5333+0+0 por lo que tenemos:

$$-3.3333+0.5333+0+0 = -2.8 Tm$$

y este valor lo multiplicamos por sus respectivos factores de distribución, para encontrar el momento parcial de cada una de las barras que llegan al nudo.

$$M'2-1 = -2.8*(-0.1429) = 0.4001 \text{ Tm}$$

$$M'2-5 = -2.8*(-0.2142) = 0.5998 \text{ Tm}$$

$$M'2-3 = -2.8*(-0.1429) = 0.4001 \text{ Tm}$$

y procedemos de la misma manera con los demás nudos, hagamos ahora el nudo (6).

El momento de sujeción es de 9.0 Tm y los momentos parciales opuestos de las barras son:

$$M'3-6 = -1.9200 \text{ Tm}$$

$$M'5-6 = 0.4222 \text{ Tm}$$

por lo que:

$$M'ik = 9.0 - 1.9200 + 0.4222 = 7.5022 \text{ Tm}$$

y los momentos parciales serán:

$$M'6-3 = 7.5022*(-0.1622) = -1.2169 \text{ Tm}$$

$$M'6-5 = 7.5022*(-0.1351) = -1.0135 \text{ Tm}$$

$$M'6-9 = 7.5022*(-0.2027) = -1.5207 \text{ Tm}$$

y así sucesivamente seguimos con las siguientes iteraciones hasta que los valores de dos iteraciones sucesivas sean iguales; veamos las iteraciones 6 y 7 casi todos los valores de los momentos parciales son iguales, los únicos que difieren son, $M'1-4$, $M'1-2$ y $M'2-5$, pero si realizamos una nueva iteración nos daríamos cuenta que los valores serían exactamente igual a los anteriores por lo que podemos decir que el cálculo ha llegado a su fin. El cálculo bien pudo darse por terminado en la iteración No 5 en la cual la diferencia de un valor con el otro eran de diezmilésimas; con esto vemos que a mayor exactitud más iteraciones y sobre todo ver cual es la exactitud deseada.

Una vez determinados los momentos parciales definitivos de las barras, podemos obtener los momentos definitivos sumando los valores según la ecuación (1)

$$M_{ik} = \bar{M}_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

por lo que tenemos en la figura 4b los momentos definitivos en lugar de hacerlo en la figura 4a para mayor claridad.

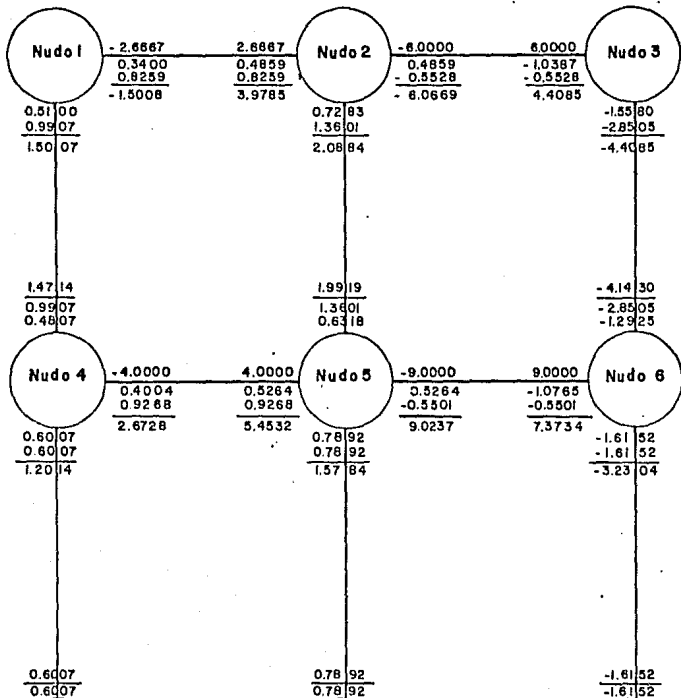


Figura 4b

En esta misma se anotan los momentos de empotramiento de cada una de las barras y los últimos momentos parciales de cada barra así como a cada barra se le agrega el valor obtenido de la suma de los momentos parciales del extremo de la barra y el opuesto. Es decir, sumamos en cada extremo a los valores apuntados un mismo valor, que es la suma de los momentos parciales en los dos extremos, por lo tanto, en el extremo de cada barra se anotan además del momento de

empotramiento y del momento parcial, la suma que acabamos de indicar.

La suma de estos tres valores (en las columnas seran dos, por no existir momentos de empotramiento debido a cargas externas) es el momento total que se anota. Ejemplo: Para el extremo izquierdo de la barra 1-2

el momento de empotramiento.	-2.6667
el momento parcial final	0.3400
y la suma de los momentos parciales finales del extremo y su opuesto	<u>0.8259</u>
el momento total final	-1.5008

Para el caso de una columna tenemos en el extremo superior de la columna 3-6.

el momento parcial final	-1.5580
la suma de los momentos parciales finales del extremo y su opuesto	<u>-2.9505</u>
el momento total final	-4.4085

Para la comprobacion del calculo debido a la condicion de equilibrio en un nudo cualquiera la suma de los momentos definitivos debe ser igual a cero (excepto en nudos en que actuen momentos exteriores).

Si se hubiera cometido algun error en el calculo de estos momentos, quedaria al descubierto al sumar todos los momentos en el nudo al no ser igual a cero o al momento exterior que actua en el nudo.

Si es necesario cambiar al final del calculo la seccion de las barras de la estructura o de las cargas que actuan en la misma, podemos tomar como primeros momentos parciales los obtenidos en el calculo anterior y empezar asi el nuevo calculo, recordando con esto que este metodo es un proceso iterativo y no es que estos momentos sean falsos sino menos aproximados a los definitivos y por medio de las iteraciones siguientes llegaremos a los momentos parciales reales, con esto vemos que si en una iteracion se comete un error en la siguiente el error desaparece, siempre y cuando no haya sido cometido al obtener, momentos de empotramiento, factores de distribucion o momentos de sujecion.

ESTRUCTURAS CON NUDOS DESPLAZABLES EN SENTIDO HORIZONTAL

Cuando una estructura se deforma bajo la acción de ciertas cargas, además de girar se desplazan sus nudos de posición (figura 5), se puede descomponer la deformación del elemento vertical correspondiente de la siguiente forma.

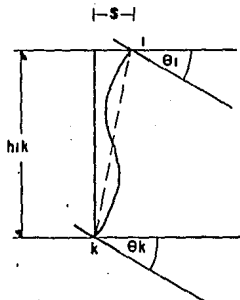


Figura 5

- 1.- La barra i-k se deforma sin girar sus extremos ni desplazarse (empotramiento perfecto).
- 2.- El extremo i gira un ángulo θ_i mientras que el extremo k no gira y no se desplazan ninguno de los dos.
- 3.- El extremo k gira un ángulo θ_k mientras que el extremo i no gira y no se desplazan ninguno de los dos.
- 4.- Los extremos i-k se desplazan entre ellos un valor $\$$ (figura 5) sin que dichos extremos tengan ningún nuevo giro.

Las primeras tres etapas son iguales a las consideradas en el caso de estructuras con nudos fijos ecuación (1) bastara para el cálculo del M_{ik} del extremo del elemento que se desplaza agregar a aquella igualdad el valor M'_{ik} debido al desplazamiento $\$$ del extremo i del elemento.

Conociendo estos cuatro valores de los momentos en los extremos del elemento podemos obtener el momento total resultante con la suma de estos; por lo tanto

$$M_{ik} = \bar{M}_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} \dots\dots\dots(1a)$$

Donde:

- M_{ik} = Momento total en el extremo i de la barra i-k
- \bar{M}_{ik} = Momento de empotramiento perfecto debido a cargas externas en el extremo i de la barra i-k
- M'_{ik} = Momento parcial i de la barra i-k
- M'_{ki} = Momento parcial k de la barra i-k
- M''_{ik} = Momento debido al desplazamiento del extremo i de la barra i-k.

Tomamos como ejemplo el nudo utilizado cuando no existia desplazamiento, pero en este caso si existe desplazamiento; por lo tanto tenemos.

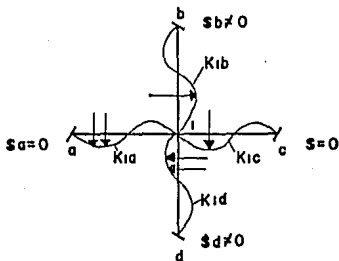


Figura 6

teniendo en cuenta la ecuacion de equilibrio de momentos en el nudo i tenemos.

$$M_{ik} = 0 ; 0 \text{ bien}$$

$$M_{ia} + M_{ib} + M_{ic} + M_{id} = 0$$

y teniendo en cuenta las disposiciones de las cargas de cada barra tenemos.

$$M_{1a} = \bar{M}_{1a} + 2M'_{1a} + M'_{a1} + M''_{1a}$$

$$M_{1b} = \bar{M}_{1b} + 2M'_{1b} + M'_{b1} + M''_{1b}$$

$$M_{1c} = \bar{M}_{1c} + 2M'_{1c} + M'_{c1} + M''_{1c}$$

$$M_{1d} = \bar{M}_{1d} + 2M'_{1d} + M'_{d1} + M''_{1d}$$

con esto tenemos

$$M_{1k} = \sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{1k} + 2 \sum_{k=a}^{k=d} M'_{1k} + \sum_{k=a}^{k=d} M'_{k1} + (M''_{1b} + M''_{1d}) = 0$$

y con esto

$$\sum_{k=a}^{k=d} M'_{1k} = - \frac{1}{2} \left[\sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{1k} + \sum_{k=a}^{k=d} M'_{k1} + (M''_{1b} + M''_{1d}) \right]$$

y suponiendo que todas las barras giran un mismo ángulo alrededor del nudo 1 tenemos.

