49.49461 39.59962
106.0632 39.60289
120.2061 25.46157
63.63757 25.4583
91.92347 -2.824333
77.78216 -16.96729
49.49625 11.31535
49.49952 -45.2532
LA MATRIZ [EC]
-17283.34 -1 611048.4
1.000116 -1 -9.900734
5.779176E-05 -1 39.59676
-.9998843 -1 145.6538
5.785919E-05 -1 25.45462
-.9998842 -1 89.08849
1.000117 -1 -94.75852
-.9998843 -1 60.80587
-17283.34 -1 855471.7
-.9998843 -1 4.240596
ESTA ES LA MATRIZ DE RANGOS DE OPERACION DE VERTICES R
35.35477 35.35329 0 25.45666
35.35329 49.49461 25.45666 39.59962
49.49461 106.0632 39.59962 39.60289
106.0632 120.2061 39.60289 25.46157
120.2061 63.63757 25.46157 25.4583
63.63757 89.09881 25.4583 0
0 0 0 0
60.8129 49.49625 0 11.31535
49.49625 49.4969 11.31535 0
0 0 0 0
VERTICES ARRIBA
35.35477 0
35.35329 25.45666
35.35329 25.45666
49.49461 39.59962
49.49461 39.59962
106.0632 39.60289
106.0632 39.60289
120.2061 25.46157
120.2061 25.46157
63.63757 25.4583
63.63757 25.4583
89.09881 0
0 0
0 0
60.8129 0
49.49625 11.31535
49.49625 11.31535
49.4969 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0

```
 0        0
EL AREA EN COMPRESION DEL CONCRETO ES DE  1980.105    CM2
EL CENTRIODE DEL AREA EN COMPRESION X ES DE          67.36156    CM
EL CENTRIODE DEL AREA EN COMPRESION Y ES DE          31.9868     CM
PC=         589081.3
.LA DEFORMACION DE LA VARILLA          1       ES DE      -8.568878E-04
EL ESFUERZO DE LA VARILLA   1        ES DE      -1799.464
LA FUERZA DE LA VARILLA     1        ES DE      -8997.322
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(          1       )=         315200.6
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(          1       )=         193757.8
LA DEFORMACION DE LA VARILLA           2       ES DE      2.142765E-03
EL ESFUERZO DE LA VARILLA   2        ES DE      4200
LA FUERZA DE LA VARILLA     2        ES DE      21000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(          2       )=         303768.4
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(          2       )=         -303803.6
LA DEFORMACION DE LA VARILLA           3       ES DE      4.287912E-04
EL ESFUERZO DE LA VARILLA   3        ES DE      900.4615
LA FUERZA DE LA VARILLA     3        ES DE      4502.308
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(          3       )=         -62210.48
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(          3       )=         62217.68
LA DEFORMACION DE LA VARILLA           4       ES DE      2.571457E-03
EL ESFUERZO DE LA VARILLA   4        ES DE      4200
LA FUERZA DE LA VARILLA     4        ES DE      21000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(          4       )=         452321.1
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(          4       )=         735634.7
MOMENTO X DEL CONCRETO     6535132
MOMENTO Y DEL CONCRETO     2002462
MOMENTO X     7544212
MOMENTO Y     2690268
 626586.3
EL MOMENTO MX ES          7235553
EL MOMENTO MY ES          -3430324
```

CICLO V

ANALISIS DE COLUMNAS DE SECCION ARBITRARIA SOMETIDAS A FLEXION
Y CARGA BIAXIAL
INICIA LECTURA DE DATOS
FAVOR DE DAR LOS DATOS DE LAS COORDENADAS DE LOS VERTICES A FAVOR DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ
MATRIZ [SA]
5
5
5
5
XMA= 60
XME= 0
YMA= 100
YME= 0
MATRIZ [V]
40 0
0 40
0 60
40 100
60 100
20 60
60 60
60 40
20 40
60 0
MATRIZ [VV]
14.14459 -42.42559
14.14132 14.14295
28.28263 28.28591
84.85118 28.28918
98.99413 14.14786
42.42559 14.14459
70.71149 -14.13804
56.57018 -28.281
28.28427 1.636325E-03
28.28754 -56.56691
MATRIZ [NA]
40 10
10 50
50 50
40 90
EL CENTROIDE PLASTICO ESTA A 42.75029 -.3213911 CMS DEL EJE NEUTRO
EL AREA DE LA SECCION ES DE 2800 CM2
LA MATRIZ [NNA]
21.21525 -35.35411
28.28345 14.14377
56.56936 -14.13886
77.78052 21.2177
DCP= 5.657835
LA MATRIZ [VVV]
14.14459 -48.08343
14.14132 8.485119

28.28263 22.62807
84.85118 22.63134
98.99413 8.490026
42.42559 8.486753
70.71149 -19.79588
56.57018 -33.93884
28.28427 -5.656199
28.28754 -62.22474
LA MATRIZ [EC]
-17283.34 -1 244417.7
1.000116 -1 -5.657835
5.779176E-05 -1 22.62644
-.9998844 -1 107.4727
5.784234E-05 -1 8.4843
-.9998844 -1 50.90744
1.000116 -1 -90.51558
-.9998844 -1 22.6248
-17283.34 -1 488841
-.9998839 -1 -33.94048
ESTA ES LA MATRIZ DE RANGOS DE OPERACION DE VERTICES R
14.14181 14.14132 0 8.485119
14.14132 28.28263 8.485119 22.62807
28.28263 84.85118 22.62807 22.63134
84.85118 98.99413 22.63134 8.490026
98.99413 42.42559 8.490026 8.486753
42.42559 50.91332 8.486753 0
0 0 0 0
0 0 0 0
0 0 0 0
0 0 0 0
VERTICES ARRIBA
14.14181 0
14.14132 8.485119
14.14132 8.485119
28.28263 22.62807
28.28263 22.62807
84.85118 22.63134
84.85118 22.63134
98.99413 8.490026
98.99413 8.490026
42.42559 8.486753
42.42559 8.486753
50.91332 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0

0 0
EL AREA EN COMPRESION DEL CONCRETO ES DE 1276.033 CM2
EL CENTRIODE DEL AREA EN COMPRESION X ES DE 50.92806 CM
EL CENTRIODE DEL AREA EN COMPRESION Y ES DE 18.35931 CM
PC= 379619.9
LA DEFORMACION DE LA VARILLA 1 ES DE -3.749219E-03
EL ESFUERZO DE LA VARILLA 1 ES DE -4200
LA FUERZA DE LA VARILLA 1 ES DE -21000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(1)= 735687.1
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(1)= 452235.9
LA DEFORMACION DE LA VARILLA 2 ES DE 1.499913E-03
EL ESFUERZO DE LA VARILLA 2 ES DE 3149.818
LA FUERZA DE LA VARILLA 2 ES DE 15749.09
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(2)= 227813.2
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(2)= -227839.5
LA DEFORMACION DE LA VARILLA 3 ES DE -1.499393E-03
EL ESFUERZO DE LA VARILLA 3 ES DE -3148.724
LA FUERZA DE LA VARILLA 3 ES DE -15743.62
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(3)= 217537
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(3)= -217562.2
LA DEFORMACION DE LA VARILLA 4 ES DE 2.250087E-03
EL ESFUERZO DE LA VARILLA 4 ES DE 4200
LA FUERZA DE LA VARILLA 4 ES DE 21000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(4)= 452321
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(4)= 735634.8
MOMENTO X DEL CONCRETO 7091567
MOMENTO Y DEL CONCRETO 3104444
MOMENTO X 8724925
MOMENTO Y 3846913
379625.3
EL MOMENTO MX ES 8887664
EL MOMENTO MY ES -3446597

CICLO VI

ANALISIS DE COLUMNAS DE SECCION ARBITRARIA SOMETIDAS A FLEXION
Y CARGA BIAXIAL
INICIA LECTURA DE DATOS
FAVOR DE DAR LOS DATOS DE LAS COORDENADAS DE LOS VERTICES A FAVOR DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ
MATRIZ [SA]
5
5
5
5
XMA= 50
XME= 0
YMA= 80
YME= 0
MATRIZ [V]
0 0
50 0
50 80
0 80
MATRIZ [VV]
0 -40
50 -40
50 40
0 40
MATRIZ [NA]
10 10
40 10
40 70
10 70
EL CENTROIDE PLASTICO ESTA A 25 0 CMS DEL EJE NEUTRO
EL AREA DE LA SECCION ES DE 4000 CM2
LA MATRIZ [NNA]
10 -30
40 -30
40 30
10 30
DCP= 8
LA MATRIZ [VVV]
0 -48
50 -48
50 32
0 32
LA MATRIZ [EC]
10000 -1 -48
-1 10000 50
10000 -1 32
-1 10000 0
ESTA ES LA MATRIZ DE RANGOS DE OPERACION DE VERTICES R
0 0 0 0
50 50 0 32
50 0 32 32
0 0 32 0

