

Algunas Aplicaciones de las Calculadoras Programables en el Análisis Estructural

II PARTE

En el anterior número se presentaron algunos algoritmos que pueden programarse fácilmente en una calculadora y que pueden utilizarse en el análisis de estructuras a flexión y en muchos otros casos. Esta segunda parte complementa la expuesta en el primer número de esta publicación.

ALFONSO RAMIREZ RIVERA
Ingeniero Civil, MSc. Ph.D., D.I.C.
Profesor de estructuras

7. En la primera parte se indicó un algoritmo para la solución de ecuaciones tridiagonales simétricas, del tipo

$$a_1 X_1 + b_1 X_2 = C_1$$

$$b_{i-1} X_{i-1} + a_i X_i + b_i X_{i+1} = C_i \dots (3)$$

$$b_{n-1} X_{n-1} + a_n X_n = C_n$$

$$i = 2: (n-1)$$

Estas ecuaciones aparecen en el análisis elástico lineal de estructuras de flexión con nudos no desplazables en cadena abierta, tal como las descritas con referencia en la Fig. 1.

El algoritmo permite el análisis exacto (sin iteraciones) de dichas estructuras, sin limitación en el número de nudos y puede ser incorporado en programas más o menos elaborados que pueden incluir subrutinos para el cálculo automático de los coeficientes de las ecuaciones a partir de las rigideces de las barras y de los momentos de empotramiento, el cálculo directo de los momentos en los extremos de las barras a partir de las rotaciones de los nudos y el cálculo de los elementos que determinan los diagramas de momento flector, cizalladura y fuerza axial en cada barra.

8. El procedimiento antes descrito se puede también utilizar para el

análisis de estructuras con nudos en sucesiones cerradas, por ejemplo para pórticos del tipo mostrado en la Fig. 5, en un proceso iterativo de rápida convergencia.

En el caso de estructuras con nudos desplazables, se puede obviamente utilizar el procedimiento usual de establecer las ecuaciones para el cálculo de los desplazamientos horizontales con base en el equilibrio de las fuerzas horizontales en cada nivel.

9. El procedimiento se explicará con base en un ejemplo numérico.

Es conveniente recordar que en las ecuaciones (3) los coeficientes son:

a_i : la suma de las rigideces de las barras que concurren en el nudo i ,

b_i : la rigidez de la barra $(i - (i+1))$, multiplicada por el coeficiente de transmisión $((i+1)-i)$

C_i : el momento no equilibrado en el nudo i .

Consideremos el pórtico mostrado en la Fig. 6 en donde se indican los valores de las rigideces de cada barra con base en valores de EI de 192 para las vigas y de 128 para las columnas. También aparecen indicados los momentos de empotramiento correspondientes a cargas. ▶

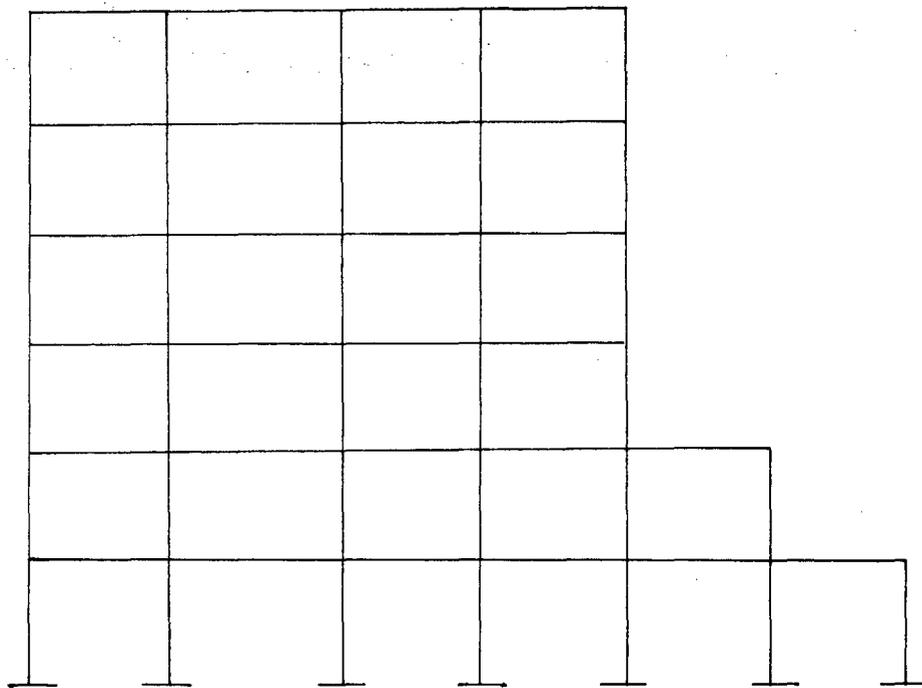


Figura No. 5

uniformemente distribuidos de valor 12 en las vigas.

10. En análisis se puede llevar a cabo en los siguientes pasos:

1. Cálculo de las rigideces y momentos de empotramiento en cada barra.
2. Definición de una estructura auxiliar del tipo de cadena abierta con base en la estructura propuesta. Pa-

ra esto es suficiente suspender la translación de momentos en algunas barras, en nuestro caso, en las barras 1-8, 2-7, 3-6, 6-11 y 7-10, como se muestra en la Fig. 7.

