

reporte de 116 INVESTIGACION

ANALISIS DE MARCOS
RIGIDOS POR EL METODO
DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ
TRANSFORMADA

RAFAEL COLINDRES S.



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
DIVISION DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

Casa abierta al tiempo

**ANALISIS DE MARCOS RIGIDOS POR EL METODO
DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ TRANSFORMADA**

Rafael Colindres S.

**DIVISION DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA
Departamento de Materiales
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
Unidad Azcapotzalco
México 16, D.F.**

ISBN 968—840—072—6
Mayo de 1984.
México, D.F.

ANALISIS DE MARCOS RIGIDOS POR EL METODO
DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ TRANSFORMADA

Por: Ing. Rafael Colindres S.

R E S U M E N

Se presenta en este Reporte la sistematización del método de las Rigideces para aplicarlo a la solución de Estructuras Hiperestáticas: Marcos rígidos de edificios, naves - industriales y estructuras diversas.

Se presenta además un programa para invertir matrices en BASIC y otro para utilizarlo en la calculadora HP-41 C.V.

ANALISIS DE MARCOS RIGIDOS POR EL METODO DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ TRANSFORMADA
(AMPLIACION DEL METODO DE CASTILLO).-

Por Ing. Rafael Colindres Selva

ANTECEDENTES:

En su libro "Nueva Teoría de las Estructuras", editado por Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A., México, 1975, en la página 212, el ing. Heberto Castillo Martínez, profesor de muchas generaciones de ingenieros de México, establece la siguiente ecuación matricial que permite obtener los giros de los nudos en una estructura reticular impedida de desplazarse horizontalmente:

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{r_{12} t_{12}}{R_{11}} & \frac{r_{13} t_{13}}{R_{11}} \\ \frac{r_{21} t_{21}}{R_{22}} & 1 & \frac{r_{23} t_{23}}{R_{22}} \\ \frac{r_{31} t_{31}}{R_{33}} & \frac{r_{32} t_{32}}{R_{33}} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{M_{10}}{R_{11}} \\ \frac{M_{20}}{R_{22}} \\ \frac{M_{30}}{R_{33}} \end{bmatrix} \quad (1)$$

El autor del artículo amplía el concepto del ing. H. Castillo, utilizando las ecuaciones combinadas de nudo y piso, y presenta la generalización del procedimiento, es decir obtiene en forma directa los giros de los entrepisos y a partir de ahí los desplazamientos horizontales de dichos entrepisos con la expresión:

$$\Delta = \psi h$$

en donde ψ = giro del piso

h = altura del piso

I) INTRODUCCION.

En una estructura como la de la figura (1) formada por vigas y columnas que se interceptan en los nudos con ángulos a 90° resulta conveniente preparar la ma

triz de rigidez usando las ecuaciones de nudo y de piso para resolver el problema en este caso la obtención de giros ϕ de los nudos y "giros" $\psi = \frac{\Delta}{h}$ de las columnas con la aplicación de la siguiente ecuación matricial

$$\left[K \right]_{N,P} \left[\phi \right] = - \left[P. \right] \quad (2)$$

en donde $\left[K \right]_{N,P}$ = matriz de rigidez.

$\left[\phi \right]$ = vector incógnita, o sea giro de nudos o columnas.

$\left[P. \right]$ = vector de cargas, o sea momentos de disequilibrio en el nudo, o momento de entrepiso en la estructura.

y a partir de las incógnitas, utilizando las relaciones Pendiente-Deflexión, se obtienen los momentos flexionantes de las barras, con la expresión:

$$M_{12} = \bar{M}_{12} + \frac{2EI}{L} (2\phi_1 + \phi_2 - 3\psi)$$

siendo \bar{M}_{12} = momento de empotramiento perfecto.

E, I, L = módulo de elasticidad, momento de inercia y longitud de la barra respectivamente.