VERTICES ARRIBA

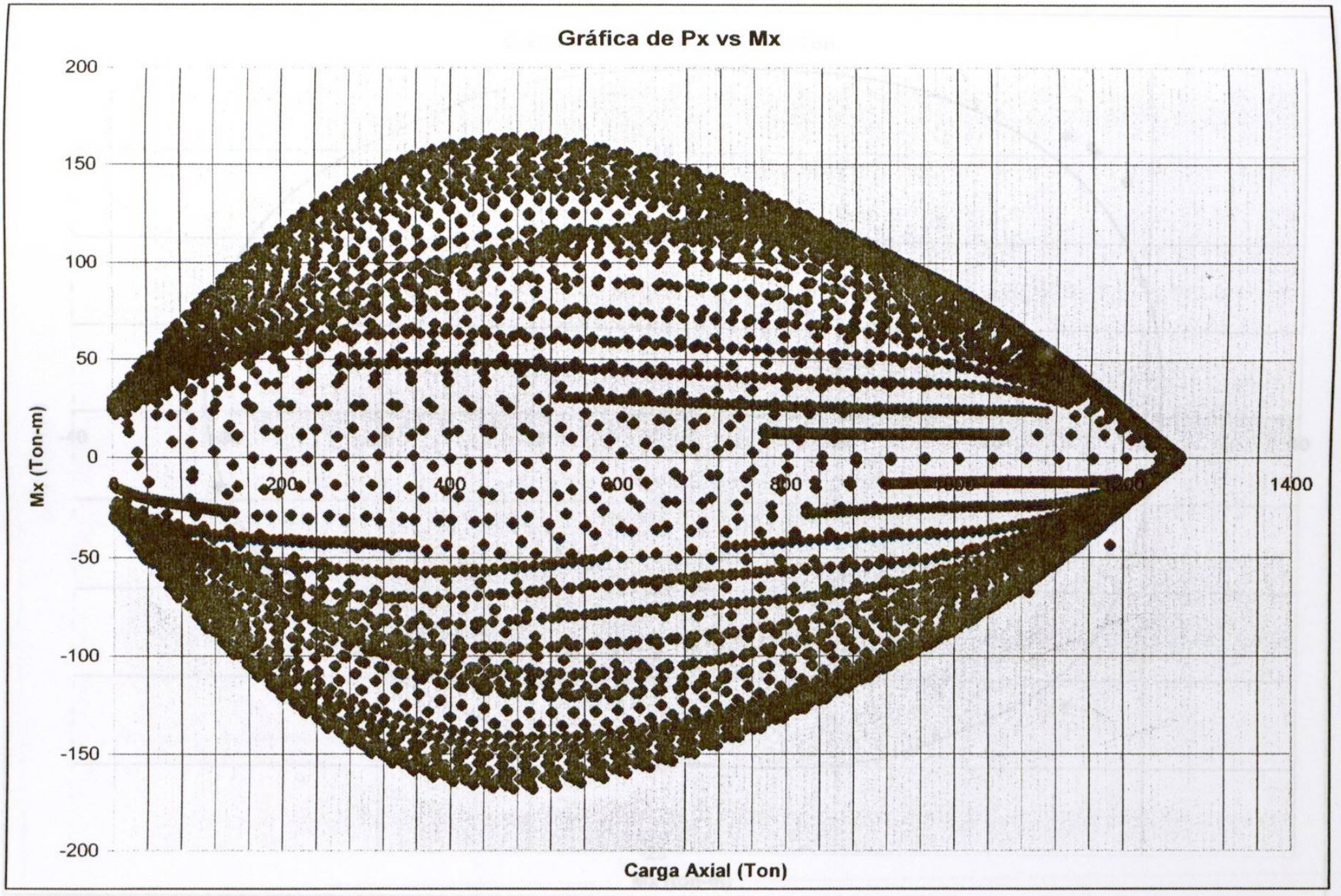
0	0
0	0
50	0
50	32
50	32
0	32
0	32
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0

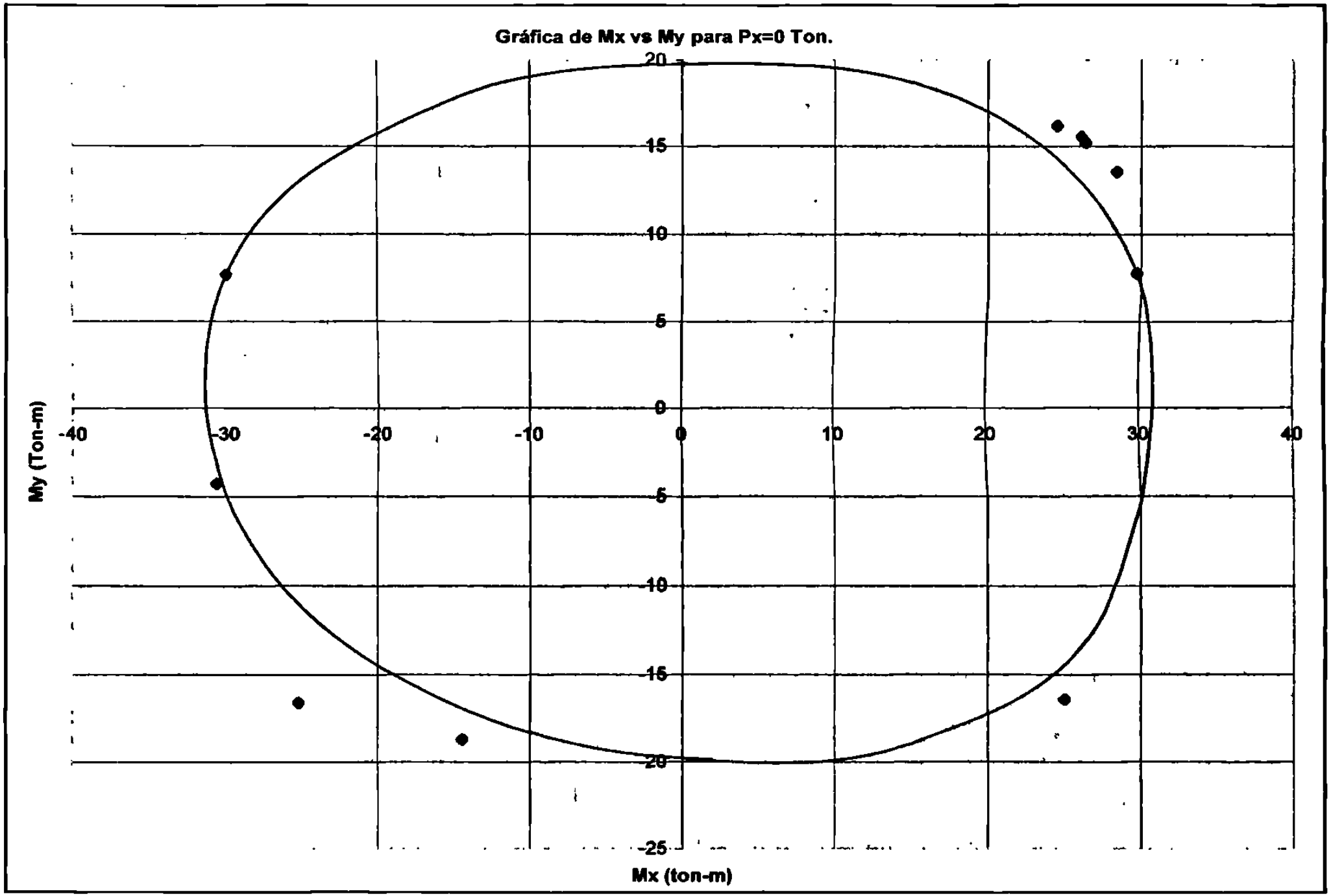
EL AREA EN COMPRESION DEL CONCRETO ES DE 1600 CM2
EL CENTRIODE DEL AREA EN COMPRESION X ES DE 25 CM
EL CENTRIODE DEL AREA EN COMPRESION Y ES DE 24 CM
PC= 476000
LA DEFORMACION DE LA VARILLA 1 ES DE -.00225
EL ESFUERZO DE LA VARILLA 1 ES DE -4200
LA FUERZA DE LA VARILLA 1 ES DE -21000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(1)= 630000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(1)= 315000
LA DEFORMACION DE LA VARILLA 2 ES DE -.00225
EL ESFUERZO DE LA VARILLA 2 ES DE -4200
LA FUERZA DE LA VARILLA 2 ES DE -21000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(2)= 630000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(2)= -315000
LA DEFORMACION DE LA VARILLA 3 ES DE .00225
EL ESFUERZO DE LA VARILLA 3 ES DE 4200
LA FUERZA DE LA VARILLA 3 ES DE 21000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(3)= 630000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(3)= 315000
LA DEFORMACION DE LA VARILLA 4 ES DE .00225
EL ESFUERZO DE LA VARILLA 4 ES DE 4200
LA FUERZA DE LA VARILLA 4 ES DE 21000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUX(4)= 630000
EL MOMENTO DE LA VARILLA MUY(4)= -315000
MOMENTO X DEL CONCRETO 1.1424E+07
MOMENTO Y DEL CONCRETO 0
MOMENTO X 1.3944E+07
MOMENTO Y 0
476000
EL MOMENTO MX ES 1.3944E+07
EL MOMENTO MY ES 0

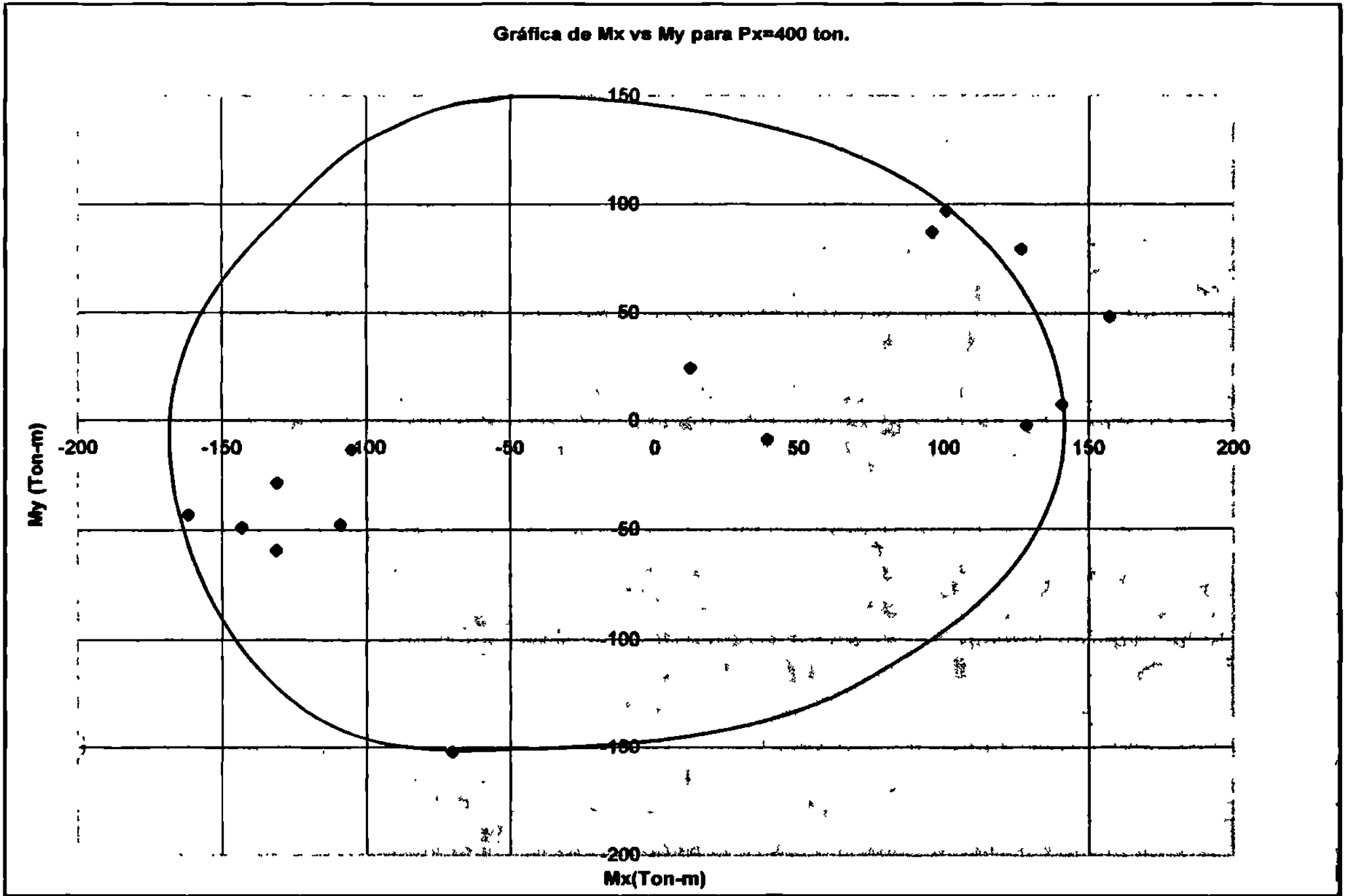
Corrida de Ejemplos.