$$M'_{1a} = 2EK_{1a}\theta_1$$

$$M'_{1c} = 2EK_{1c}\theta_1$$

$$M'_{1b} = 2EK_{1b}\theta_1$$

$$M'_{1d} = 2EK_{1d}\theta_1$$

sustituyendo estos valores en la ecuación anterior.

$$2(K_{1a} + K_{1b} + K_{1c} + K_{1d})\theta_1 = - \frac{1}{2} \left[\sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{1k} + \sum_{k=a}^{k=d} M'_{k1} + (M''_{1b} + M''_{1d}) \right]$$

y

$$e_1 = 2(K_{1a} + K_{1b} + K_{1c} + K_{1d})$$

para encontrar los momentos parciales de cada extremo de barra que llega al nudo 1 tenemos lo siguiente.

$$e_1\theta_1 = - \frac{1}{2} \left[\sum_{k=a}^{k=d} \bar{M}_{1k} + \sum_{k=a}^{k=d} M'_{k1} + (M''_{1b} + M''_{1d}) \right]$$

y multiplicando la ecuación por $2K_{1a}$ se tiene

$$2K_{ia}E\theta_i = - \sum_{k=a}^{k=d} K_{ik} \left[\sum_{k=a}^{k=d} M_{ik} + \sum_{k=a}^{k=d} M'_{ki} + (M''_{ib} + M''_{id}) \right]$$

y

$$U_{ia} = - \frac{K_{ia}}{E_i}$$

generalizando tenemos:

$$U_{ik} = \frac{K_{ik}}{E_i} \quad \text{Factor de distribución igual al de nudos no desplazables.}$$

y generalizando la ecuación.

$$M'_{ik} = U_{ik} \left[\sum_{k=a}^{k=d} M_{ik} + \sum_{k=a}^{k=d} M'_{ki} + \sum_{k=a}^{k=d} M''_{ik} \right]$$

Como hemos visto la ecuación para obtener los momentos parciales de los giros no cambio en nada, únicamente introducimos en ella los momentos parciales debido a los desplazamientos de los pisos.

Para las barras de sección constante como hemos supuesto que $M'_{ik} = M'_{ki}$, por lo cual será necesario debido a la simetría del cálculo un solo valor para el momento parcial debido al desplazamiento, el cual lo anotaremos en la mitad de la barra.

Teniendo en cuenta las condiciones de equilibrio de la estructura, emplearemos para el cálculo de los momentos parciales debido al desplazamiento un proceso análogo al utilizado para los momentos parciales de los giros. Como luego demostraremos existe una completa analogía entre los dos procedimientos.

Consideraremos porticos de varios pisos con columnas verticales y para el cálculo de los desplazamientos horizontales distinguiremos el caso de que actúen o no fuerzas horizontales sobre el portico.

Cargas verticales

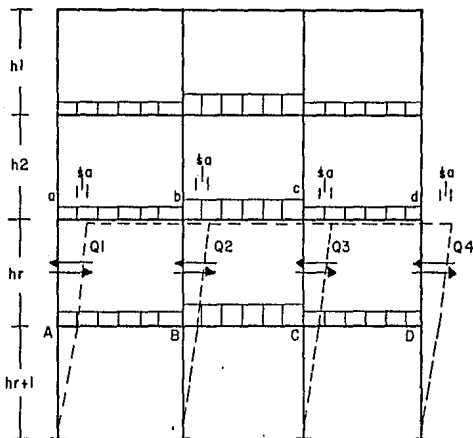


figura 7

Cortemos horizontalmente la estructura de la figura 7, todas las columnas de un piso r . Ahora bien para que exista equilibrio la suma de las fuerzas cortantes de las columnas de este piso será igual a cero, por lo tanto

$$Q_{ik} = 0$$

r

Esta ecuación de equilibrio que debe cumplirse para cada piso (cuando existe la posibilidad de desplazamientos horizontales de los nudos), se deduce el desplazamiento horizontal igual y contrario de las barras horizontales y mediante la misma pueden calcularse los momentos parciales debido al desplazamiento de los nudos.

Para obtener los momentos parciales de desplazamiento del piso r se consideran dos secciones en ambos extremos según puede verse en la figura 7b

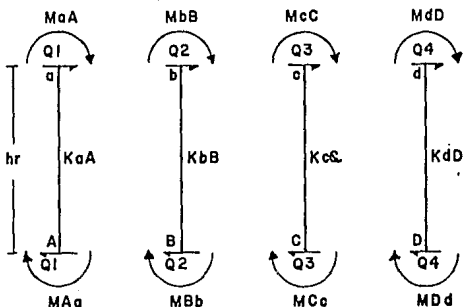


Figura 7b

y la condicion de equilibrio sera.

$$Q1 + Q2 + Q3 + Q4 = 0$$

y ademas tenemos que.

$$MaA + MAa + Q1hr = 0$$

$$Q1 = - \frac{1}{hr} [MaA + MAa]$$

y

$$MaA = 2M'aA + M'Aa + M''aA$$

$$MAa = 2M'Aa + M'aA + M''aA$$

sustituyendo estos valores en la ecuacion tenemos.

$$Q1 = - \frac{1}{hr} [2M'aA + M'Aa + M''aA + 2M'Aa + M'aA + M''aA]$$

$$Q1 = - \frac{1}{hr} [3M'aA + 3M'Aa + 2M''aA]$$

y en forma analoga para Q2, Q3, Q4.

$$Q2 = - \frac{1}{hr} [3M'_{bB} + 3M'_{Bb} + 2M'_{'bB}]$$

$$Q3 = - \frac{1}{hr} [3M'_{cC} + 3M'_{Cc} + 2M'_{'cC}]$$

$$Q4 = - \frac{1}{hr} [3M'_{dD} + 3M'_{Dd} + 2M'_{'dD}]$$

y sustituyendo estos valores en la ecuacion.

$$Q1 + Q2 + Q3 + Q4 = 0 \quad ; \quad \text{tenemos}$$

$$-hr \sum_{r=1}^4 Q_r = 3[M'_{aA} + M'_{bB} + M'_{cC} + M'_{dD}] + (M'_{'aA} + M'_{'bB} + M'_{'cC} + M'_{'dD}) = 0$$
$$2 \sum_{r=1}^4 M'_{Aa} + M'_{Bb} + M'_{Cc} + M'_{Dd}]$$

y con esto tenemos.

$$(M'_{'aA} + M'_{'bB} + M'_{'cC} + M'_{'dD}) = -3 \frac{[M'_{aA} + M'_{bB} + M'_{cC} + M'_{dD}]}{2 \sum_{r=1}^4 M'_{Aa} + M'_{Bb} + M'_{Cc} + M'_{Dd}}$$

Suponemos que las longitudes de las barras son constantes teniendo en cuenta que el momento parcial del desplazamiento depende unicamente del valor \$ de dicho desplazamiento y de los valores de (k/h) y es ademas proporcional a ellos, se calcularan los momentos parciales sobre las columnas del desplazamiento (\$a) del piso r en proporcion a los valores (k/h) y teniendo en cuenta ademas que las columnas tienen la misma longitud, en proporcion a las rigideces k de las mismas.

$$M'_{aA} = - \frac{6EKaA(\$a)}{hr}$$

$$M'_{bB} = - \frac{6EKbB(\$a)}{hr}$$

$$M'_{cC} = - \frac{6EKcC(\$a)}{hr}$$

$$M'_{dD} = - \frac{6EKdD(\$a)}{hr}$$

por lo que tenemos.

$$-6E \frac{(\$a)}{hr} (kAa + kBb + kCc + kDd) = -3 \frac{[M'_{aA} + M'_{bB} + M'_{cC} + M'_{dD}]}{2 \sum_{r=1}^4 M'_{Aa} + M'_{Bb} + M'_{Cc} + M'_{Dd}}$$

y teniendo en cuenta.

$$M'_{iA} = - \frac{6E(\delta_A)}{K_A A h^2}$$

y sustituyendo este valor en la ecuacion y efectuando operaciones resulta:

$$M'_{iA} = V_A A [M'_{iAA} + M'_{iAa} + M'_{iBb} + M'_{iBb} + M'_{iCc} + M'_{iCc} + M'_{iDd} + M'_{iDd}]$$

Donde:

$$V_A = - \frac{3}{2} \frac{K_A A}{(K_A A + K_B B + K_C C + K_D D)}$$

generalizando.

$$V_{ik} = - \frac{3}{2} \frac{K_{ik}}{r} \quad \text{Factor de distribucion de piso.}$$

Generalizando la ecuacion de los momentos parciales debido al desplazamiento del piso r.

$$M'_{ik} = V_{ik} [\sum_r M'_{ik} + \sum_r M'_{ki}]$$

llegamos a la conclusion de que el calculo de los momentos parciales debido al desplazamiento es tan sencillo como el de los momentos parciales debido a los giros.

"Sumaremos los momentos parciales de los giros en todos los extremos de las columnas del piso, multiplicaremos esta suma sucesivamente por los factores de distribucion de piso, obteniendo de esta forma los momentos parciales correspondientes al desplazamiento".

Mediante los momentos parciales de los giros, se calculan los de los desplazamientos y con esto a su vez calculamos los de los giros en sucesivas iteraciones hasta obtener el grado de aproximacion deseado.