ϕ_1, ϕ_2 = giros en los extremos de las barras

ψ = giro de los entrepisos (o columnas)

II) La matriz de Rigidez transformada se escribe como:

$$K_{N,P} = \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & & & & & \\ & 1 & & & & \\ & & 1 & & & \\ \hline \frac{2K}{R_N} & & & 1 & & \\ \hline & & & & -1 & \\ \frac{6K}{12 \sum K_{col}} & & & & & -1 \\ & & & & & -1 \end{array} \right]^*$$

* Notese que la sub-matriz de la esquina izquierda es la propuesta por el ing. Castillo en su libro "Invariantes Estructurales", Mexico 1960.

(3)

siendo $K = \frac{EI}{L}$; $\sum K_{col.}$ = suma de las rigideces de las columnas del -
entrepiso.

III) El vector de cargas sería entonces:

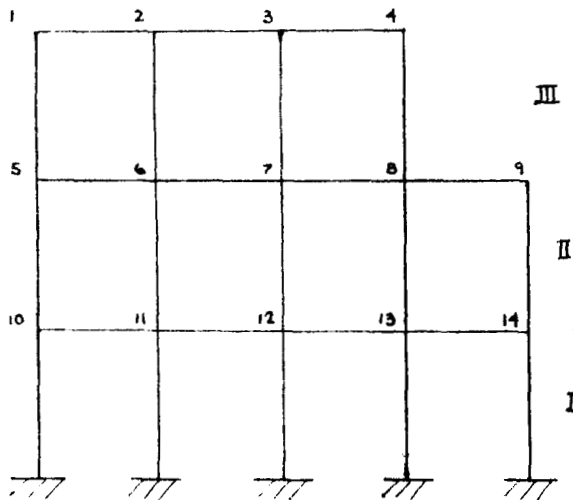
$$P_o = \begin{bmatrix} \frac{M_{1D}}{R_{N_1}} \\ \vdots \\ \frac{M_{ent.1}}{12 \sum K_{col.}} \end{bmatrix}$$

(4) M_{1D} = momento de desequilibrio en el nudo.
 $M_{ent.1}$ = momento de entrepiso respectivo

IV) Si escribimos en forma tradicional el sistema de ecuaciones lineales, -
notemos que parte de estas ecuaciones son para los giros de los desplazamientos
de los entrepisos (es decir los giros de las columnas); de tal manera que tendre
mos tantas ecuaciones para giros de nudos, como nudos tengamos y tantas ecuacio
nes para entrepisos, cuantos sean el número de dichos entrepisos, es decir en la
figura (1) tendremos por ejemplo:

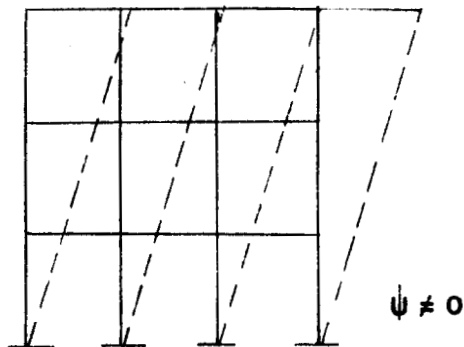
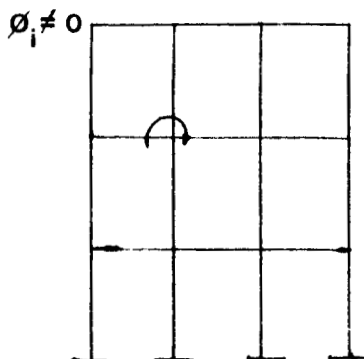
14 giros de nudos, 3 giros de entrepi
sos.

Tendremos así, que resolver 17 ecuacio
nes lineales.