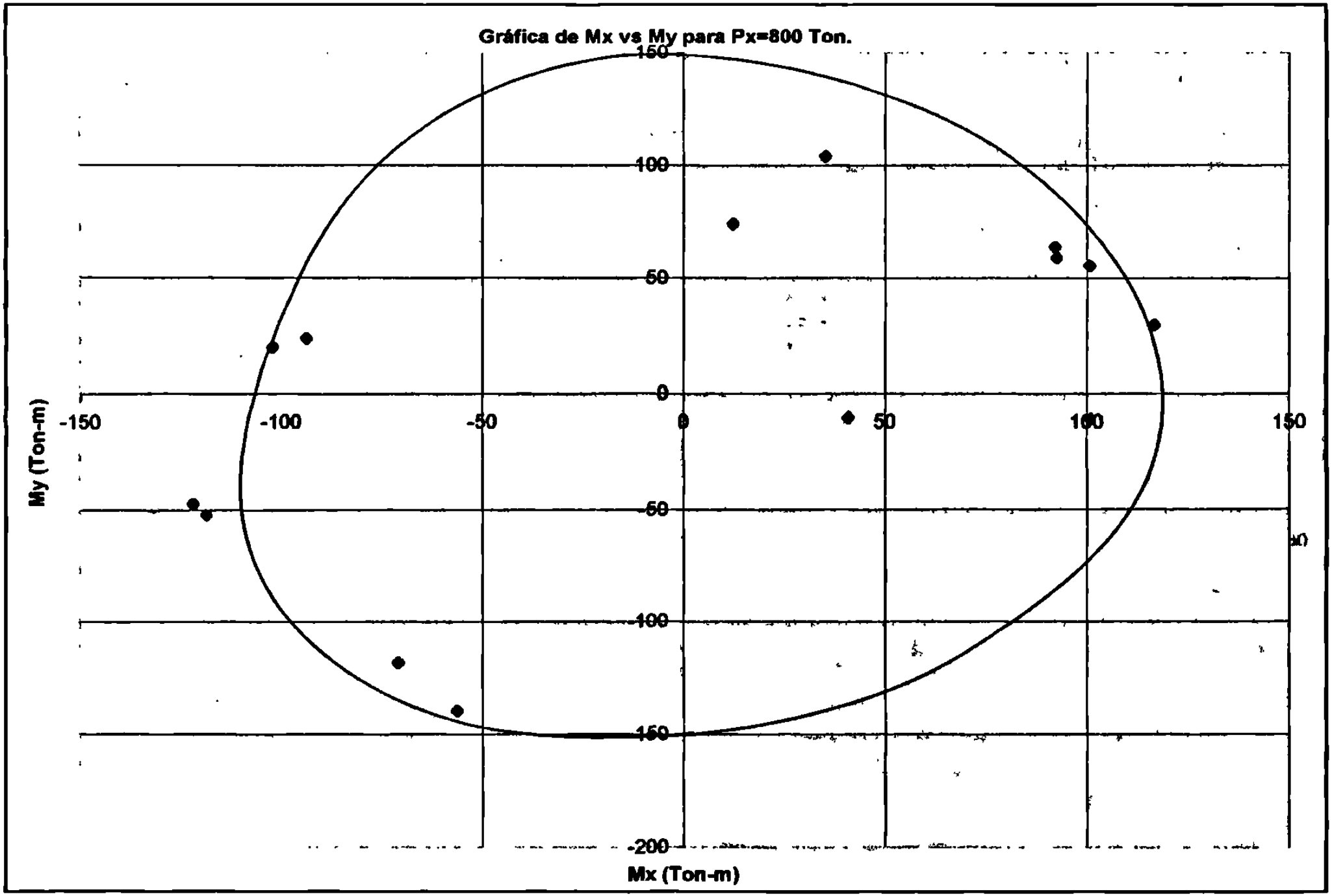
Ahora en las páginas 162 a 166 se presenta la corrida general de la sección mostrada en la figura 6.9, página 133 con los mismos datos de entrada al programa del ciclo VI, la primera gráfica mostrada en para Mx vs Px y las siguientes son de rebanadas del diagrama de interacción, para diferentes cargas axiales.

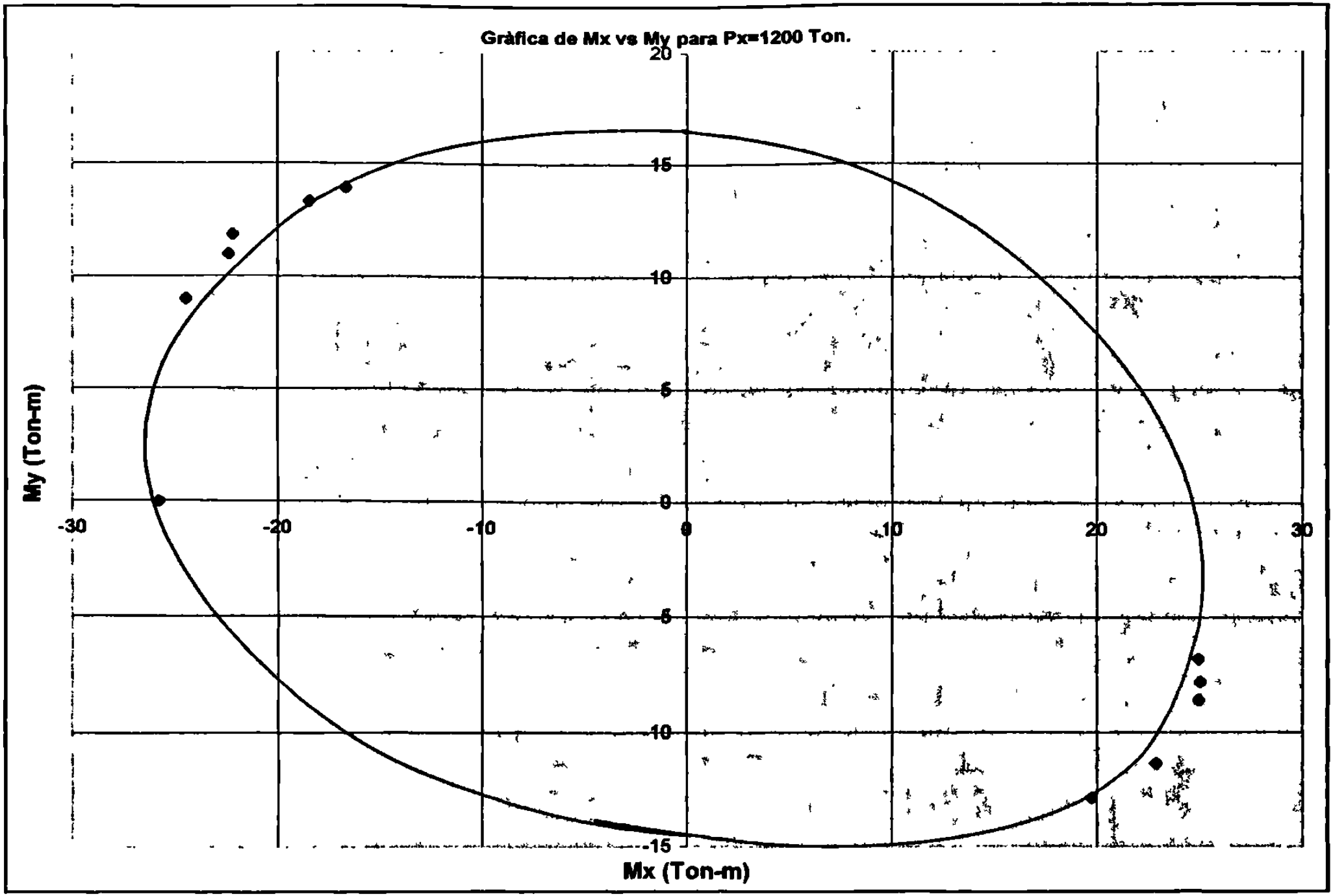
En la página 167, se presenta la corrida general para la sección mostrada en la figura 6.1 de la página 68, con los mismos datos de entrada.