Como demostracion practica de lo antes dicho, vamos a desarrollar el mismo ejemplo de la figura 4 pero suponiendo sus nudos desplazables. Se conservan los mismos valores de los factores de distribucion y momentos de empotramiento perfecto en los extremos de las barras (figura 8a), la primera iteracion de los momentos parciales es tambien exactamente la misma, ya que empezamos con valores de los momentos parciales de desplazamiento iguales a cero, por no conocerlos. Anotamos los factores de distribucion de piso en el lado izquierdo central de cada columna a que corresponden y los encerramos en un rectangulo.

El reparto de este valor

$$v_{ik} = -\frac{3}{2} \frac{(k_{ik})}{\sum k_{ik}} \quad \text{debe ser igual a } -1.5$$

Para el piso superior tenemos que sera para cada uno de -0.5 por tener la misma rigidez las columnas de este piso. Y en el piso inferior sera tambien de -0.5

En la figura 8a se ha llegado hasta la iteracion numero 15 esto con el afan de obtener una exactitud de hasta un diezmilésimo, pero bien se pudo haber dado por terminado el calculo si se hubiera deseado una aproximacion menor como por ejemplo en una centésima en la iteracion numero 4, con esto vemos pues que entre mas exactitud deseada mas iteraciones seran necesarias en el caso de contar con cuatro decimales. Terminaremos la iteracion numero 15 del nudo 5 y 6 para despues calcular los momentos parciales de los pisos 1 y 2.

Para calcular los momentos parciales de los nudos debemos tomar en cuenta los momentos parciales de desplazamiento de la iteracion anterior.

Para el nudo 5 tenemos
 $-5.0 + 0.3114 + 0.6614 - 1.1655 + 0.0 + 0.5467 + 0.2937 = -4.3523$
 multiplicado este valor por los factores de distribucion se obtienen los correspondientes momentos parciales 0.4631, 0.5558, 0.4631, 0.6942, los cuales los anotamos como nuevas aproximaciones en el nudo 5

Para el nudo 6 tenemos
 $9.0 + 0.4631 - 1.6766 + 0.0 + 0.5467 + 0.2937 = 8.6269$
 que multiplicado por su correspondientes factores de distribucion tenemos -1.1655, -1.3993, -1.7487

Una vez terminada la iteracion 15 de los nudos, calculamos la misma iteracion pero ahora de los momentos parciales de desplazamiento de los pisos.

Para el piso 1
Sumamos todos los momentos parciales de los extremos de las columnas del piso 1 y los multiplicamos por sus respectivos factores de distribución de piso.

$0.3915+0.3739+0.6613+0.5558-1.6766-1.39931=-1.0933$
y multiplicado este valor por sus correspondientes factores de distribución de piso, tenemos que para las tres columnas por tener el mismo factor el momento parcial de desplazamiento de 0.5467

Para el piso 2
 $0.4672+0.0+0.6942+0.0-1.7487+0.0=-0.5873$
y multiplicado por sus correspondientes factores dedistribucion de piso tenemos que para las tres columas el mismo valor de 0.2937

Con esto vemos que la iteracion No 15 fue exactamente igual a la anterior por lo que con esto damos por terminado el calculo.

Una vez que se han obtenido los momentos parciales definitivos y los momentos parciales de desplazamiento procedemos a calcular los momentos finales en los extremos de las barras utilizando la ecuacion (1a) en la cual se suma en cada extremo de la barra.

el momento de empotramiento perfecto.
el doble momento parcial del extremo.
el momento parcial del extremo opuesto.
el momento parcial de desplazamiento.

- 1.- Se tachan en cada extremo de la barra los valores no utilizables, dejando solamente los momentos de empotramiento perfecto y el momento parcial final.
- 2.- Se forma en cada barra la suma de los momentos parciales mas el momento parcial de desplazamiento, esta suma se anota en cada extremo de la barra.
- 3.- Se suman estos valores anotados, (en las barras horizontales tenemos en cada extremo tres valores, y en las columnas dos ya que no existen en este ejemplo momentos de empotramiento).

Esto lo podemos ver en la figura 8b

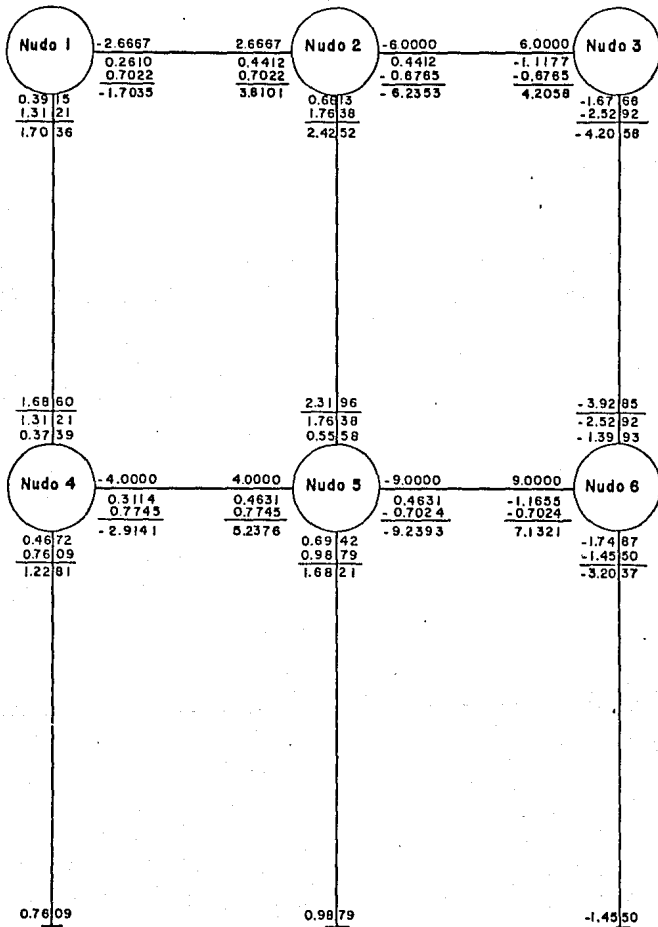


Figura. 8b

Cargas horizontales

Para el caso de una estructura de varios pisos, sobre la cual actúan fuerzas horizontales sobre los nudos o bien fuera de ellos (figura 9), no podemos considerar estos nudos como rígidos. Existen ahora además de los momentos de sujeción unas fuerzas horizontales de fijación (representadas en la figura 9 por los valores H) que impiden el desplazamiento de los nudos, como los momentos impiden los giros de los mismos.

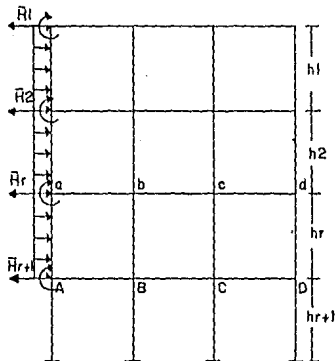


Figura 9

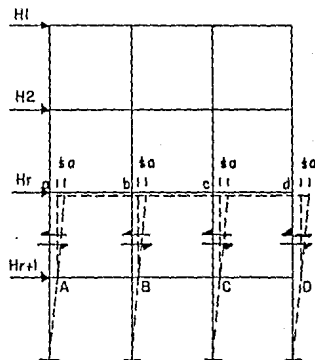


figura 9a

Calculados los momentos de empotramiento en los extremos de las barras, calculamos después los momentos de sujeción mediante las ecuaciones de equilibrio.

Para calcular los desplazamientos de la misma forma que lo hemos hecho para cargas verticales, deberemos tener en cuenta que ahora intervendrán unas fuerzas de fijación H que antes no existían. Estas fuerzas H las podemos eliminar introduciendo para cada una de ellas una igual y contraria a cada una de ellas y serán positivas cuando actúen de izquierda a derecha. Estas fuerzas adicionales se representan en la figura 9a.

Efectuando un corte horizontal para todas las columnas en un piso cualquiera r establecemos la condición de equilibrio.

$$\sum_{i=1}^r Q_{ik} = \sum H_i$$

Esto indica que la suma de las fuerzas cortantes en todas las columnas del piso r es igual a la suma de las fuerzas horizontales H que actúan en los nudos por encima del piso r .

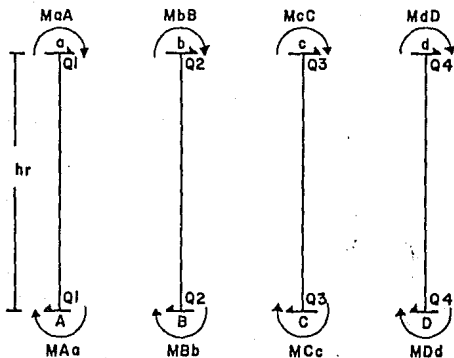


Figura 9b

Para que se cumpla el enunciado anterior tendremos que:

$$Q1 + Q2 + Q3 + Q4 = \sum_{i=1}^{(r)} H_i$$

y tenemos.

$$M_{AA} + M_{AA} + Q1 \cdot hr = 0$$

por lo tanto.

$$Q1 = - \frac{1}{hr} [M_{AA} + M_{AA}] \quad \text{sabiendo que}$$

$$M_{AA} = 2M'_{AA} + M'_{Aa} + M''_{aA}$$

$$M_{AA} = 2M'_{Aa} + M'_{aA} + M''_{aA}$$

sustituyendo estos valores en la ecuacion tenemos,

$$Q1 = - \frac{1}{hr} [3M'_{AA} + 3M'_{Aa} + 2M''_{aA}]$$

y en forma analoga para Q2, Q3, Q4 tenemos.