V) Podemos así resumir que el análisis de nuestra estructura o marco rígido lo podemos descomponer en dos partes:

- a) Estructura sin desplazamiento.* En la cual solo se presentan giros en los nudos.
- b) Estructura con desplazamientos. En la cual solo se presentan giros en los entrepisos (o sea desplazamientos)



condición:

a)
$$\left\{ \begin{array}{l} \phi_i \neq 0 \\ \psi_m = 0 \end{array} \right.$$

condición:

b)
$$\left\{ \begin{array}{l} \phi_i = 0 \\ \psi_m \neq 0 \end{array} \right.$$

* Consultar "Un Método para el cálculo de Estructuras Reticulares", por ing. Heberto Castillo, México 1967.-

es una matriz diagonal, cuya inversa $[A_4]^{-1}$ es igual a A_4 , la obtención de las incógnitas ϕ , solo implicarían una simple multiplicación matricial, una vez obtenida la inversa de los valores encerrados en el parentesis.

CASO B: (Solo desplazamientos horizontales) $\phi = 0$, $\psi \neq 0$

$$\psi_2 = A_4^{-1} M_4$$

y siendo $A_4^{-1} = A_4$, por ser una matriz diagonal la obtención de las incógnitas ψ , es inmediata al efectuarse la multiplicación matricial indicada.

VII) De esta manera hemos establecido las ecuaciones generales que resuelven el problema, que expresadas en la forma algebraica tradicional serian:

$$\phi_i = - \sum \frac{2K}{R_n} \phi_s + \sum \frac{6K}{R_n} \psi_a^o - K_d$$

$$\psi_i = \sum \frac{6K}{12 \sum K_{col}} \phi_s + \sum \frac{6K}{12 \sum K_{col}} \phi_i + K_\Delta$$

siendo:

ϕ_i = rotación del nudo analizado

ϕ_s = rotación del nudo vecino al analizado

ψ_s = rotación del entrepiso, o sea $\psi = \frac{\Delta}{L}$

$K = \frac{EI}{L}$, siendo E el módulo de elasticidad, I el momento de inercia y L, la longitud del miembro

R_n = rigidez del nudo, o sea la suma de la rigidez $\frac{4EI}{L}$ de los miembros que concurren al nudo

ψ_a^o = rotación del entrepiso, con vinculación a los nudos del entrepiso

$\sum K_{col}$ = suma de las rigideces $\frac{EI}{L}$ de las columnas del entrepiso en análisis

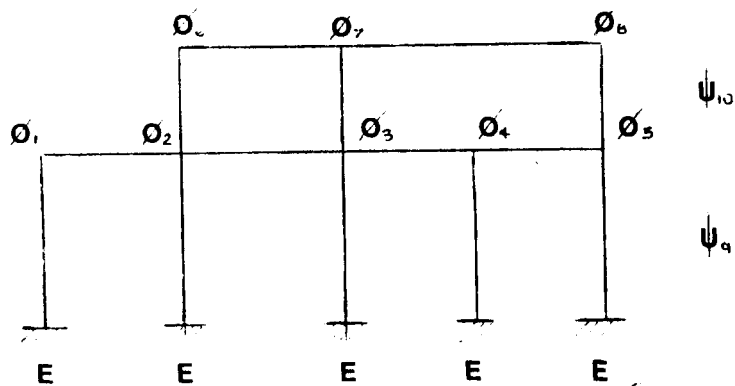
K_d = constante de rotación del nudo, es decir la suma de los momentos de empotramiento en el nudo, dividida entre la rigidez del nudo, $\frac{\sum M_{EMP}}{R_n}$

K_Δ = constante de desplazamiento del entrepiso, o sea el momento de entrepiso, $h \times \sum F_{HOR}$, dividido entre $12 \sum K_{col}$, $\frac{M_{ENT}}{12 \sum K_{col}}$

Estas ecuaciones permiten aplicar cualquiera de los metodos conocidos de iteracion continua y de esa manera resolver el problema estructural que es obtener los elementos mecanicos de las barras.