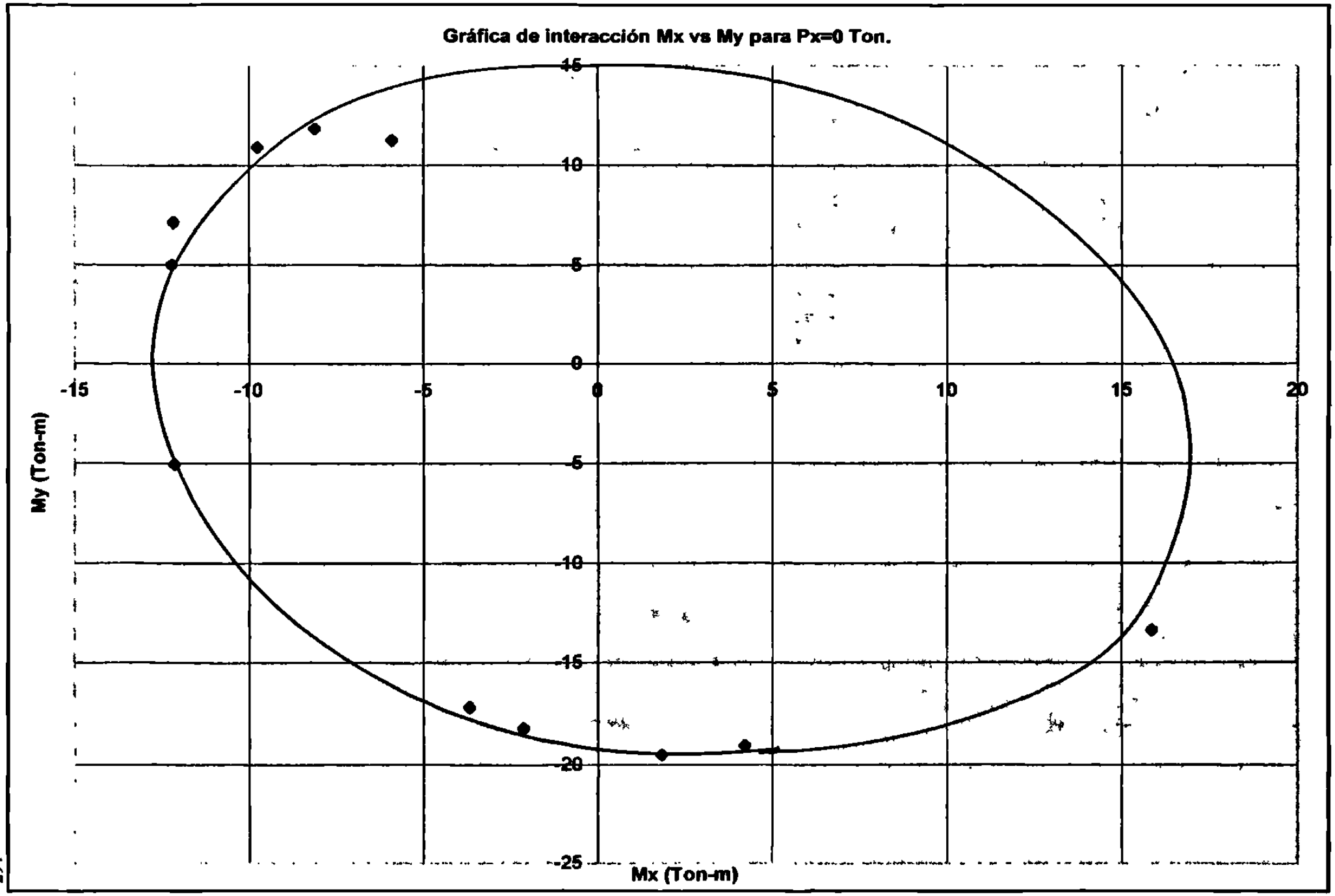

Gráfica de Px vs Mx
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
Mx (Ton-m)
200
400
1400
Carga Axial (Ton)

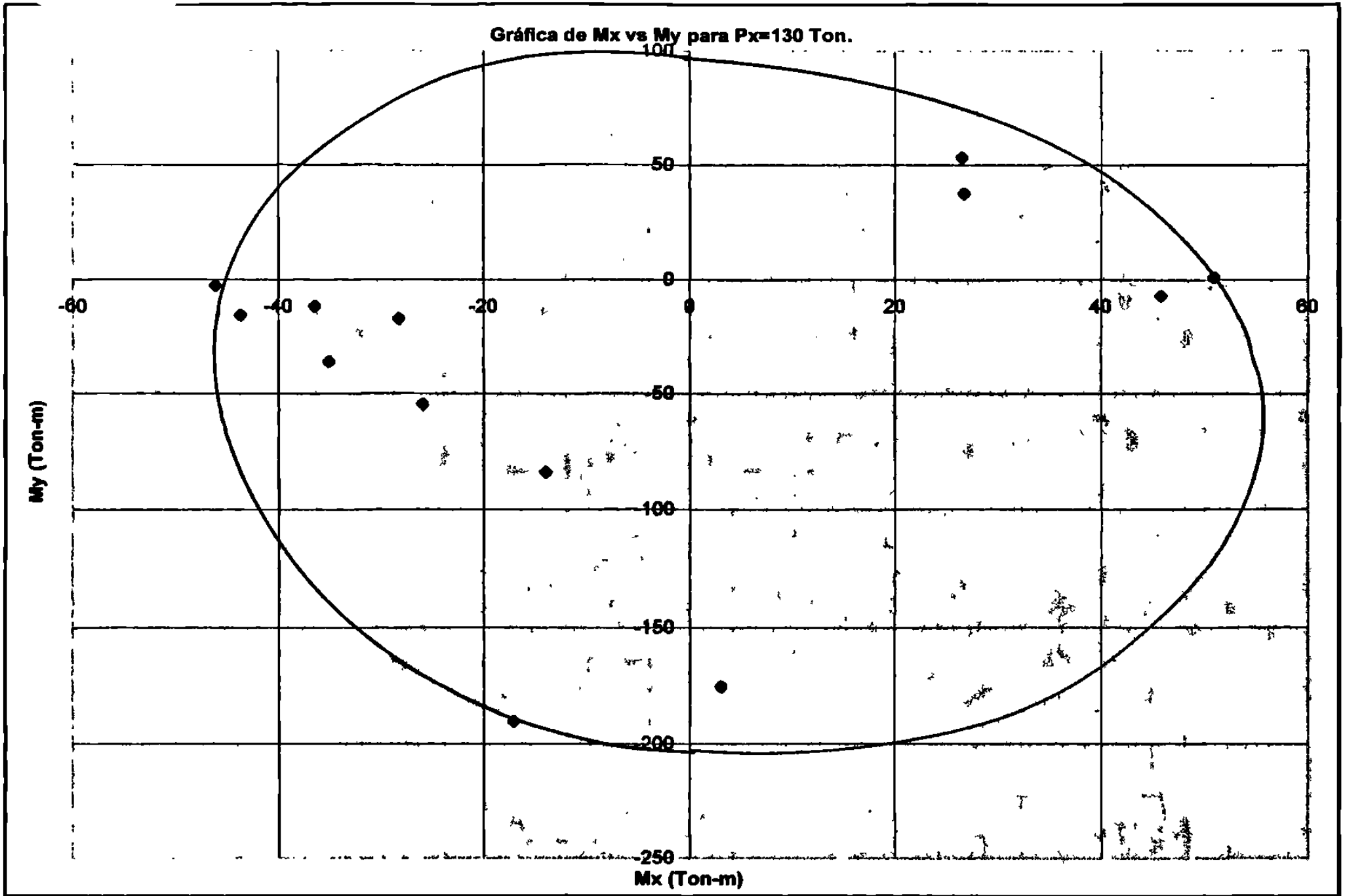

Gráfica de Mx vs My para Px=0 Ton.
My (Ton-m)
Mx (ton-m)
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-40
-30
-20
-10
0
10
20
30
40

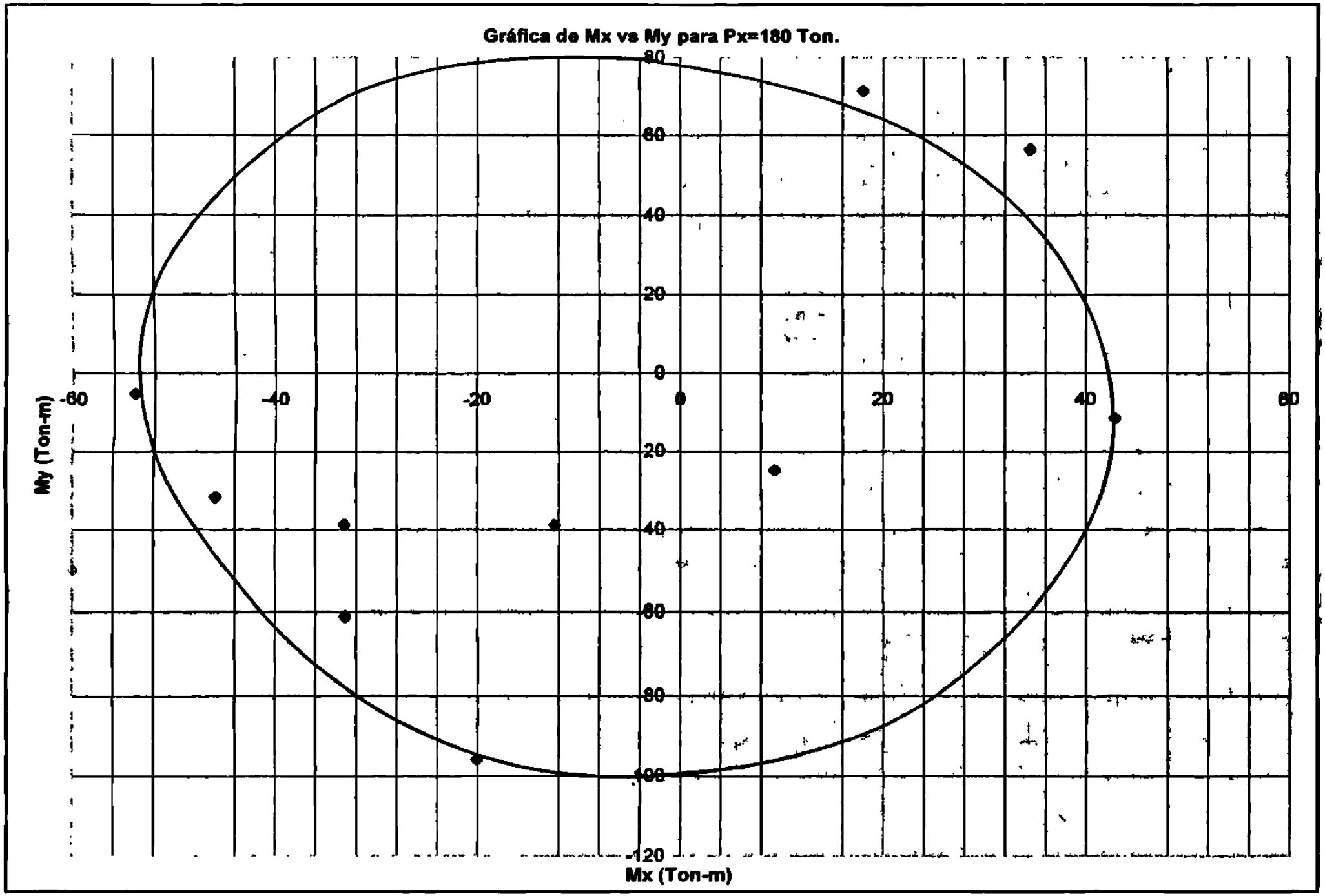

Gráfica de Mx vs My para Px=400 ton.
My (Ton-m)
Mx(Ton-m)
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-200
-150
-100
-50
0
50
100
150
200