$$\sum_{i=1}^r H_i = - \frac{1}{hr} [3M'_{AA} + 3M'_{BB} + 3M'_{CC} + 3M'_{DD}] - \frac{1}{hr} [2M''_{aA} + 2M''_{bB}]$$

haciendo operaciones para despejar los desplazamientos.

$$M''_{aA} + M''_{bB} + M''_{cC} + M''_{dD} = - \frac{3}{2} \frac{H_i \cdot hr}{3} + M'_{AA} + M'_{BB} + M'_{CC} + M'_{DD}$$

y de la misma manera como hicimos en el caso de cargas verticales tenemos.

$$M''_{aA} = - \frac{6EK_{AA}(\delta_a)}{hr}$$

$$M''_{bB} = - \frac{6EK_{bB}(\delta_b)}{hr}$$

$$M''_{cC} = - \frac{6EK_{cC}(\delta_c)}{hr}$$

$$M''_{dD} = - \frac{6EK_{dD}(\delta_d)}{hr}$$

y por lo tanto tenemos .

$$-6E\left(\frac{I_a}{hr}\right) \cdot (KaA + KbB + KcC + KdD) = -\frac{3}{2} \left[\frac{Hr \cdot hr}{3} + (M'Aa + M'Bb + M'Cc + M'Dd) \right]$$

Con esto vemos que los factores de distribución de piso son los mismos que para cargas verticales y la ecuación sigue siendo la misma, solamente introducimos un nuevo factor $(Hr \cdot hr/3)$ debido a las fuerzas de sujeción y lo llamaremos :

Momento de piso

$$\bar{M}_r = \frac{Hr \cdot hr}{3}$$

Donde:

Hr = La suma de las fuerzas de sujeción que actúan por encima del piso r.

hr = Altura del piso r.

Generalizando la ecuación de desplazamientos.

$$M''_{ik} = v_{ik} \left[M_r + \sum_r M'_{ik} + \sum_r k_i \right]$$

El cálculo por lo tanto de un marco de varios pisos con cargas horizontales, constará de los siguientes pasos:

- 1.- Cálculo de los momentos de empotramiento perfecto en los extremos de las barras y de los momentos y fuerzas de sujeción.
- 2.- Cálculo de las fuerzas de sujeción y de los momentos de piso M_r , debido a las fuerzas de sujeción.
- 3.- Cálculo de los factores de distribución y factores de distribución de piso.
- 4.- Cálculo de los momentos parciales de las barras y cálculo de los momentos parciales de desplazamiento iterativamente una iteración con otra hasta llegar a la aproximación deseada.

La diferencia esencial entre el cálculo de un pórtico de varios pisos con carga horizontal y otro con cargas verticales; consiste en que al calcular los momentos

parciales de desplazamiento debe agregarse a el calculo de los desplazamientos el momento del piso.

Como podemos ver la ecuacion de los momentos parciales es:

$$M'_{ik} = U_{ik}(\bar{M}_i + \sum(M'_{ki} + M''_{ik}))$$

y la de los momentos parciales de desplazamiento es la siguiente:

$$M''_{ik} = V_{ik}(M_r + \sum(M'_{ik} + M'_{ki}))$$

Comparando estas dos ecuaciones, vemos la analogia de las mismas. En ambos casos, en lugar de M'_{ik} hay M''_{ik} , y en lugar del factor de distribucion, tenemos el factor de distribucion de piso, y en lugar del momento de sujecion, el momento de piso.

Haremos un ejemplo para poder entender mejor el procedimiento de cargas horizontales. Tomemos el marco del ejemplo de cargas verticales pero en este caso sometido a la accion de cargas horizontales.

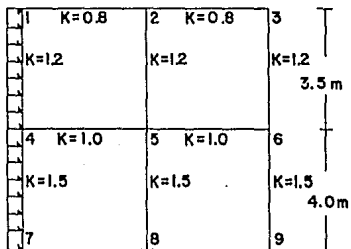


Figura 10

Los factores de distribución de las barras (nudos) y los factores de distribución de las columnas (pisos) serán los mismos. En la figura 10a anotamos los factores de distribución y los factores de distribución de piso, a continuación anotamos los momentos de empotramiento perfecto que para este caso solo existen en las columnas de la izquierda.

$$\bar{M}_{1-4} = -\bar{M}_{4-1} = \frac{0.6 \cdot 3.5^2}{12} = 0.6125 \text{ Tm}$$

$$\bar{M}_{4-7} = -\bar{M}_{7-4} = \frac{0.6 \cdot 4.0^2}{12} = 0.8000 \text{ Tm}$$

Para evitar equivocaciones con los momentos de empotramiento con los momentos parciales conviene separar estos momentos mediante una línea por debajo de ellos como se muestra en el esquema 10a. A continuación anotamos los momentos de fijación obtenidos mediante la suma de momentos de empotramiento, en el centro del círculo interior de cada uno, para después calcular el momento de piso de cada uno de ellos y para ello necesitamos los valores de las fuerzas de fijación y los designaremos como sigue para la viga superior con 1 y la inferior con 2.

De esta manera tenemos:

$$H_1 = \frac{0.6 \cdot 3.5}{2} = 1.05 \text{ T}$$

$$H_2 = \frac{0.6 \cdot (3.5 + 4)}{2} = 2.25 \text{ T}$$

Estas fuerzas son positivas, según la regla de signos adoptada, por actuar de derecha a izquierda (la carga actúa de izquierda a derecha). Con los valores de las fuerzas de fijación obtenemos las fuerzas cortantes de piso.

$$Q_1 = 1.05 \text{ T}$$

$$Q_2 = 3.30 \text{ T}$$

y así obtenemos los valores de los momentos de piso.

$$\bar{M}_1 = \frac{H_1 \cdot h_1}{3} = 1.2250 \text{ Tm}$$

$$\bar{M}_2 = \frac{H_2 \cdot h_1}{3} = 4.4000 \text{ Tm}$$

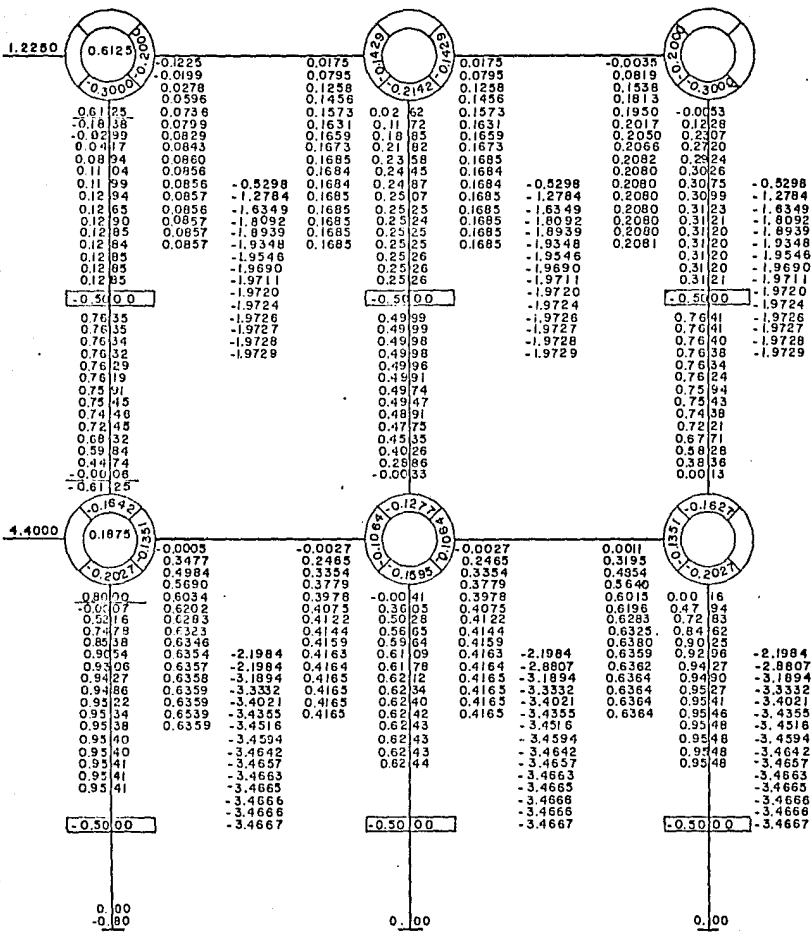


Figura 10a

y procedemos a anotarlos en el esquema de la figura 10a, el momento M1 lo anotamos en la parte izquierda con una flecha en la viga superior del piso 1 y a su vez para el momento M2. Una vez anotados todos los datos, procedemos con la 1a iteracion de los momentos parciales de las barras, los cuales los primeros valores los consideraremos iguales a cero por no conocer otros mas aproximados.

Nudo 1

$$0.6125+0.0+0.0+0.0 = 0.6125 \text{ Tm}$$

y lo multiplicamos por sus correspondientes factores de distribucion.

Nudo 2

$$-0.1225+0.0+0.0+0.0 = -0.1225 \text{ Tm}$$

y este a su vez por sus factores de distribucion

y para los demas nudos.

Nudo 3

$$0.0175+0.0+0.0 = 0.0175 \text{ Tm}$$

Nudo 4

$$0.1875-0.1838+0.0+0.0+0.0 = 0.0037 \text{ Tm}$$

Nudo 5

$$-0.0005+0.0262+0.0+0.0+0.0 = 0.0252 \text{ Tm}$$

Nudo 6

$$-0.0027+0.0053+0.0+0.0 = -0.0080 \text{ Tm}$$

y cada uno de estos valores los multiplicamos por sus respectivos factores de distribucion (nudo 3 - nudo 6). Una vez terminada la iteracion de los momentos parciales, procedemos con los momentos parciales de desplazamiento de los pisos.