TABLA DE APLICACION

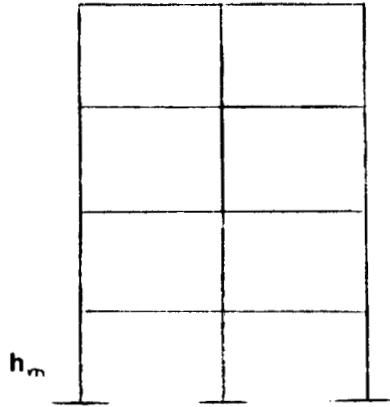
	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	ϕ_6	ϕ_7	ϕ_8	ψ_9	U_{10}
1	1	X	0	0	0	0	0	0	X	0
2	X	1	X	0	0	0	0	X	X	X
3	0	X	1	X	0	0	X	0	X	X
4	0	0	X	1	X	0	0	0	X	0
5	0	0	0	X	1	X	0	0	X	X
6	0	0	0	0	X	1	X	0	0	X
7	0	0	X	0	0	X	1	X	0	X
8	0	X	0	0	0	0	X	1	0	X
9	X	X	X	X	X	0	0	0	-1	0
10	X	X	X	0	X	X	X	X	0	-1



ϕ = giro del nudo.-
 ψ = giro de la columna.-

8 giros ϕ
2 giros ψ
 10 incognitas

VIII) Cálculo aproximado de la rigidez de un entrepiso.-



Al hacer infinita la rigidez del Nivel, es equivalente a considerar que los Nudos no giran y la ecuación de piso se transformaría en:

$$-12 \psi_m \sum K_{col} = -h_m \sum_m V$$

siendo $K_{col} = \frac{EI}{h_m}$

o sea $\psi_m = + \frac{h_m \sum V}{12 \sum K_{col}}$

y tendremos en general

$$\psi = \frac{\Delta_m}{h_m}$$

Δ = desplazamiento del entrepiso

h_m = altura del entrepiso

Si recordamos que la Rigidez es la fuerza necesaria para producir un desplazamiento unitario tendremos así:

$$\psi_m = \frac{\Delta}{h_m} = \frac{h_m V_m}{12 \sum K_{col}}, \text{ para el entrepiso "m".}$$

si hacemos $\Delta = 1$

$$\frac{1}{h_m} = \frac{h_m}{12 \sum K_{col}} \text{ Rig.}, \text{ } V_m = \text{Rigidez del entrepiso}$$