3. Las ecuaciones para el calculo de las 11 rotaciones en los nudos de la estructura auxiliar tienen entonces los siguientes coeficientes:

La aplicación del algoritmo explicado en 5. permite el cálculo de las

rotaciones en los 11 nudos de la estructura auxiliar, los cuales son una primera aproximación a las rotaciones en la estructura original.

4. Restableciendo ahora la translación de momentos en las barras en los cuales se había suspendido, se originan nuevos momentos no equilibrados en los nudos de la estructura auxiliar.

Resolviendo de nuevo el sistema de ecuaciones con los nuevos valores de los coeficientes C, se obtiene una primera corrección para las rotaciones en la estructura original.

Los incrementos de las rotaciones producen a su vez nuevos momentos no equilibrados y el procedimiento se repite hasta que se obtenga la precisión requerida.

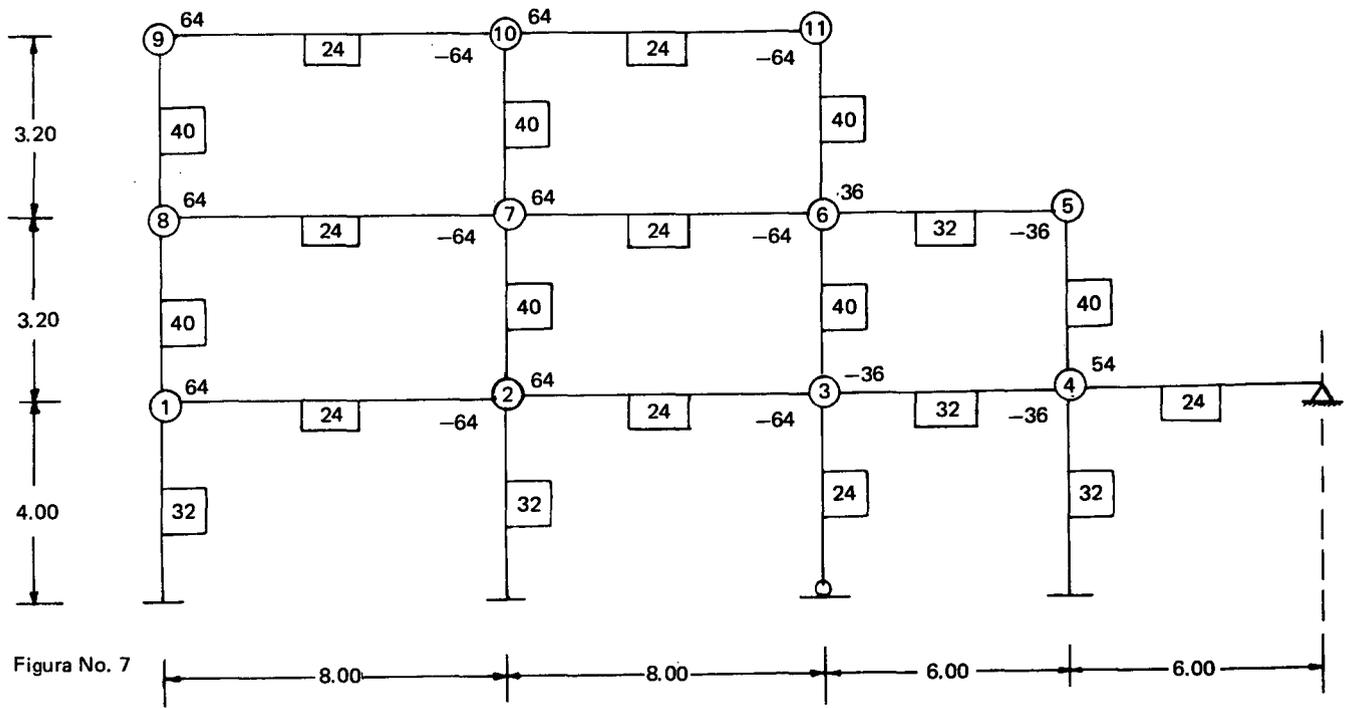
Los valores correspondientes aparecen en la **tabla No. 1**.

5. El proceso iterativo puede desde luego incluirse en el programa general, dependiendo de la capacidad de la calculadora.

Por otra parte es de observarse que la estructura auxiliar puede ser diferente en cada iteración con lo cual podría lograrse una convergencia más rápida.

96	12	64	
12	120	12	0
12	120	16	28
16	128	20	-18
20	72	16	36
16	136	12	28
12	128	12	0
12	104	20	-64
20	64	12	-64
12	88	12	0
12	64	64	64

Figura No. 6



NUDO	Primera aproximación de las rotaciones	Nuevos momentos no equilibrados	Primera corrección a las rotaciones
1	-0.671831	9.09	0.096215
2	0.040817	-0.59	-0.012200
3	0.263659	-2.79	-0.023381
4	-0.258058	0	0.010129
5	0.540644	0	0.046123
6	0.139673	-25.35	0.194893
7	0.029518	-0.41	-0.034785
8	-0.454535	13.44	0.141978
9	-0.854130	0	-0.045413
10	0.020413	-0.59	0.005575
11	1.003827	-2.79	-0.044639

Tabla No. 1