Piso 1

$$1.2250-0.1838+0.0262-0.0053-0.0006-0.00333+0.0013 = 1.0595 \text{ Tm}$$

Piso 2

$$4.4000-0.0007+0.0041+0.0016 = 4.3968 \text{ Tm}$$

y a cada valor lo multiplicamos por su correspondiente factor de distribucion de piso. Asi seguimos sucesivamente intercalando una iteracion de momentos parciales y una de momentos parciales de desplazamiento.

En el esquema de la figura 10a se ha llegado hasta la iteracion N0 16 en el nudo 4, y procederemos a calcular el nudo 5 y 6 asi como los desplazamientos de los pisos 1 y 2

Nudo 5
 $0.6359+0.2526+0.6364-1.9729-3.4667= -3.9147 \text{ Tm}$

Nudo 6
 $0.4165+0.3121-1.9729-3.4667= -4.7110 \text{ Tm}$

y estos valores los multiplicamos por su factores de distribucion.

Una vez terminada la iteracion de lo giros continuamos con la de los desplazamientos.

Piso 1
 $1.2250+0.1285+0.2526+0.3121+0.7635+0.4999+0.7641= 3.9457 \text{ Tm}$

Piso 2
 $4.4000+0.9541+0.6244+0.9549= 6.9334$

y estos valores los multiplicamos por sus correspondientes valores de distribucion, así tenemos para el piso 1 el valor del momento parcial de desplazamiento de las tres columnas por tener el mismo factor de 1.9729 Tm, y para las columnas de piso 2 el valor del momento parcial de desplazamiento sera de -3.4667.

Podemos dar por terminado el calculo ya que si se hiciera otra iteracion encontraríamos los mismos resultados que la iteracion anterior, por lo que procedemos a encontrar los momentos totales definitivos; anotamos en el esquema de la figura 10b los momentos de empotramiento, los momentos parciales finales de cada una de las barras y la suma de los momentos parciales finales de un extremo y su opuesto y la del momento parcial de desplazamiento final.

Tomaremos como ejemplo los extremos de las barras 1-2 y la barra 1-4.

Extremo de barra 1-2	
momento de empotramiento perfecto	0.0000
momento parcial final del extremo contiguo	0.0857
suma de momentos parciales finales contiguo y opuesto	<u>0.2542</u>
momento total	0.3399 Tm

Extremo de barra 1-4	
momento de empotramiento perfecto	0.6125
momento parcial final contiguo	0.1285
suma de momentos parciales finales del contiguo opuesto y el de desplazamiento	<u>-1.0809</u>
momento total	-0.3399

Para la comprobacion de los momentos totales finales debe cumplirse que la sumatoria de momentos finales de un nudo sea igual a cero en su caso igual a un momento exterior que actue en el nudo.

Nudo 1

$$M1-2 + M1-4 = 0 \quad 0.3399 + (-0.3399) = 0$$

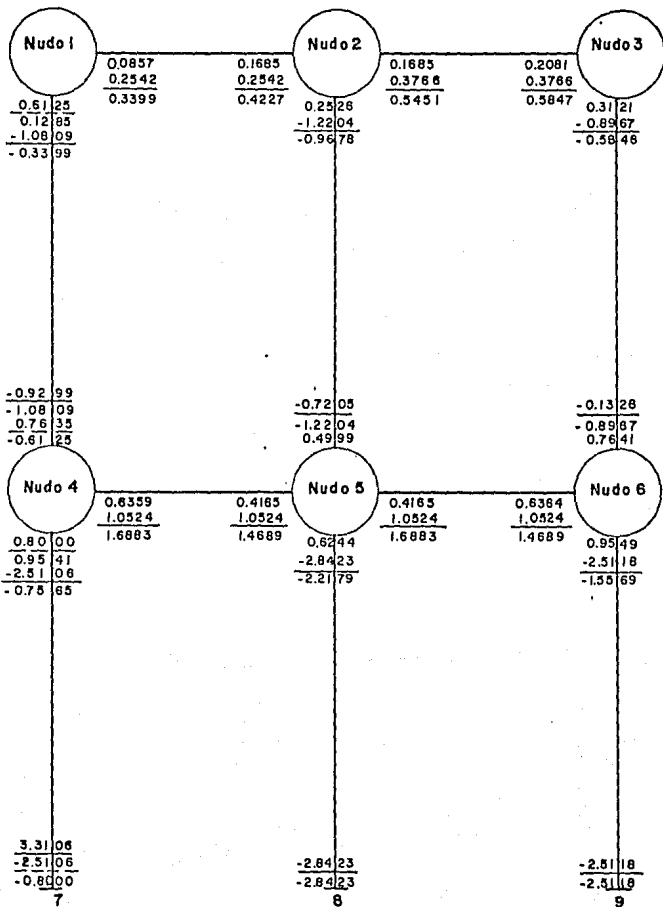


Figura 10b

DIAGRAMA DE FLUJO

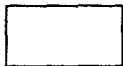
En este capítulo se presenta en forma general la secuencia lógica que se siguió para la elaboración del programa para el cálculo de marcos por el método de kani, en el diagrama de flujo se indican datos que ingresan al programa, acciones que ejecuta, así como la impresión de resultados mediante tablas. Las representaciones gráficas del diagrama de flujo tienen el siguiente significado.



Ingreso de valores.



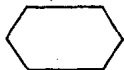
Inicio y fin.



Acciones.



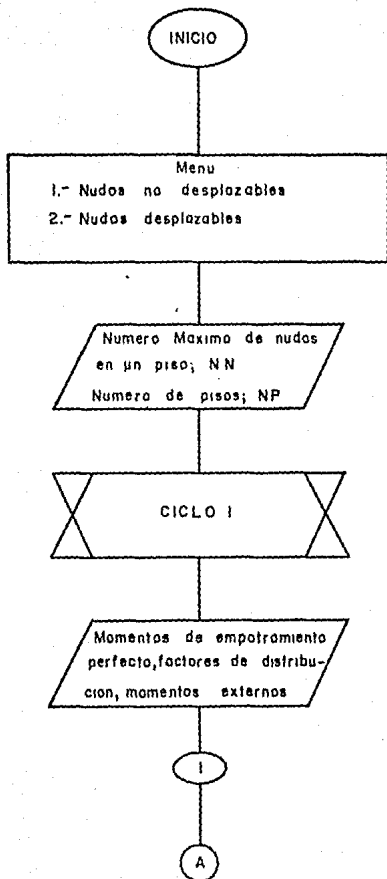
Inicio de ciclos for.

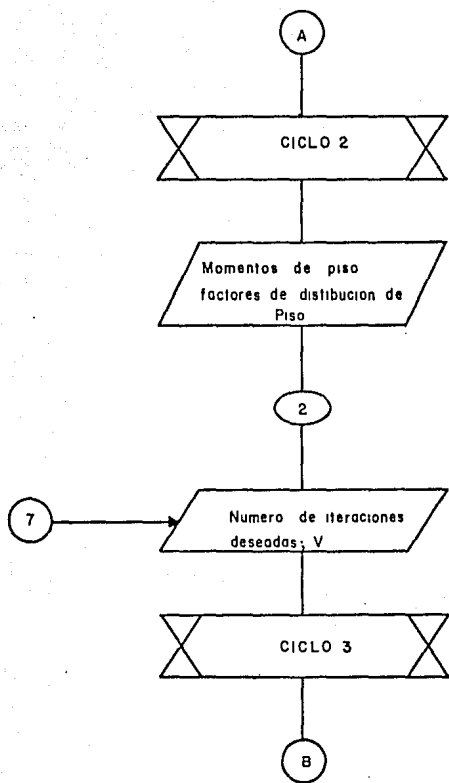


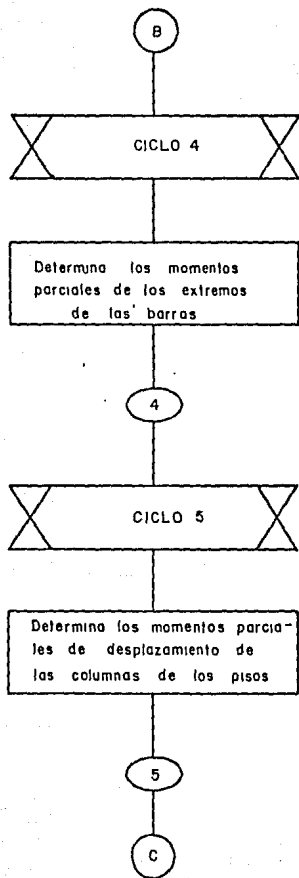
Decisiones.

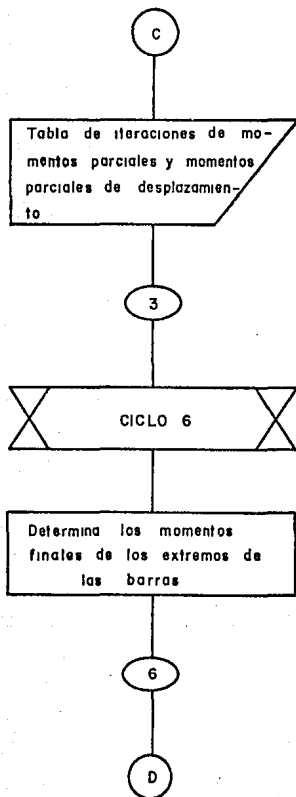


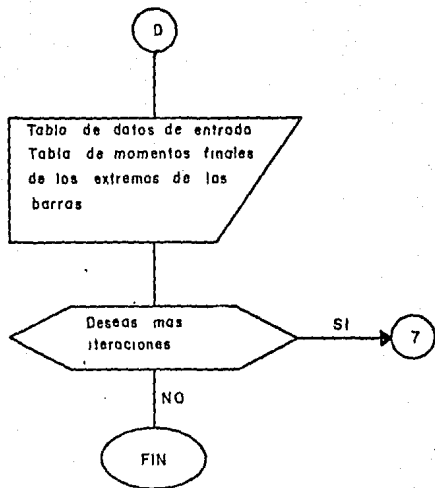
Impresión.