$$\text{Rigidez} = \frac{12 \sum K_{col}}{h_m^2}$$

Como $K_{col} = \frac{E I_i}{h_i} = E \frac{I_i}{h_i}$

siendo $E = \text{constante}$

$$\sum K_{m,i} = \sum \frac{I}{h}$$

$$\text{Rigidez} = \frac{12 E I}{h_m^3} \Delta$$

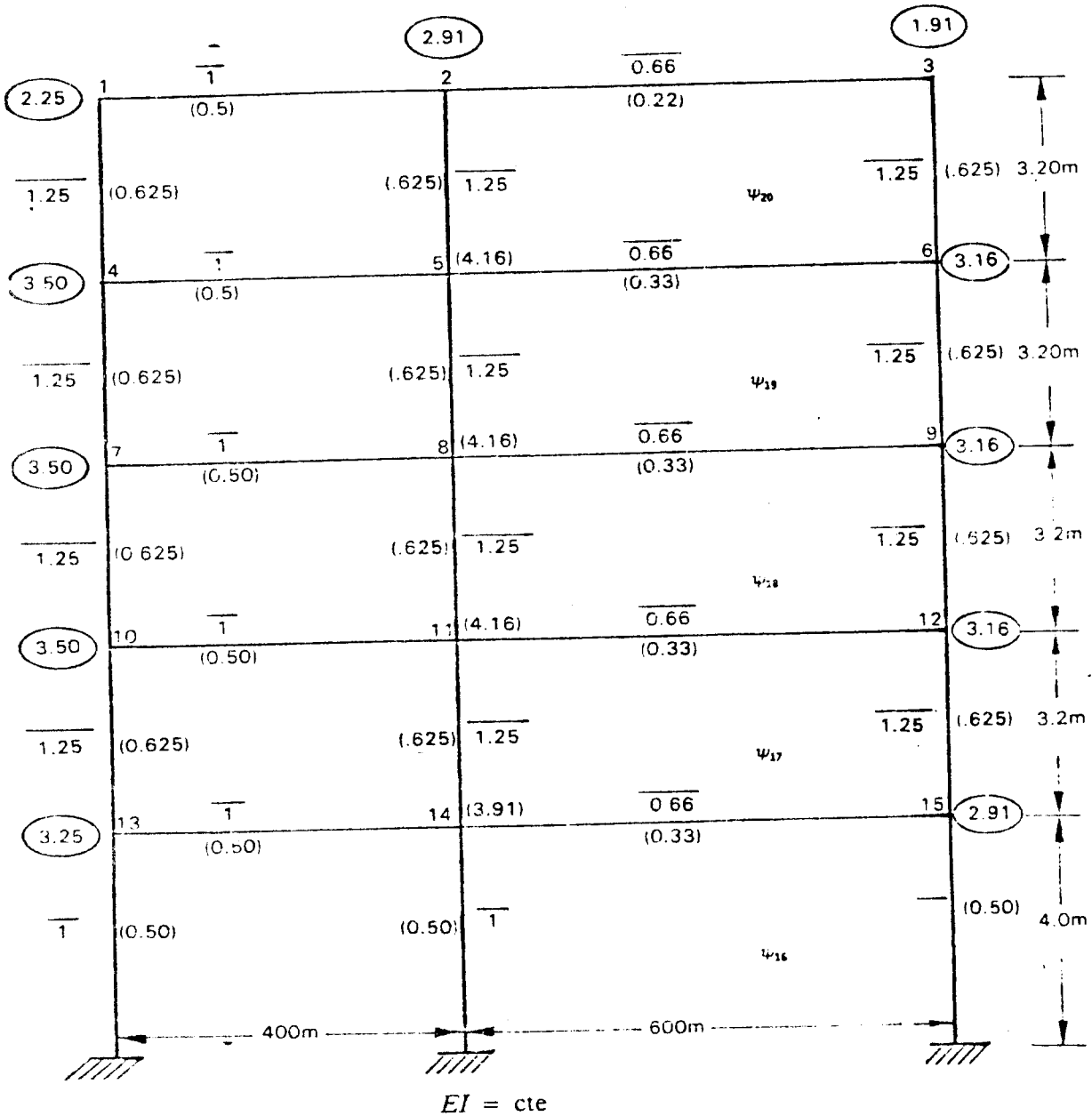
que seria la expresion de la Rigidez de un Entrepiso.

Nota : En general se tiene:

$$V = \frac{12 E I}{h^3} \Delta$$

EJEMPLO DE APLICACION

Valores para el cálculo



Simbología:

○ Valores igual con, $R_n = \sum \frac{4EI}{L}$

() Valores de $\frac{2EI}{L}$

— Valores de $\frac{4EI}{L}$

Programa para calculadora H.P. 41 C.V.

PRP "GIROS"