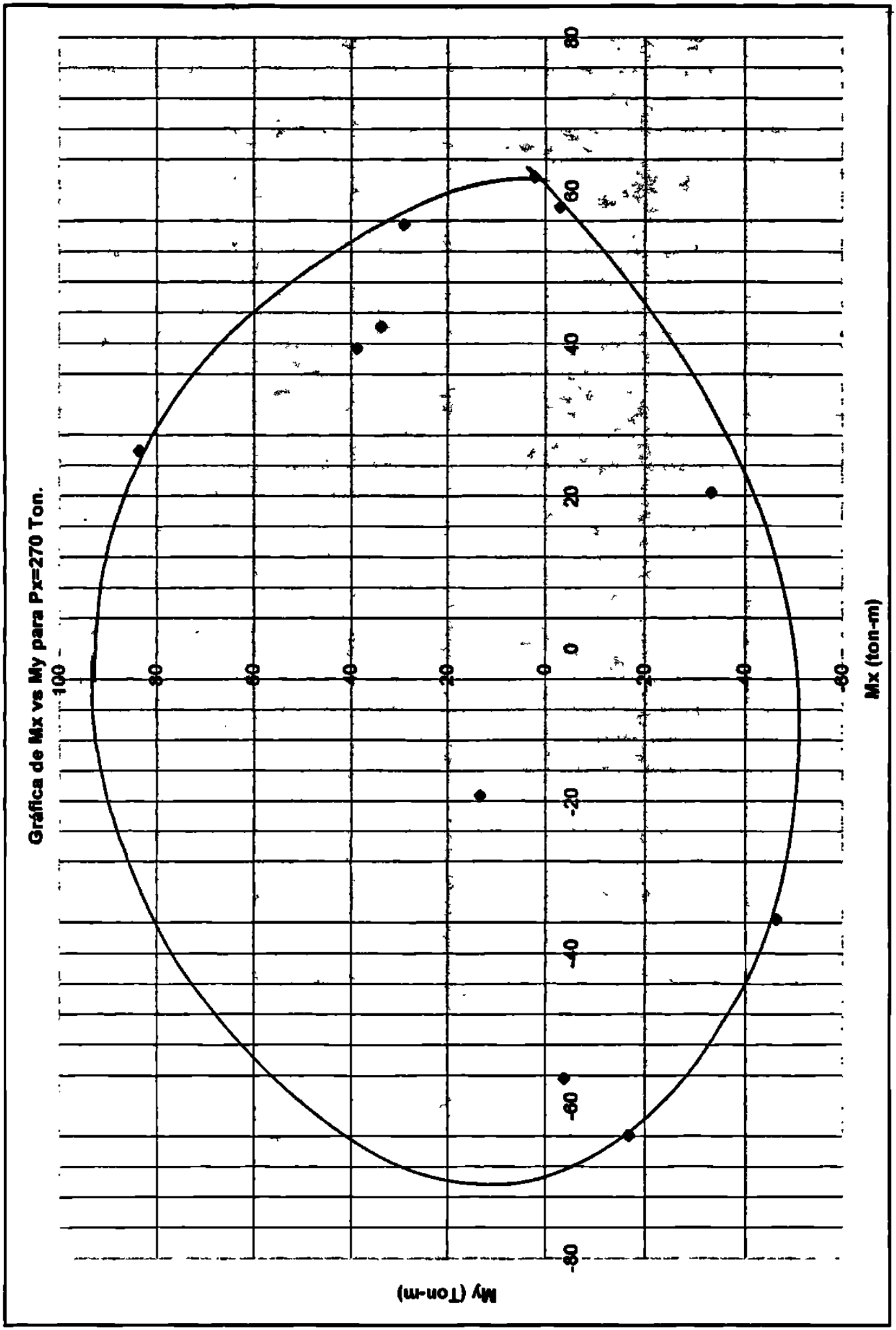

Gráfica de Mx vs My para Px=800 Ton.
My (Ton-m)
Mx (Ton-m)
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-150
-100
-50
0
50
100
150

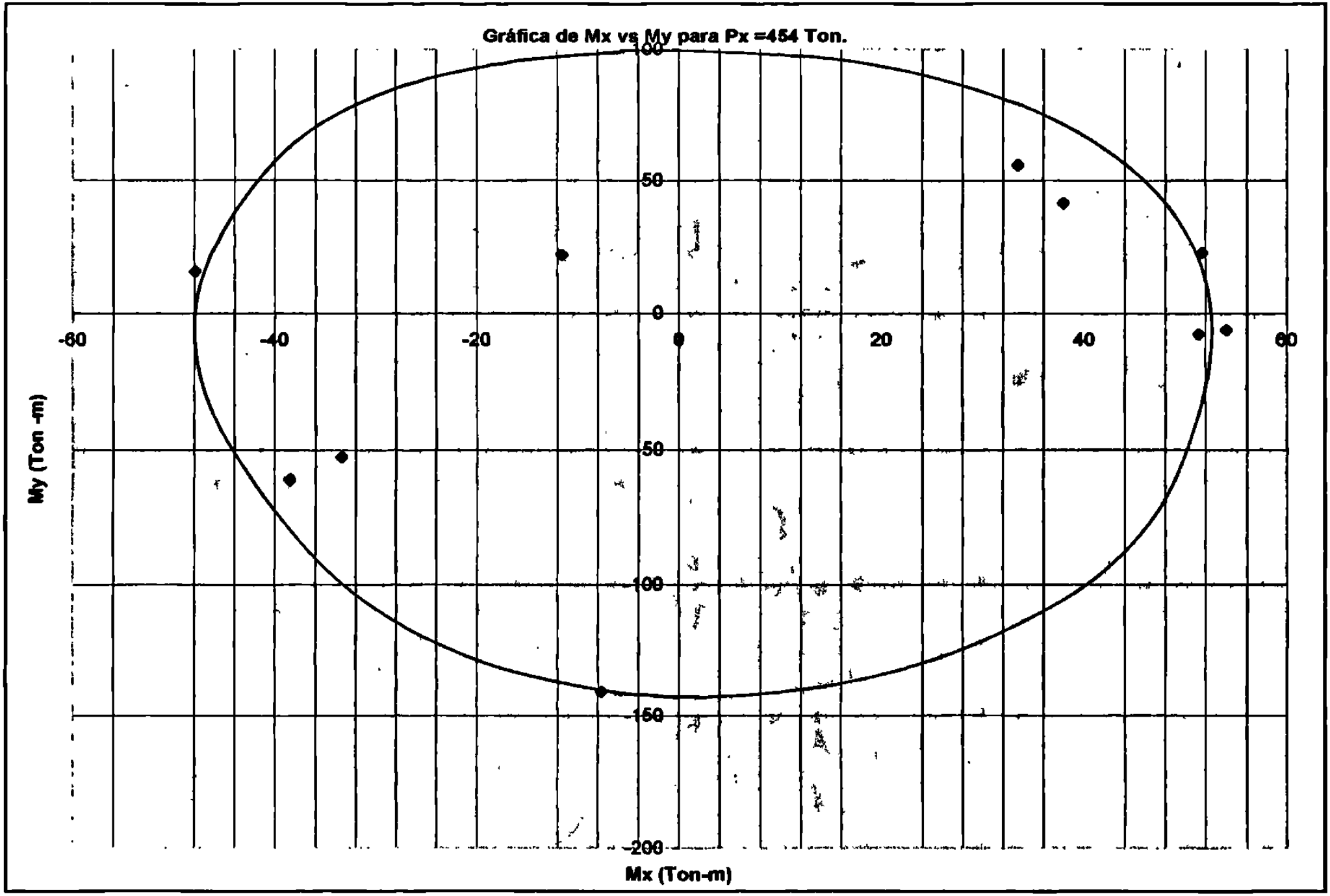

Gràfica de Mx vs My para Px=1200 Ton.
My (Ton-m)
Mx (Ton-m)
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-30
-20
-10
0
10
20
30


Gráfica de interacción Mx vs My para Px=0 Ton.
My (Ton-m)
Mx (Ton-m)
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-15
-10
-5
0
5
10
15
20


Gráfica de Mx vs My para Px=130 Ton.
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
-60
-40
-20
0
20
40
60
My (Ton-m)
Mx (Ton-m)


Gráfica de Mx vs My para Px=180 Ton.
My (Ton-m)
Mx (Ton-m)
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
-100
-120
-60
-40
-20
0
20
40
60


Gráfica de Mx vs My para Px=270 Ton.
Mx (ton-m)
My (Ton-m)
100
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80


Gráfica de Mx vs My para Px =454 Ton.
My (Ton -m)
Mx (Ton-m)
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-60
-40
-20
0
20
40
60

CAPITULO 8

ENSAYE DE COLUMNA A ESCALA NATURAL

Como una forma de Iniciar la investigación experimental sobre el comportamiento de columnas, se propuso, fabricó y ensayo una columna a escala natural de concreto reforzado.

La columna tiene una sección de 35cm x 35cm con refuerzo de 4 varillas #6 y 4 varillas #5 con estribos #3 @ 20cm ver figura 9.1 para el arreglo de la sección. La resistencia del concreto fcr es de 250 kg/cm2. El proporcionamiento se encuentra en el Anexo 1.

La forma geométrica de la columna se planteó de forma que a través de dos brazos ortogonales pudiera ser aplicado un momento en cada dirección; en la fotografía 9.1 pueden ser aplicados éstos brazos. El peralte de los brazos es de 50cm y se diseñó de tal manera que no tuviera problemas de flexión y cortante en las juntas. El momento que se presenta a lo largo de la altura es constante.

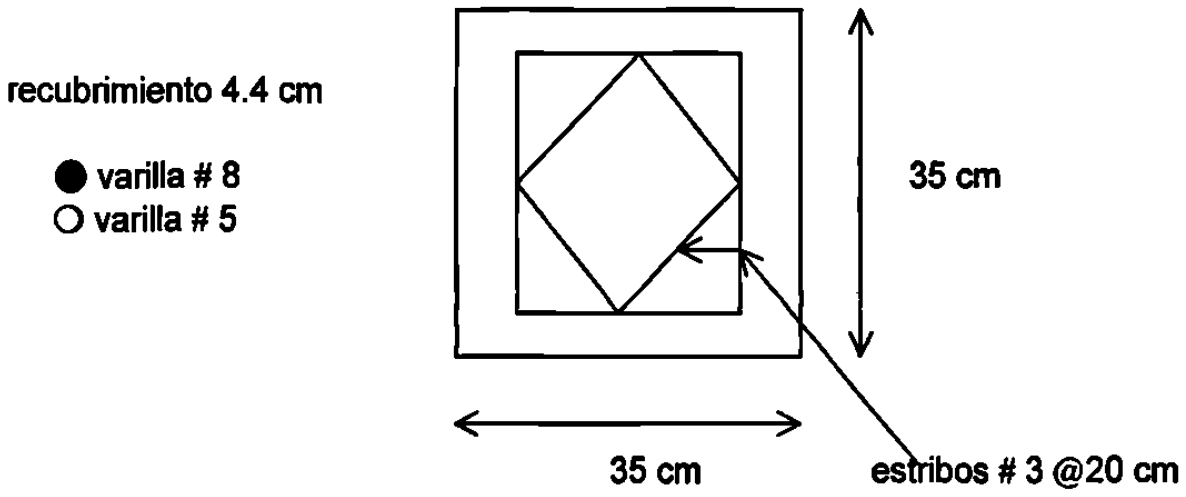


Figura 8.1 Sección de la columna del espécimen.