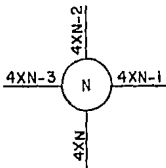
LISTADO DEL PROGRAMA

El programa se realizo en el lenguaje basic y es aplicable para computadoras IBM y compatibles. A continuacion se incluye el listado completo del programa para el calculo de marcos por medio del metodo de kani, en el cual incluye comentarios dentro del listado y nos dice los alcances del mismo asi como sus limitaciones.

Para poder utilizarlo es necesario alimentar el programa con los siguientes datos:

Momentos externos de nudos
Momentos de empotramiento perfecto
Factores de distribucion
Momentos de piso
Factores de distribución de piso

el programa designa a las barras de un marco de las siguiente manera para poder dar los datos de entrada de momentos de empotramiento y factores de distribucion así como datos de salida de momentos parciales y momentos finales.



y para los momentos de piso, los factores de distribucion de piso y momentos parciales de desplazamiento de la siguiente manera:




```

10 CLS
20 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
30 PRINT "          PROGRAMA PARA RESOLVER MARCOS POR MEDIO DEL          "
40 PRINT "          METODO DE KANI          "
50 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
60 PRINT :PRINT
70 PRINT"ESTE PROGRAMA DEBE SE CORRIDO CON VARIABLES EN MAYUSCULAS"
80 PRINT:PRINT
90 INPUT "QUIERES VER LAS ESPECIFICACIONES (S/N)";GS
100 IF GS="S" THEN 2040
110 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
120 PRINT "          MENU          "
130 PRINT "          "
140 PRINT "          1.- NUDOS NO DESPLAZABLES          "
150 PRINT "          2.- NUDOS DESPLAZABLES          "
160 PRINT"
170 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
180 INPUT "CUAL ES TU OPCION SEGUN EL MENU";A
190 IF A=1 THEN 250
200 IF A=2 THEN 250
210 PRINT "OPCION ERRONEA VOLVER A ELEGIR"
220 INPUT "PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR";CC$
230 CLS
240 GOTO 110
250 INPUT "DAME EL NUMERO MAXIMO DE NUDOS EN UN PISO";NN
260 IF NN>10 THEN 280
270 GOTO 300
280 PRINT" EL PROGRAMA TOMA COMO MAXIMO 10 NUDOS EN UN PISO"
290 GOTO 250
300 INPUT "DAME EL NUMERO DE PISOS";NP
310 IF NP>10 THEN 330
320 GOTO 350
330 PRINT" EL PROGRAMA TOMA COMO MAXIMO 10 PISOS"
340 GOTO 300
350 D1=NN*NP
360 D2=4*NN*NP
370 D3=4*NN*(NP+1)
380 DIM MP(D1),ME(D3),FD(D3),MP1(NP),FDP(D3),P1(D3),M(D3),MR(D3),MX(D3)
390 FOR N=1 TO D3
400 ME(N)=0
410 FD(N)=0
420 MX(N)=0
430 NEXT N
440 CLS
450 INPUT "CUANTOS MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO ME SON DIFERENTES DE CERO";J
460 LOCATE 5,30 :PRINT "DATOS"
470 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
480 PRINT "          No          BARRA          MOMENTO DE EMPOTRAMIENTO"
490 FOR K=1 TO J
500 LOCATE 8+K,5 :PRINT K
510 LOCATE 8+K,18 :INPUT A1
520 LOCATE 8+K,45 :INPUT ME(A1)
530 NEXT K
540 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
550 INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR";ZZ$
560 CLS
570 INPUT "CUANTOS FACTORES DE DISTRIBUCION SON DIFERENTES DE CERO";AB
580 PRINT :PRINT
590 PRINT"          No          BARRA          FACTOR DE DISTRIBUCION"
600 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
610 FOR Y=1 TO AB

```

```

620 LOCATE 7+Y.5 :PRINT Y
630 LOCATE 7+Y,15 :INPUT AC
640 LOCATE 7+Y,45 :INPUT FD(AC)
650 NEXT Y
660 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
670 INPUT "EXISTEN MOMENTOS EXTERNOS EN ALGUNOS DE LOS NUDOS (S/N)";HS
680 IF HS="N" THEN 750
690 INPUT "CUANTOS";AD
700 FOR T=1 TO AD
710 INPUT "DAME EL INDICE DEL MOMENTO EXTERNO";AE
720 PRINT "DAME EL MOMENTO EXTERNO";AE;
730 INPUT MX(AE)
740 NEXT T
750 FOR N=1 TO D1
760 MP(N)=0
770 NEXT N
780 FOR N=1 TO D1
790 AK=0
800 FOR I=1 TO 4
810 B=4-I
820 B1=4*N-B
830 AK=AK+ME(B1)
840 NEXT I
850 MP(N)=AK+MX(N)
860 NEXT N
870 FOR U=1 TO D1
880 AJ=0
890 FOR I=1 TO 4
900 B2=4-I
910 B3=4*U-B2
920 AJ=AJ+FD(B3)
930 NEXT I
940 IF AJ=-.5 THEN 1020
950 PRINT "LOS FACTORES DE DISTRIBUCION ESTAN INCORRECTOS EN EL NUDO";U
960 FOR O=1 TO 4
970 B=4-O
980 B1=4*U-B
990 PRINT "DAME EL FACTOR DE DISTRIBUCION DEL EXTREMO FD";B1;
1000 INPUT FD(B1)
1010 NEXT O
1020 NEXT U
1030 IF A=1 THEN 1130
1040 FOR P=1 TO NP
1050 PRINT "DAME EL VALOR DEL MOMENTO DE DESPLAZAMIENTO DEL PISO MP1";P;
1060 INPUT MP1(P)
1070 FOR F=1+FT TO NN+FT
1080 PRINT "DAME EL FACTOR DE DISTRIBUCION DE PISO FDP";F;
1090 INPUT FDP(F)
1100 NEXT F
1110 FT=FT+NN
1120 NEXT P
1130 NO=0
1140 MA=0
1150 INPUT "CUANTAS ITERACIONES DESEAS QUE DE";V
1160 FOR Q=1+NO TO V+MA
1170 FOR N=1 TO D1
1180 Z=4*N+1
1190 Z1=4*(NN-1)+Z+1
1200 Z2=Z-6
1210 IF Z2<0 THEN Z2=0
1220 Z3=4*(N-NN)

```

```

1230 IF Z3<0 THEN Z3=0
1240 Z4=N-NN
1250 IF Z4<0 THEN Z4=0
1260 SM=MP(N)+M(Z)+M(Z1)+M(Z2)+M(Z3)+P1(N)+P1(Z4)
1270 FOR I=1 TO 4
1280 B=4-I
1290 B2=4*N-B
1300 M(B2)=FD(B2)*SM
1310 NEXT I
1320 NEXT N
1330 IF A=1 THEN 1480
1340 C=0
1350 FOR P=1 TO NP
1360 SMP=0
1370 FOR F=1+C TO NN+C
1380 L1=4*F
1390 L2=4*(NN+F)-2
1400 SMP=M(L1)+M(L2)+SMP
1410 NEXT F
1420 SMP=MP1(P)+SMP
1430 FOR K=1+C TO NN+C
1440 P1(K)=SMP*FDP(K)
1450 NEXT K
1460 C=C+NN
1470 NEXT P
1480 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
1490 PRINT:PRINT
1500 PRINT "                                ITERACION";Q; "
1510 PRINT "      BARRA      MOMENTO PARCIAL      COLUMNA      M.PARCIAL DESPMTO "
1520 FOR J=1 TO D3
1530 IF M(J)=0 THEN 1570
1540 IF P1(J)=0 THEN 1600
1550 PRINT TAB(6);J;TAB(16);M(J);TAB(35);J;TAB(44);P1(J)
1560 GOTO 1610
1570 IF P1(J)=0 THEN 1610
1580 PRINT TAB(35);J;TAB(44);P1(J)
1590 GOTO 1610
1600 PRINT TAB(6);J;TAB(16);M(J)
1610 NEXT J
1620 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
1630 NEXT Q
1640 R=0
1650 FOR P=1 TO NP
1660 FOR N=1+R TO NN+R
1670 X=4*N-1
1680 X1=4*N+1
1690 X2=4*N
1700 X3=4*(NN-1)+X1+1
1710 MR(X)=ME(X)+2*M(X)+M(X1)
1720 MR(X2)=ME(X2)+2*M(X2)+M(X3)+P1(N)
1730 MR(X1)=ME(X1)+2*M(X1)+M(X)
1740 MR(X3)=ME(X3)+2*M(X3)+M(X2)+P1(N)
1750 NEXT N
1760 R=R+NN
1770 NEXT P
1780 PRINT "
1790 PRINT:PRINT
1800 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
1810 PRINT "      BARRA      FAC. DIST.      MOMENTO EMPOTRAMIENTO "
1820 FOR J=1 TO D2