01 ♦ LBL "GIROS"	RCL 05 * RCL 37 CHS	RCL 16 * + RCL 55
02 ♦ LBL 01	RCL 07 * + RCL 38	RCL 17 * + STO 14
RCL 21 CHS RCL 02 *	CHS RCL 09 * +	PSE RCL 56 CHS RCL 12
RCL 23 CHS RCL 04 *	RCL 39 CHS RCL 11 *	* RCL 57 CHS RCL 14
+ RCL 23 RCL 20 * +	+ RCL 40 RCL 18 * +	* + RCL 58 RCL 16
STO 01 PSE RCL 24 CHS	RCL 41 RCL 19 * +	+ RCL 59 RCL 17 * +
RCL 01 * RCL 25 CHS	STO 08 PSE RCL 42 CHS	STO 15 PSE RCL 60
RCL 03 * + RCL 26	RCL 06 * RCL 43 CHS	RCL 13 * RCL 61
CHS RCL 05 * +	RCL 08 * + RCL 44	RCL 14 * + RCL 62
RCL 27 RCL 20 * +	CHS RCL 12 * +	RCL 15 * + RCL 63
STO 02 PSE RCL 28 CHS	RCL 45 RCL 18 * +	STO 16 PSE RCL 62
RCLS 02 * RCL 29 CHS	RCL 46 RCL 19 * +	RCL 10 * RCL 62
RCL 06 * + RCL 30	STO 09 PSE RCL 31 CHS	RCL 11 * + RCL 62
RCL 20 * + STO 03	RCL 07 * RCL 32 CHS	RCL 12 * + RCL 62
PSE RCL 31 CHS RCL 01	RCL 11 * + RCL 33	RCL 13 * + RCL 62
* RCL 32 CHS RCL 05	CHS RCL 13 * +	RCL 14 * + RCL 62
* + RCL 33 CHS	RCL 34 RCL 17 * +	RCL 15 * + RCL 64
RCL 07 * + RCL 34	RCL 35 RCL 18 * +	STO 17 PSE RCL 62
RCL 19 * + RCL 35	STO 10 PSE RCL 36 CHS	RCL 07 * RCL 62
RCL 20 * + STO 04	RCL 08 * RCL 37 CHS	RCL 08 * + RCL 62
PSE RCL 36 CHS RCL 02	RCL 10 * + RCL 38	RCL 09 * + RCL 62
* RCL 37 CHS RCL 04	CHS RCL 12 * +	RCL 10 * + RCL 62
* + RCL 38 CHS	RCL 39 CHS RCL 14 *	RCL 11 * + RCL 62
RCL 06 * + RCL 39	+ RCL 40 RCL 17 * +	RCL 12 * + RCL 65
CHS RCL 08 * +	RCL 41 RCL 18 * +	STO 18 PSE RCL 62
RCL 40 RCL 19 * +	STO 11 PSE RCL 42 CHS	RCL 04 * RCL 62
RCL 41 RCL 20 * +	RCL 09 * + RCL 43 CHS	RCL 05 * + RCL 62
STO 05 PSE RCL 42 CHS	RCL 11 * + RCL 44	RCL 06 * + RCL 62
RCL 03 * RCL 43 CHS	CHS RCL 15 * +	RCL 07 * + RCL 62
RCL 05 * + RCL 44	RCL 45 ECL 17 * +	RCL 08 * + RCL 62
CHS RCL 09 * +	RCL 46 RCL 18 * +	RCL 09 * + RCL 66
RCL 45 RCL 19 * +	STO 12 PSE RCL 47 CHS	STO 19 PSE RCL 62
RCL 46 RCL 20 * +	RCL 10 * RCL 48 CHS	RCL 01 * RCL 62
STO 06 PSE RCL 31 CHS	RCL 14 * + RCL 49	RCL 02 * + RCL 62
RCL 04 * RCL 32 CHS	RCL 16 * + RCL 50	RCL 03 * + RCL 62
RCL 08 * + RCL 33	RCL 17 * + STO 13	RCL 04 * + RCL 62
CHS RCL 10 * +	PSE RCL 51 CHS RCL 11	RCL 05 * + RCL 62
RCL 34 RCL 18 * +	* RCL 52 CHS RCL 13	RCL 06 * + RCL 67
RCL 35 RCL 19 * +	* + RCL 53 CHS	STO 20 PSE BEEP BEEP
STO 07 PSE RCL 36 CHS	RCL 15 * - RCL 54	GTO 01 END

RESULTADO DE LAS ITERACIONES

Giros de nudos y columnas

-0.499067 ***
 -0.336768 ***
 -0.582679 ***
 -1.080388 ***
 -0.871570 ***
 -1.188017 ***
 -1.780708 ***
 -1.397739 ***
 -1.977809 ***
 -2.454858 ***
 -1.981678 ***
 -2.699672 ***
 -3.096526 ***
 -2.232687 ***
 -3.536167 ***
 -3.699135 ***
 -3.811843 ***
 -2.907507 ***
 -1.955292 ***
 -1.046174 ***
 -0.499192 ***
 -0.336837 ***
 -0.582796 ***
 -1.080581 ***
 -0.871709 ***
 -1.188201 ***
 -1.781013 ***
 -1.397960 ***
 -1.978106 ***
 -2.455165 ***
 -1.981911 ***
 -2.699977 ***
 -3.096660 ***
 -2.232791 ***
 -3.536310 ***
 -3.699199 ***
 -3.812048 ***
 -2.907786 ***
 -1.955516 ***
 -1.046312 ***