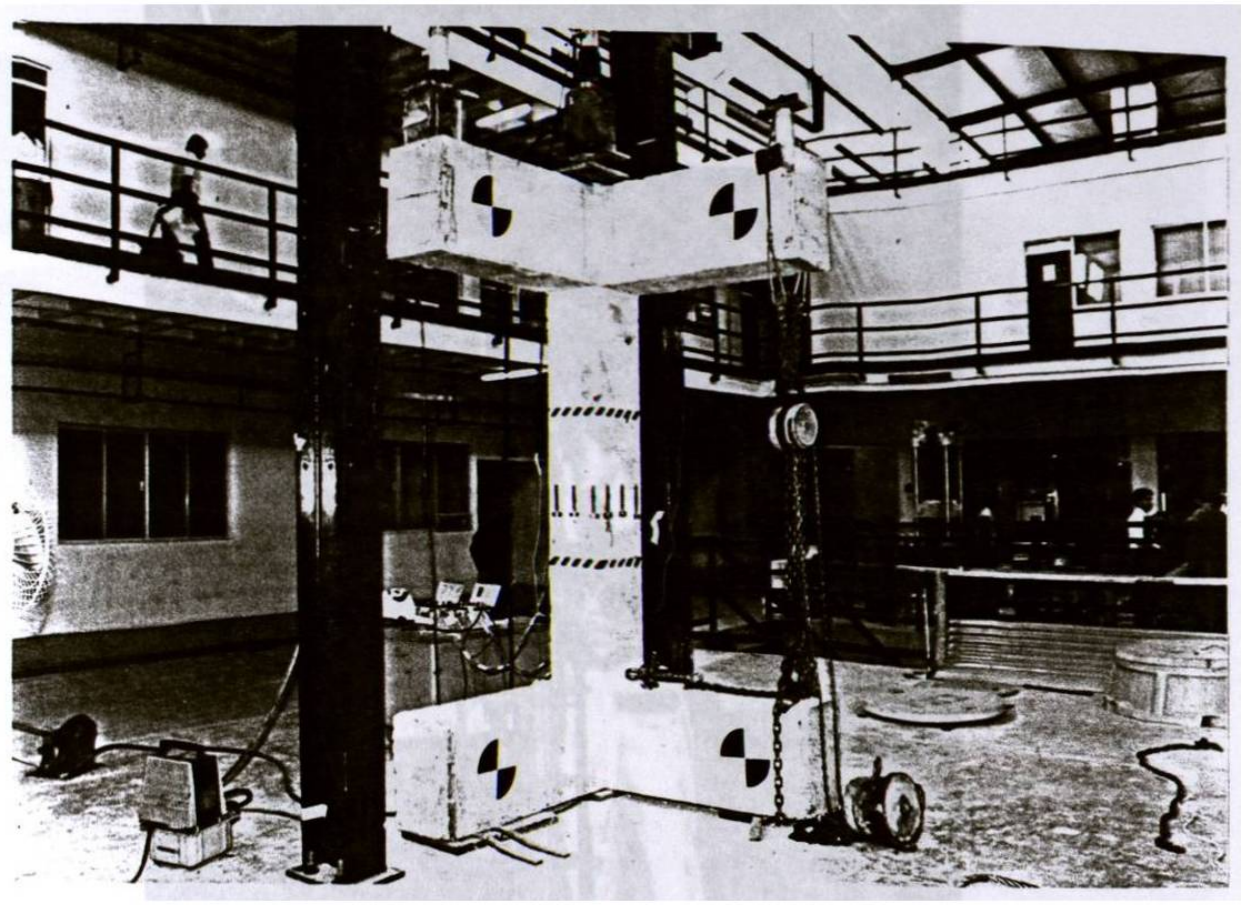


Foto 8.1. El espécimen de la columna mostrando los brazos para la aplicación del momento en dos direcciones ortogonales.

El acero de refuerzo de la columna se instrumentó con strain gages a mitad de altura para medir la deformación durante el ensaye; en la fotografía 8.2 se muestra el armado y la protección que se le puso a cada strain gage.

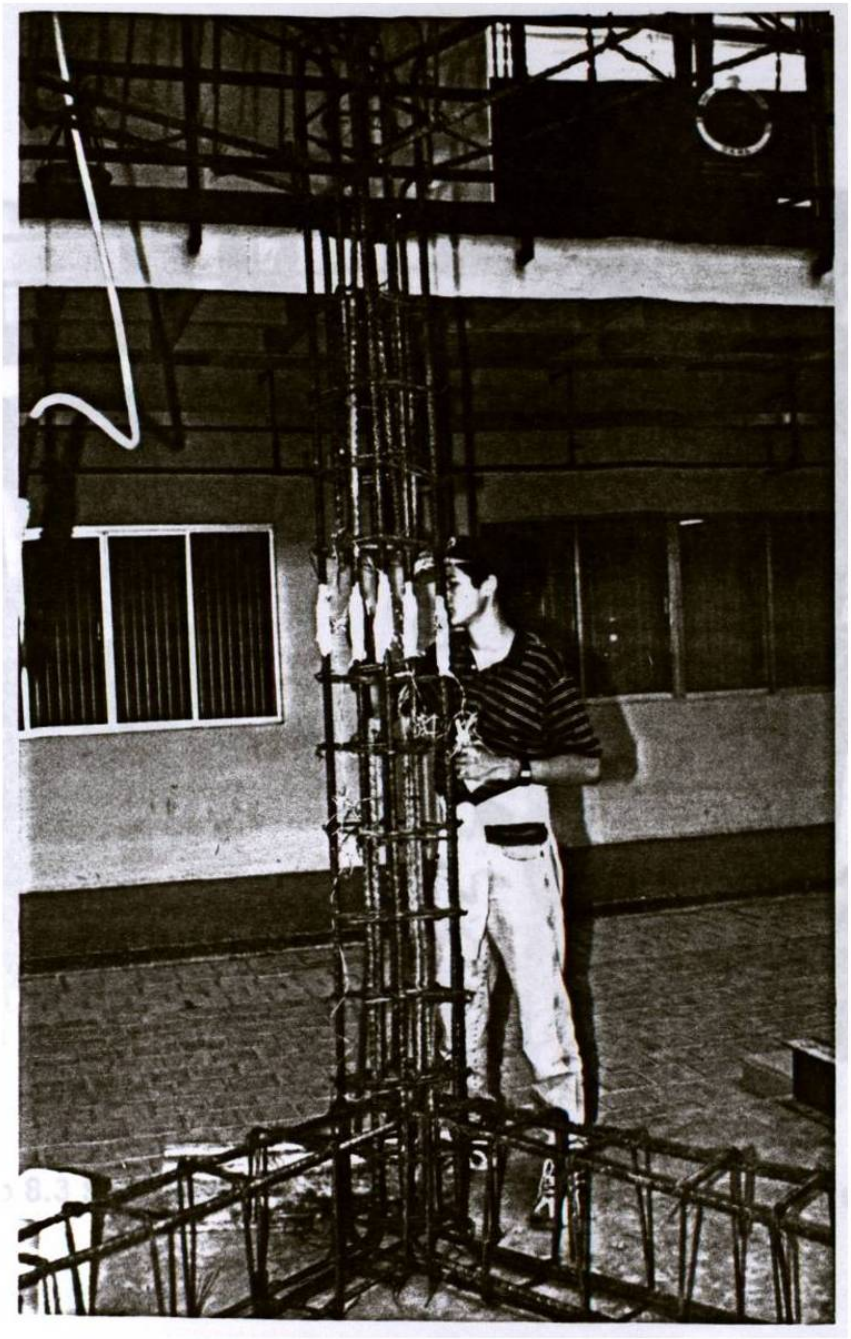


Foto 8.2. Se muestra el armado de la columna y la protección a los strain gages en la parte central.

Para lograr un buen acabado en la columna, se cimbró con cimbra metálica; en las fotos 8.3 y 8.4 se muestra el desarrollo del cimbrado.

En las siguientes páginas se sigue una secuencia del colado y ensaye de la columna.

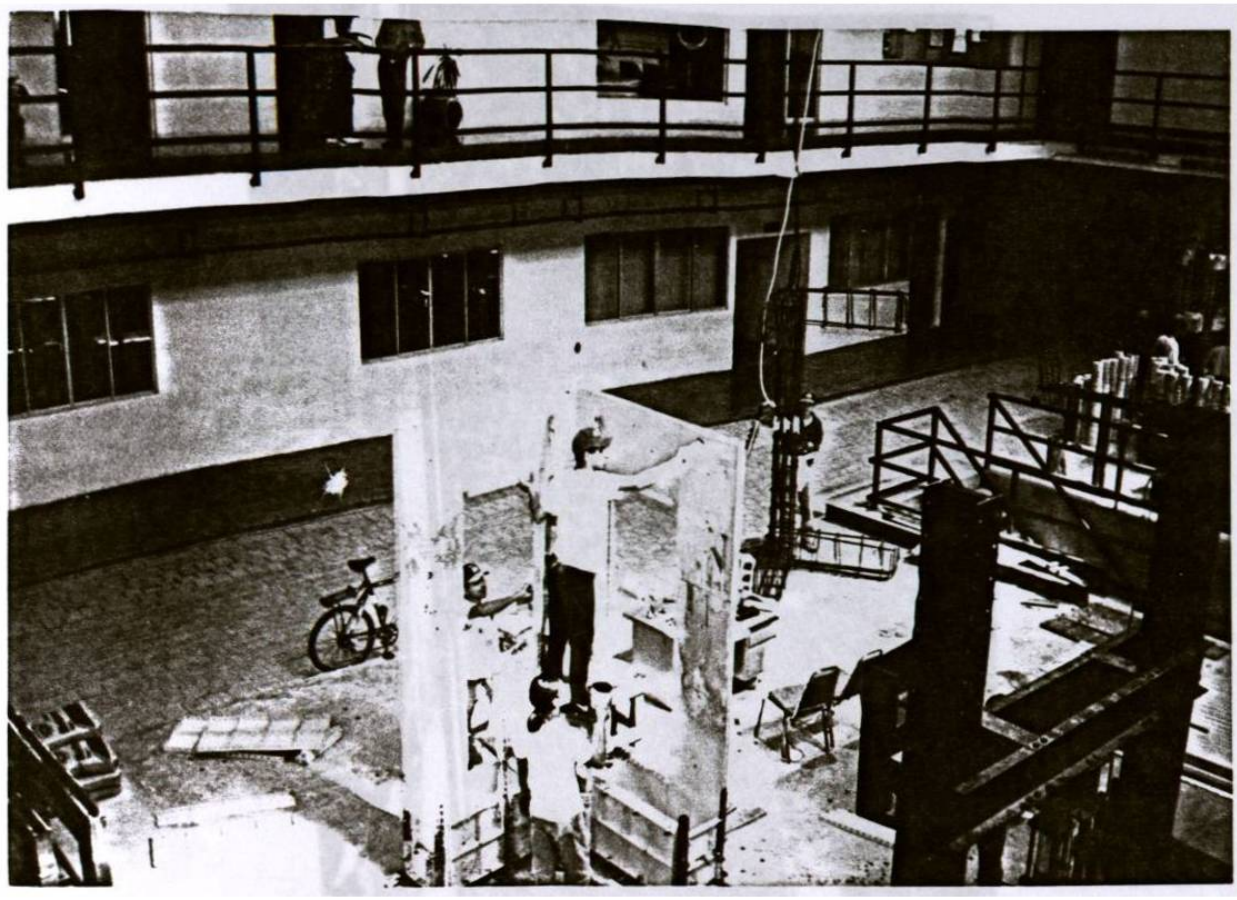


Foto 8.3 Se muestra la cimbra metálica utilizada, aquí se le coloca un desencofrante.