```

```

1830 IF FD(J)=0 THEN 1850
1840 PRINT TAB(8);J;TAB(22);FD(J);TAB(52);ME(J)
1850 NEXT J
1850 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
1870 PRINT:PRINT
1880 PRINT"                                RESULTADOS                                "
1890 PRINT:PRINT
1900 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
1910 PRINT"          BARRA          M. PARCIAL FINAL          MOMENTO FINAL          "
1920 FOR J=1 TO D3
1930 IF MR(J)=0 THEN 1950
1940 PRINT TAB(9);J;TAB(23);M(J);TAB(47);MR(J)
1950 NEXT J
1960 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
1970 PRINT:PRINT
1980 INPUT"QUIERES MAS ITERACIONES (S/N)";A$
1990 IF A$="N" THEN 2360
2000 INPUT "CUANTAS MAS QUIERES";MA
2010 NO=V
2020 GOTO 1160
2030 END
2040 CLS
2050 PRINT"                                ESPECIFICACIONES                                "
2060 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
2070 PRINT:PRINT
2080 PRINT"      1.- Este programa considera que se tiene un analisis          "
2090 PRINT"          previo del marco en cuanto a sus cargas externas          "
2100 PRINT"          así como a su coeficiente de rigidez de las          "
2110 PRINT"          barras.          "
2120 PRINT"          "
2130 PRINT"      2.- Se consideran barras de seccion constante          "
2140 PRINT"          "
2150 PRINT"      3.- Los apoyos del marco deben estar empotrados y no          "
2160 PRINT"          debe existir articulaciones en los nudos.          "
2170 PRINT"          "
2180 PRINT"      4.- El programa considera un maximo de nueve estrias          "
2190 PRINT"          y diez pisos          "
2200 PRINT"          "
2210 PRINT"      5.- El programa da los resultados finales del marco          "
2220 PRINT"          ya sea en T.m ó Kg.m dependiendo en como entren          "
2230 PRINT"          los momentos de empotramiento perfecto de las          "
2240 PRINT"          barras y los momentos de piso.          "
2250 PRINT"          "
2260 INPUT"PRESIONE (RETURN) PARA CONTINUAR",JR$
2270 CLS
2280 PRINT"          "
2290 PRINT"      6.- En caso de que exista un momento de empotramien-          "
2300 PRINT"          to en un apoyo a el momento final del mismo          "
2310 PRINT"          se le sumara este momento y este sera el momento          "
2320 PRINT"          final.          "
2330 PRINT:PRINT
2340 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
2350 GOTO 110
2360 INPUT"QUIERES IMPRIMIR LOS RESULTADOS (S/N)";N$
2380 CLS
2390 PRINT "DALE NOMBRE A TU MARCO CON MAXIMO DE 7 CARACTERES"
2400 INPUT "NOMBRE DEL MARCO";AR$
2410 CLS
2420 LPRINT          AR$
2430 PRINT:PRINT

```

```

2440 LPRINT "
2450 LPRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
2460 LPRINT"          BARRA          FAC. DIST.          MOMENTO EMPOTRAMIENTO
2470 FOR J=1 TO D2
2480 IF FD(J)=0 THEN 2500
2490 LPRINT TAB(8);J;TAB(22);FD(J);TAB(52);ME(J)
2500 NEXT J
2510 LPRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
2520 PRINT :PRINT
2530 LPRINT"
2540 PRINT:PRINT          RESULTADOS          "
2550 LPRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
2560 LPRINT"          BARRA          H. PARCIAL FINAL          MOMENTO FINAL
2570 FOR J =1 TO D3
2580 IF MR(J)=0 THEN 2600
2590 LPRINT TAB(9);J;TAB(23);M(J);TAB(47);MR(J)
2600 NEXT J
2610 LPRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
2620 GOTO 2030

```

APLICACIONES

Este programa es aplicable tanto a marcos con nudos rígidos como a marcos con nudos desplazables, de igual manera a marcos con cargas verticales o bien con cargas horizontales, o a la combinación de ellas, los requisitos para la aplicación del programa son los siguientes:

- 1.- A un nudo pueden llegar como máximo cuatro barras, las cuales dos son horizontales y dos verticales, pero ninguna con pendiente.
- 2.- La sección de las barras deben ser constantes.
- 3.- El marco debe ser empotrado en sus apoyos.

A continuación se mostraran dos ejemplos los cuales se desarrollaran manualmente y con ayuda del programa, esto se hizo para tener una comparación del tiempo de obtener el análisis de los marcos, los ejemplos se resolvieron siguiendo la lógica del programa, para poder comparar resultados.

Los datos necesarios se indicaron en el capítulo III por lo que en los ejemplos resueltos con la computadora solo indicamos en orden los valores necesarios para correr el programa.

Ejemplo No 1

Calcular los momentos de los extremos de las barras del siguiente marco, a el cual se le consideraran sus nudos rigidos (figura 11).

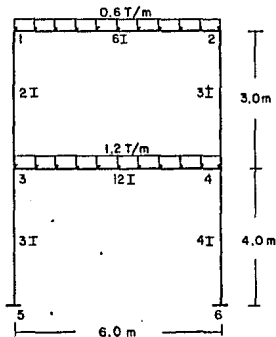


Figura 11

Primeramente designamos a las barras segun la logica del programa, para poder comparar resultados, con esto tenemos.

Momentos de empotramiento perfecto de las barras.

$$M_3 = -\frac{q_1 l^2}{12} = -\frac{0.6 \cdot 6^2}{12} = -1.8 \text{ Tm}$$

$$M_5 = \frac{q_1 l^2}{12} = \frac{0.6 \cdot 6^2}{12} = 1.8 \text{ Tm}$$

$$M_{11} = -\frac{q_2 l^2}{12} = -\frac{1.2 \cdot 6^2}{12} = -3.6 \text{ Tm}$$

$$M_{13} = \frac{q_2 l^2}{12} = \frac{1.2 \cdot 6^2}{12} = 3.6 \text{ Tm}$$

y los momentos de sujecion seran:

$$\bar{M}_1 = -1.8 \text{ Tm}$$

$$\bar{M}_3 = -3.6 \text{ Tm}$$

$$\bar{M}_2 = 1.8 \text{ Tm}$$

$$\bar{M}_4 = 3.6 \text{ Tm}$$

procedemos a encontrar los factores de distribución de cada una de las barras.

U3 = -0.3000

U11 = -0.2927

U4 = -0.2000

U12 = -0.1098

U5 = -0.2500

U13 = -0.2500

U8 = -0.2500

U14 = -0.1250

U10 = -0.0975

U16 = -0.1250

Y todos estos valores obtenidos los anotamos en el esquema de la figura 11a y procedemos a el calculo de el marco.

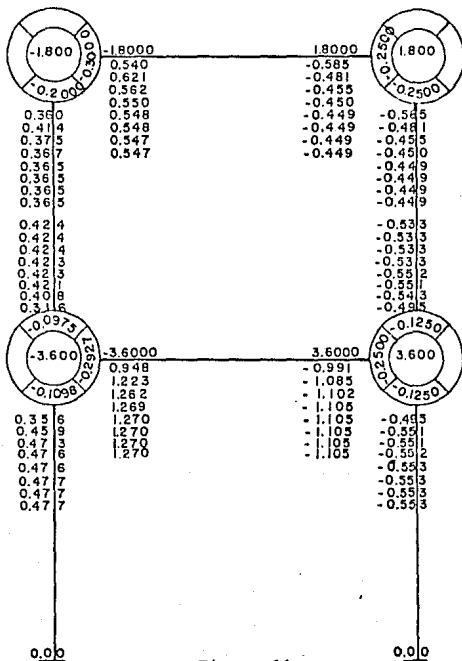


Figura 11a

Una vez que se da por terminado el cálculo de los momentos parciales, calculamos los momentos finales como se muestra en el esquema de la figura 11.

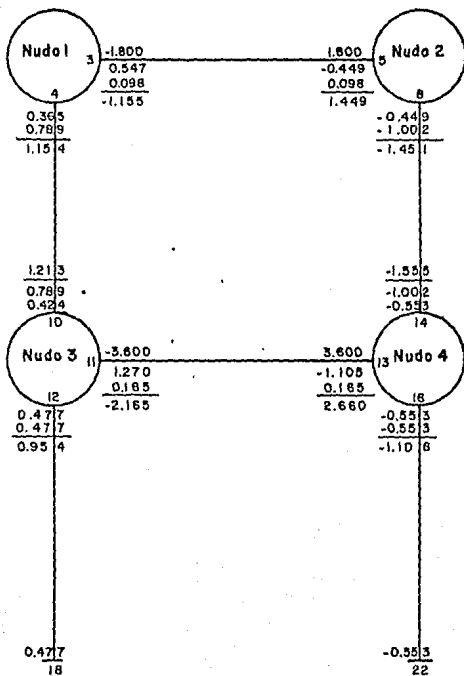


Figura 11

Calculo por computadora.

EJEM-1

DATOS

BARRA	FAC. DIST.	MOMENTO EMPOTRAMIENTO
3	-.3	-1.8
4	-.2	0
5	-.25	1.8
8	-.25	0
10	-9.749999E-02	0
11	-.2927	-3.6
12	-.1098	0
13	-.25	3.6
14	-.125	0
16	-.125	0

RESULTADOS

BARRA	M. PARCIAL FINAL	MOMENTO FINAL
3	.5476681	-1.153404
4	.3651121	1.153404
5	-.4487399	1.450188
8	-.4487399	-1.450188
10	.4231797	1.211471
11	1.270407	-2.164603
12	.4765654	.9531308
13	-1.105417	2.659574
14	-.5527084	-1.554157
16	-.5527084	-1.105417
18	0	.4765654
22	0	-.5527084

Ejemplo 2

Calcular los momentos de los extremos de las barras del siguiente marco, los coeficientes de rigidez se encuentran anotados en la figura 12, así como los momentos de piso, se considera el marco con nudos desplazables.