Resultado final

ϕ -0.499309 ***
 -0.336927 ***
 -0.582949 ***
 -1.080873 ***
 -0.871954 ***
 -1.188539 ***
 -1.781444 ***
 -1.398308 ***
 -1.978613 ***
 -2.455622 ***
 -1.982272 ***
 -2.700513 ***
 -3.096947 ***
 -2.233009 ***
 -3.536644 ***

 ψ -3.699339 ***
 -3.812415 ***
 -2.908227 ***
 -1.955877 ***
 -1.046519 ***

INVERSION DE MATRICES

```
5 PRINTER IS 601
6 PLIST
7 PRINTER IS 1
10 PRINT "INVERSION DE MATRICES"
20 PRINT
30 DIM A(35,35),B(35,35)
40 PRINT "DIMENSION DE LA MATRIZ"
50 INPUT R
51 FOR I=1 TO R
52 FOR J=1 TO R
53 B(I,J)=0
54 NEXT J
55 NEXT I
60 PRINT "ELEMENTOS DE LA MATRIZ"
70 PRINT
80 FOR J=1 TO R
90 PRINT "LINEA";J
100 FOR I=1 TO R
110 PRINT "VALOR DE LA COLUMNA";I;
120 INPUT A(J,I)
130 NEXT I
140 B(J,J)=1
150 NEXT J
160 REM -STATEMENTS 150 TO 440 INVERT MATRIX
170 FOR J=1 TO R
175 BEEP 10,250
180 FOR I=J TO R
190 IF A(I,J)<> 0 THEN 230
200 NEXT I
210 PRINT "MATRIX SINGULAR"
220 GOTO 540
230 FOR K=1 TO R
240 S=A(J,K)
250 A(J,K)=A(I,K)
260 A(I,K)=S
270 S=B(J,K)
280 B(J,K)=B(I,K)
290 B(I,K)=S
300 NEXT K
310 T=1/A(J,J)
```

```

320 FOR K=1 TO R
330 A(J,K)=T*A(J,K)
340 B(J,K)=T*B(J,K)
350 NEXT K
360 FOR L=1 TO R
370 IF L=J THEN 430
380 T=-A(L,J)
390 FOR K=1 TO R
400 A(L,K)=A(L,K)+T*A(J,K)
410 B(L,K)=B(L,K)+T*B(J,K)
420 NEXT K
430 NEXT L
440 NEXT J
450 PRINT
460 REM - IMPRIME EL RESULTADO
465 PRINT "MATRIZ INVERSA"
470 FOR I=1 TO R
480 FOR J=1 TO R
490 PRINT INT (B(I,J)*1000+.5)/1000;" ";
500 NEXT J
510 REM - IMPRIME LA SIGUIENTE LINEA
520 PRINT
525 PAUSE
530 NEXT I
540 PRINT "MULTIPLICACION DE MATRICES"
550 DIM C(35)
555 PRINT
560 PRINT "VALORES DEL VECTOR DE CARGAS"
570 FOR J=1 TO R
580 PRINT "VALOR DE LA COLUMNA 1";" LINEA ";J;
590 INPUT C(J)
600 NEXT J
610 REM -REALIZACION DE LA MULTIPLICACION DE MATRICES
615 PRINT "RESULTADO DE LA MULTIPLICACION DE MATRICES"
620 FOR I=1 TO R
630 S=0
640 FOR K=1 TO R
650 S=S+B(I,K)*C(K)
660 NEXT K
670 PRINT S;" ";
680 PRINT
682 PAUSE
690 NEXT I
695 PRINT "TERMINA EL PROGRAMA"
700 END