Foto 8.4. Detalle del cimbrado, es muy conveniente que las juntas sean a 90°.

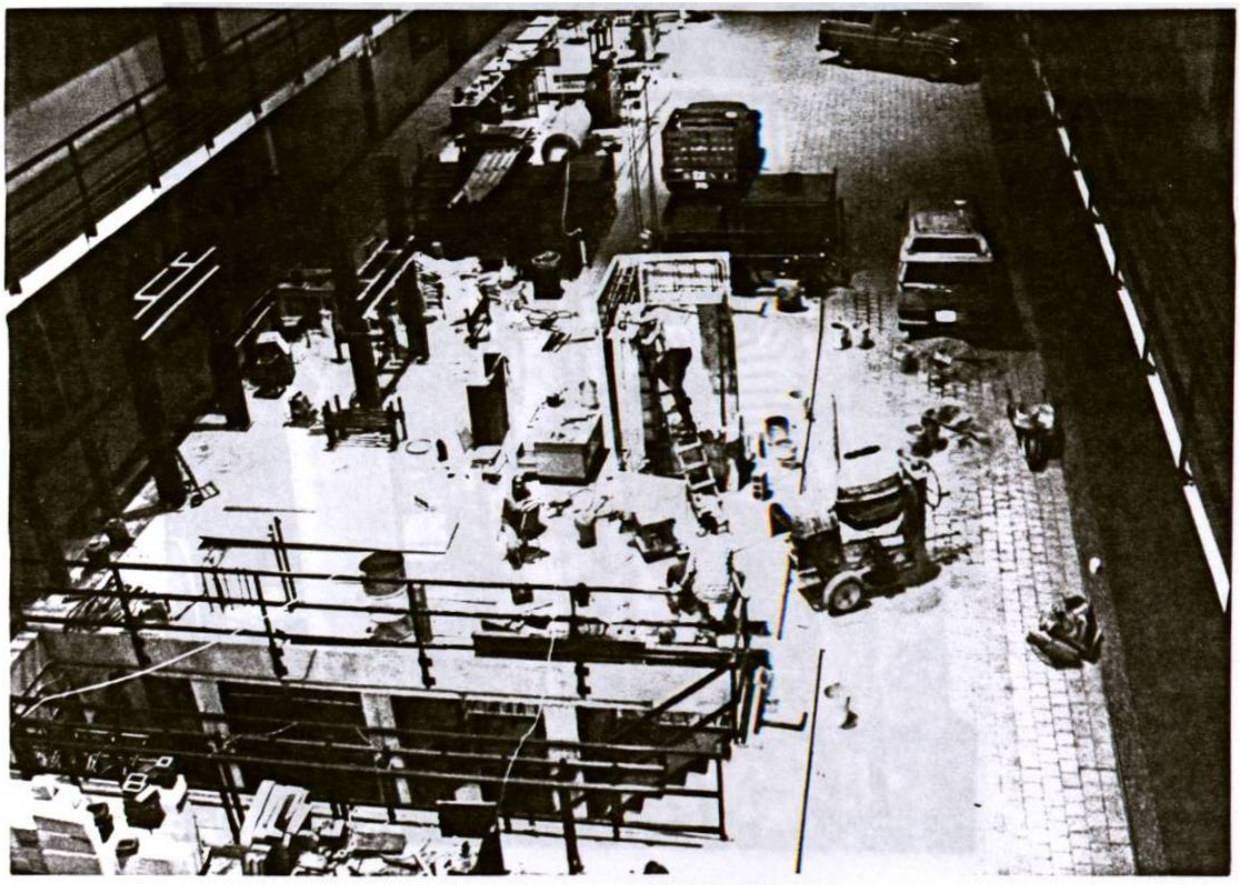


FOTO 8.5 a Una vez colocado el armado en la cimbra, se nivela y se calza el armado para dar los recubrimientos requeridos. El concreto fué fabricado in situ.

FOTO 8.5 b **Una vez colocado el armado en la cimbra, se nivela y se calza el armado para dar los recubrimientos requeridos. El concreto fué fabricado in situ.**

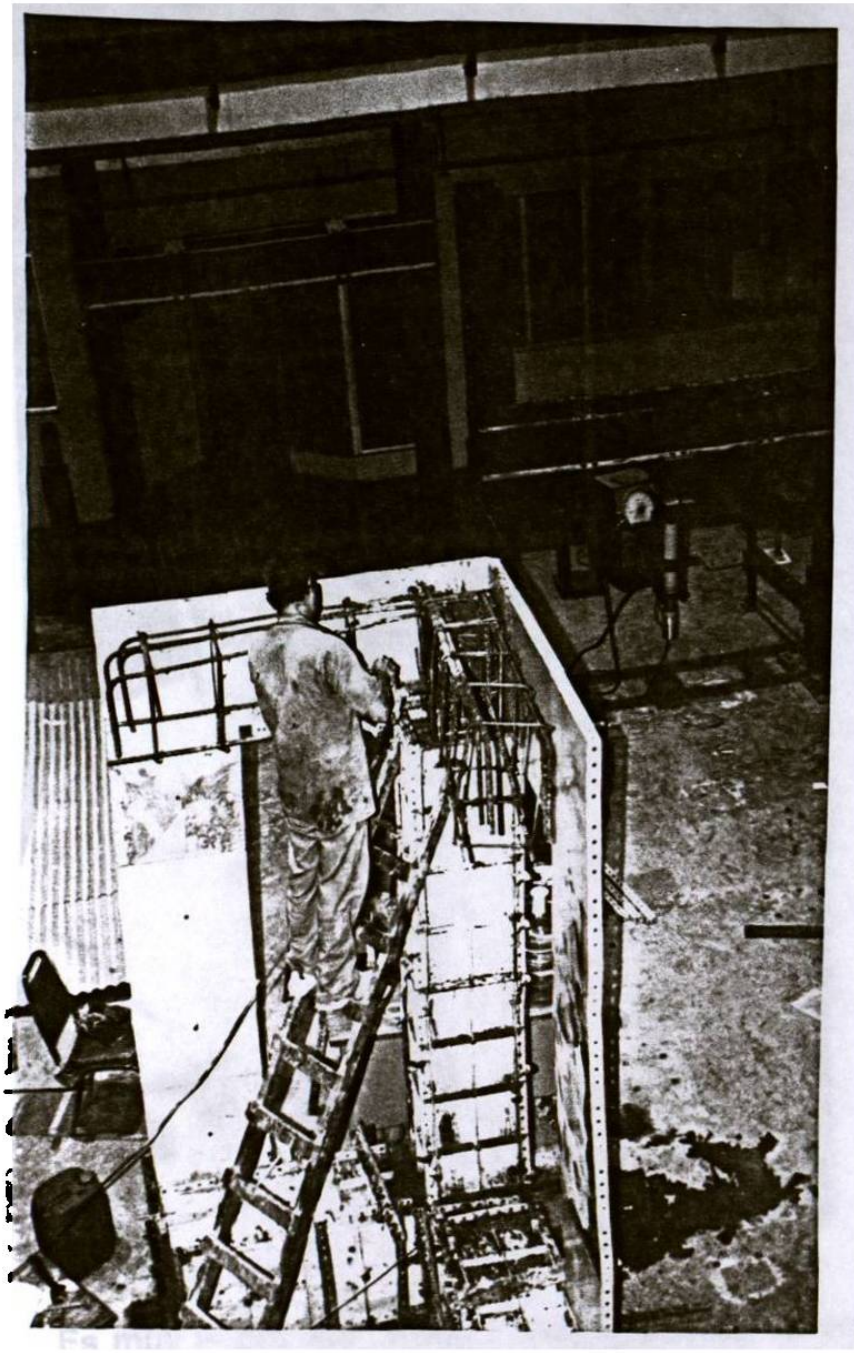


FOTO 8.6 El vibrado es primordial durante el colado.