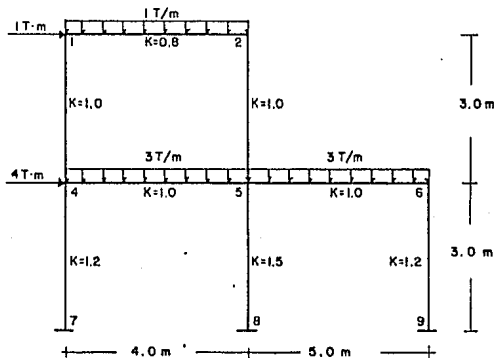


Figura 12

tenemos los siguientes momentos de empotramiento.

$$M_3 = - \frac{1 \times 4^2}{12} = - 1.3333 \text{ Tm}$$

$$M_5 = \frac{1 \times 4^2}{12} = 1.3333 \text{ Tm}$$

$$M_{15} = - \frac{3 \times 4^2}{12} = - 4.0000 \text{ Tm}$$

$$M_{17} = \frac{3 \times 4^2}{12} = 4.0000 \text{ Tm}$$

$$M_{19} = - \frac{3 \times 5^2}{12} = - 6.2500 \text{ Tm}$$

$$M_{21} = \frac{3 \times 5^2}{12} = 6.2500 \text{ Tm}$$

y los momentos de sujeción de los nudos son los siguientes

$$\bar{M}_1 = - 1.3333 \text{ Tm}$$

$$\bar{M}_4 = - 4.0000 \text{ Tm}$$

$$\bar{M}_2 = 1.3333 \text{ Tm}$$

$$\bar{M}_5 = - 2.2500 \text{ Tm}$$

$$\bar{M}_3 = 0.0000$$

y continuamos con los factores de distribución y factores de distribución de piso.

$$\bar{M}_6 = 6.2500 Tm$$

$$U_3 = - 0.2222$$

$$U_{16} = - 0.1874$$

$$U_4 = - 0.2778$$

$$U_{17} = - 0.1111$$

$$U_5 = - 0.2222$$

$$U_{18} = - 0.1111$$

$$U_8 = - 0.2778$$

$$U_{19} = - 0.1111$$

$$U_{14} = - 0.1563$$

$$U_{20} = - 0.1667$$

$$U_{15} = - 0.1563$$

$$U_{21} = - 0.2273$$

$$U_{24} = - 0.2727$$

$$v_1 = - 0.7500$$

$$v_4 = - 0.46155$$

$$v_2 = - 0.7500$$

$$v_5 = - 0.57690$$

$$v_3 = 0.0$$

$$v_6 = - 0.46155$$

y estos valores los anotamos en el esquema 11a y procedemos a el calculo de el marco.

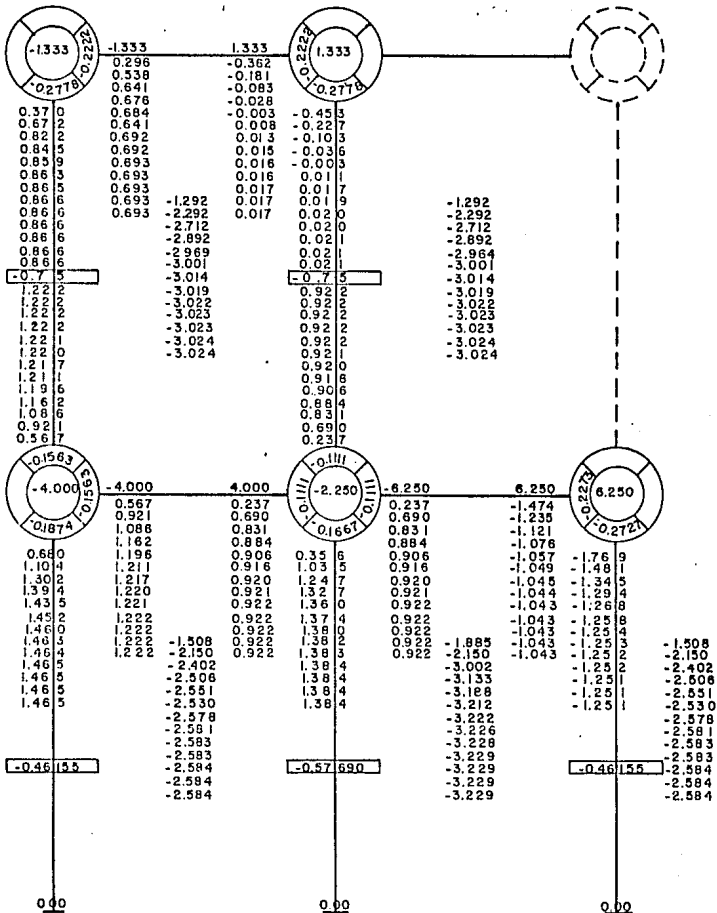


FIGURA 12a

Una vez terminado el cálculo de los momentos parciales y momentos parciales de los nudos, como calculamos los momentos finales de las barras (figura 12 b)

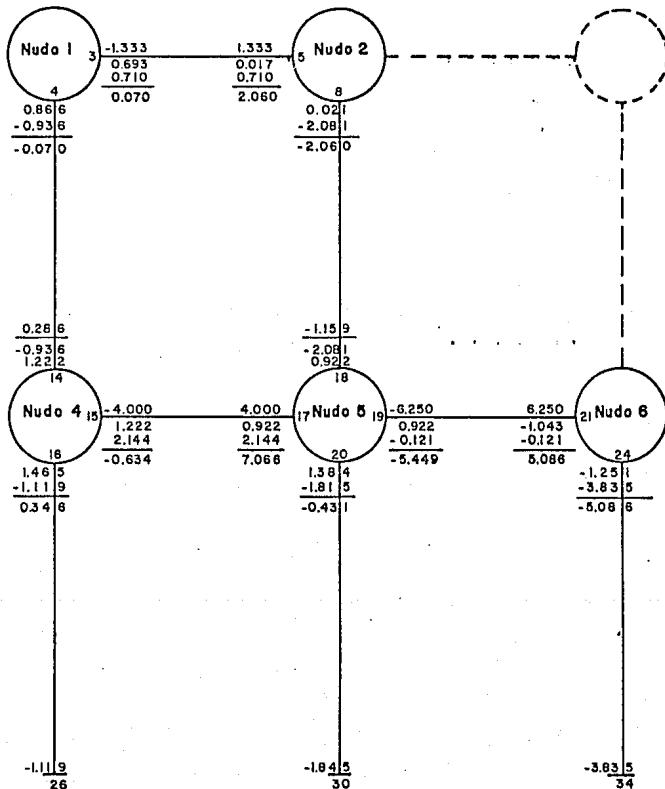


Figura 12b ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Calculo por computadora.

EJEMP-2

DATOS

BARRA	FAC. DIST.	MOMENTO EMPOTRAMIENTO
3	-.2222	-1.3333
4	-.2778	0
5	-.2222	1.3333
8	-.2778	0
14	-.1563	0
15	-.1563	-4
16	-.1874	0
17	-.1111	4
18	-.1111	0
19	-.1111	-6.25
20	-.1667	0
21	-.2273	6.25
24	-.2727	0

RESULTADOS

BARRA	M. PARCIAL FINAL	MOMENTO FINAL
3	.6928914	6.916723E-02
4	.8662701	-6.916738E-02
5	1.668451E-02	2.05956
8	2.085939E-02	-2.05956
14	1.222079	.2866411
15	1.222079	-.6333358
16	1.465243	.3466945
17	.9225071	7.067093
18	.9225071	-1.157913
19	.9225071	-5.448001
20	1.384176	-.4611788
21	-1.043015	5.086478
24	-1.251343	-5.086478
26	0	-1.118549
30	0	-1.845355
34	0	-3.835135

CONCLUSIONES

El programa tiene gran utilidad, ya que es aplicable a todo tipo de marcos que tengan en sus nudos barras horizontales y verticales, así como cualquier tipo de cargas y tiene las siguientes ventajas.

- 1.- Economía en el calculo estructural de marcos, reduciendo el personal dedicado al mismo y el tiempo de obtencion de resultados.
- 2.- Economía en el analisis ya que obtenemos resultados de acuerdo a la exactitud deseada en menor tiempo.
- 3.- Debido a el tiempo relativamente breve en el analisis, se pueden contemplar varias situaciones de carga para un mismo marco.
- 4.- Presentacion de resultados impresos, para tenerlos accesibles cuando se requiera.
- 5.- Presentacion de los momentos parciales en pantalla para ver como se va acercando a los momentos parciales finales, el programa realiza las iteraciones que uno requiera.

Este programa presenta tambien las siguientes desventajas:

- 1.- Solo es utilizable para marcos con columnas empotradas en sus apoyos.
- 2.- Las barras de los marcos tiene que ser horizontales y verticales.
- 3.- El analisis del marco se limita a un maximo de 10 nudos por piso y con un maximo de 10 pisos.
- 4.- En los nudos no debe existir articulaciones.
- 5.- Los datos necesarios de entrada implican un analisis previo de las cargas externas y del coeficiente de rigidez de las barras del marco.

BIBLIOGRAFIA

- + Calculo de porticos de varios pisos.
G. Kani.
Editorial reverté. S.A:

- + Apuntes de analisis estructural.
J. Luis Gamboa, Francisco Chacon, Francisco Perez.
Universidad Autonoma de Mexico.

- + Estructuras de varios pisos.
G. takabeya.
Editorial cecsa.