```

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

- 1.-) "SCIENZA DELLE COSTRUZIONI"
Editore Zanichelli, Bologna Vo. I al IV, 1966.
- 2.-) "DYNAMICS OF FRAMED STRUCTURES"
By G. L. Rogers, John Wiley, 1955.
- 3.-) "FRAME ANALYSIS"
By, A.S. Hall and R. W. Woodhead, John Wiley, 1965.
- 4.-) "STRUCTURAL ANALYSIS"
By, A. GHALI AND A.M. Neville, Chapman and Hall, 1978.
- 5.-) "MATRIX AND DIGITAL COMPUTER METHODS IN STRUCTURAL ANALYSIS"
By, W.M. Jenkins, Mc Graw Hill, 1969.
- 6.-) "ESTRUCTURAS CONTINUAS"
By, E. Morsch, Ed. Tres Emes, Buenos Aires, 1946.
- 7.-) "THE APPLICATION OF DIGITAL COMPUTERS TO STRUCTURAL ENGINEER PROBLEMS"
By, D.M. Brotton, Spon Londres, 1962.
- 8.-) "MATRICES FOR STRUCTURAL ANALYSIS"
By, S. J. Mc Minn, John Wiley, 1962.
- 9.-) "STRUCTURAL ANALYSIS FOR ENGINEERS"
By, N. Willems and W. Lucas, Mc Graw Hill, 1978.
- 10-) "CONFERENCIA CENTROAMERICANA DE INGENIERIA SISMICA"
Tomo II, San Salvador, 1978.
- 11-) "NUEVA TEORIA DE LAS ESTRUCTURAS"
By, H. Castillo Martínez, 1975, México, D. F.
- 12-) "CEMENTO ARMADO"
By, L. Santarella, 1965, O. Hoepli, Milano.

- 13-) "STRUCTURAL ANALYSIS"
By, H. Laursen Mc Graw Hill, 1969.
- 14-) "CALCULO PRACTICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS EN HORMIGON ARMADO"
By, Albert Fuentes, Ed. Tec. Asoc., A.A. 1976, Barcelona.
- 15-) "MATRIZ STRUCTURAL ANALYISS"
By, W. McGuire and R. Gallagher, John Wiley, 1979.
- 16-) "LINEAR FRAMED STRUCTURES:"
By, H. Laursen, 1966, McGraw Hill.
- 17-) "ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL"
By, H. Castillo M. Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1973, México, D.F.
- 18-) "UNIFORM BUILDING CODE"
1979.
- 19-) "ESTRUCTURAS DE VARIOS PISOS"
By, F. Takabeya, C E C S A, 1969.
- 20-) "STRUCTURAL MATRIX ANALYSIS FOR THE ENGINEER"
By, J. Robinson, John Wiley and Sons, 1966.
- 21-) "MATRIX STRUCTURAL ANALYSIS"
By, J. Meek, McGraw Hill, 1977.
- 22-) "STRUCTURAL ANALYSIS"
By, J. Tuma y Munshi, Schaum, 1969.
- 23-) "STRUCTURAL ANALYSIS"
By, J. Tuma y Munshi, Schaum, 1971.
- 24-) "ANALYSIS ESTRUCTURAL"
By, R. Luthe Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A., México, 1971.
- 25-) "ANALYSIS OF STATICALLY INDETERMINATE STRUCTURES"
By, C.K. Wang, McGraw Hill, 1953.

26-) "STATICALLY INDETERMINATE STRUCTURES".

By, C.K. Wang, McGraw Hill, 1953.

27-) "ESTRUCTURAS APORTICADAS Y VIGAS CONTINUAS"

By, R. Guldan, Editorial El Ateneo,

Buenos Aires, 1956.

28-) "III CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA ESTRUCTURAL"

Morelia, Michoacán, 1982

S.M.I.E. México.

29-) "DINAMICA DE SUELOS Y ESTRUCTURAS CON APLICACION A LA
INGENIERIA SISMICA"

By, Rafael Colindres Selva, Editorial LIMUSA,

1982.