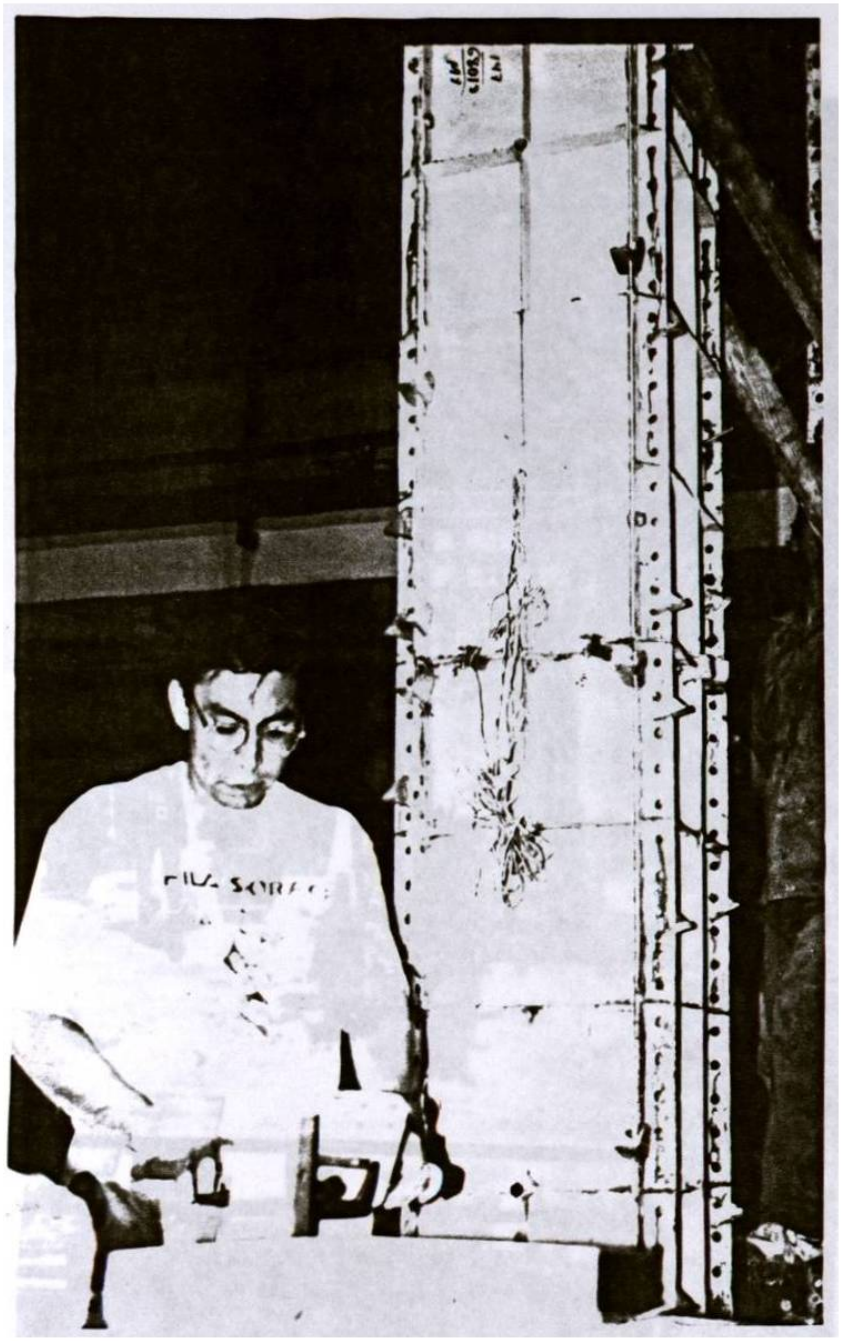


FOTO 8.7 Es muy importante revisar constantemente el estado de los strain gages durante el colado y evitar lastimarlos. Algunas fallas pueden ser solucionadas, por ejemplo, cuando algún cable se daña puede ser reemplazado rápidamente. Aquí se revisa constantemente los strain gages con el tester.

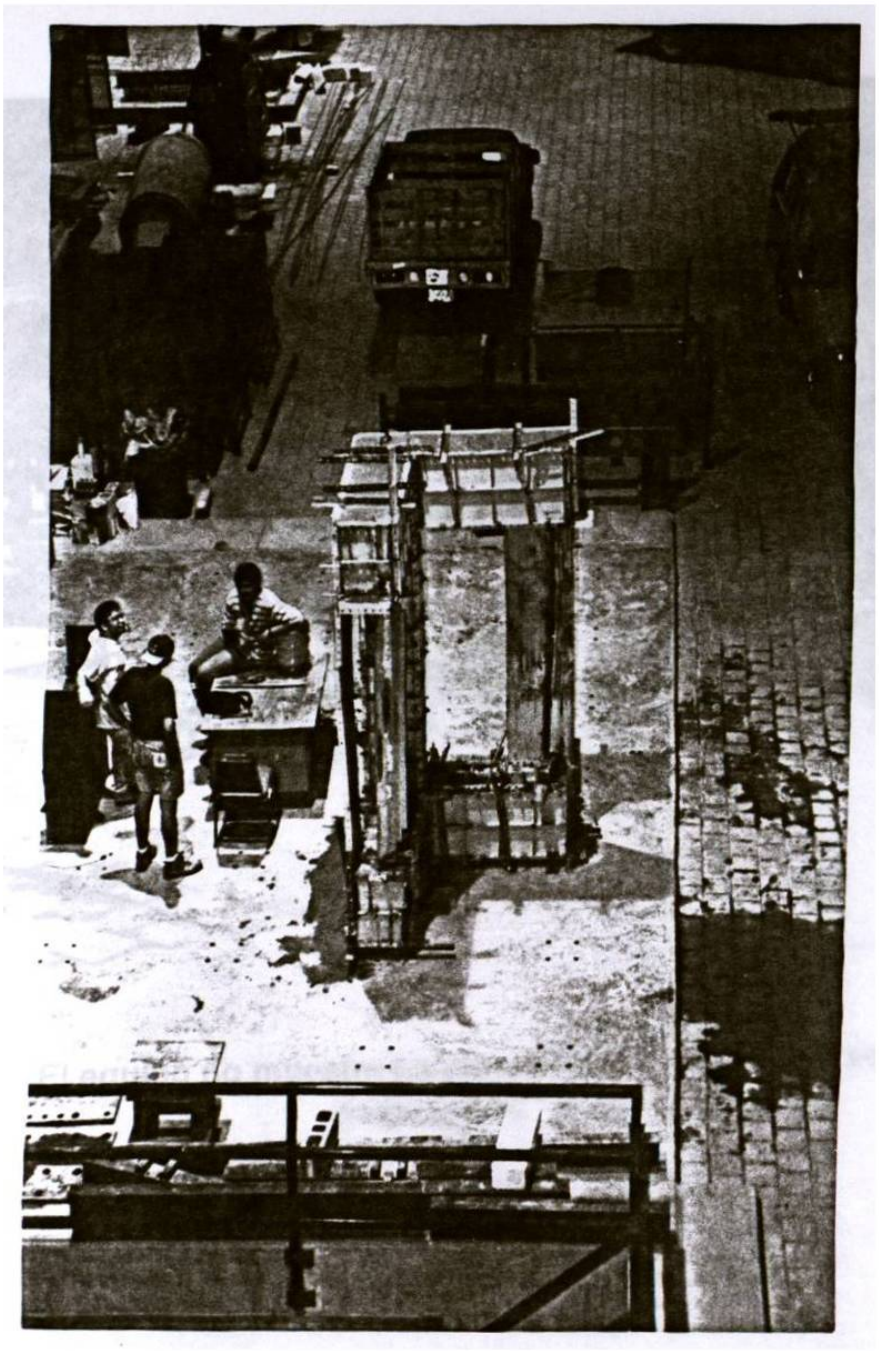


FOTO 8.8 Muestra de la columna terminada de colar.

FOTO 8.10 Colocación de los strain gages para concreto. Se escarifica la zona, se le agrega plastiacero, se pule y se le coloca el strain gage.

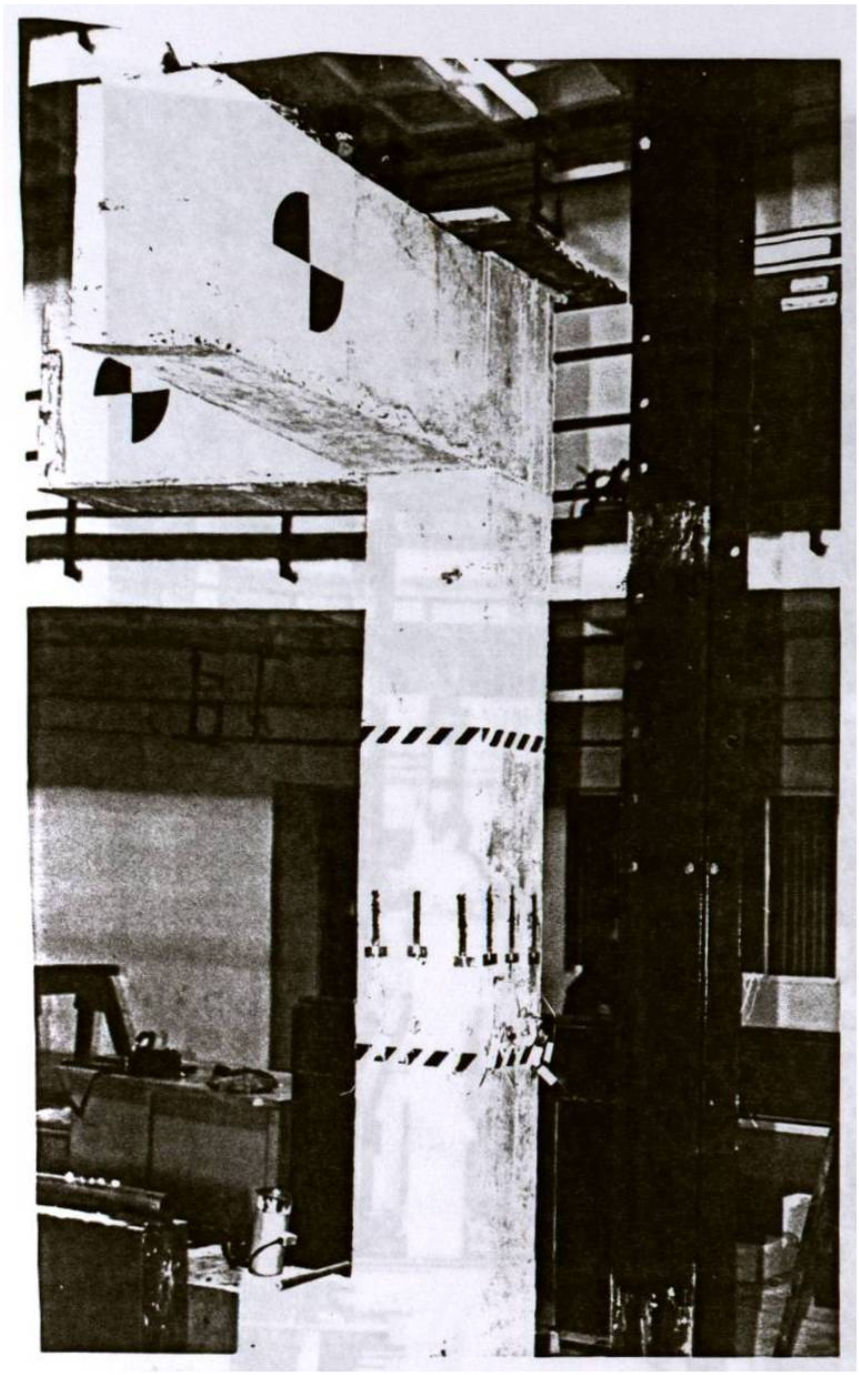


FOTO 8.11 Muestra de la columna con los strain gages para concreto, se colocaron 3 strain gages por cada cara.

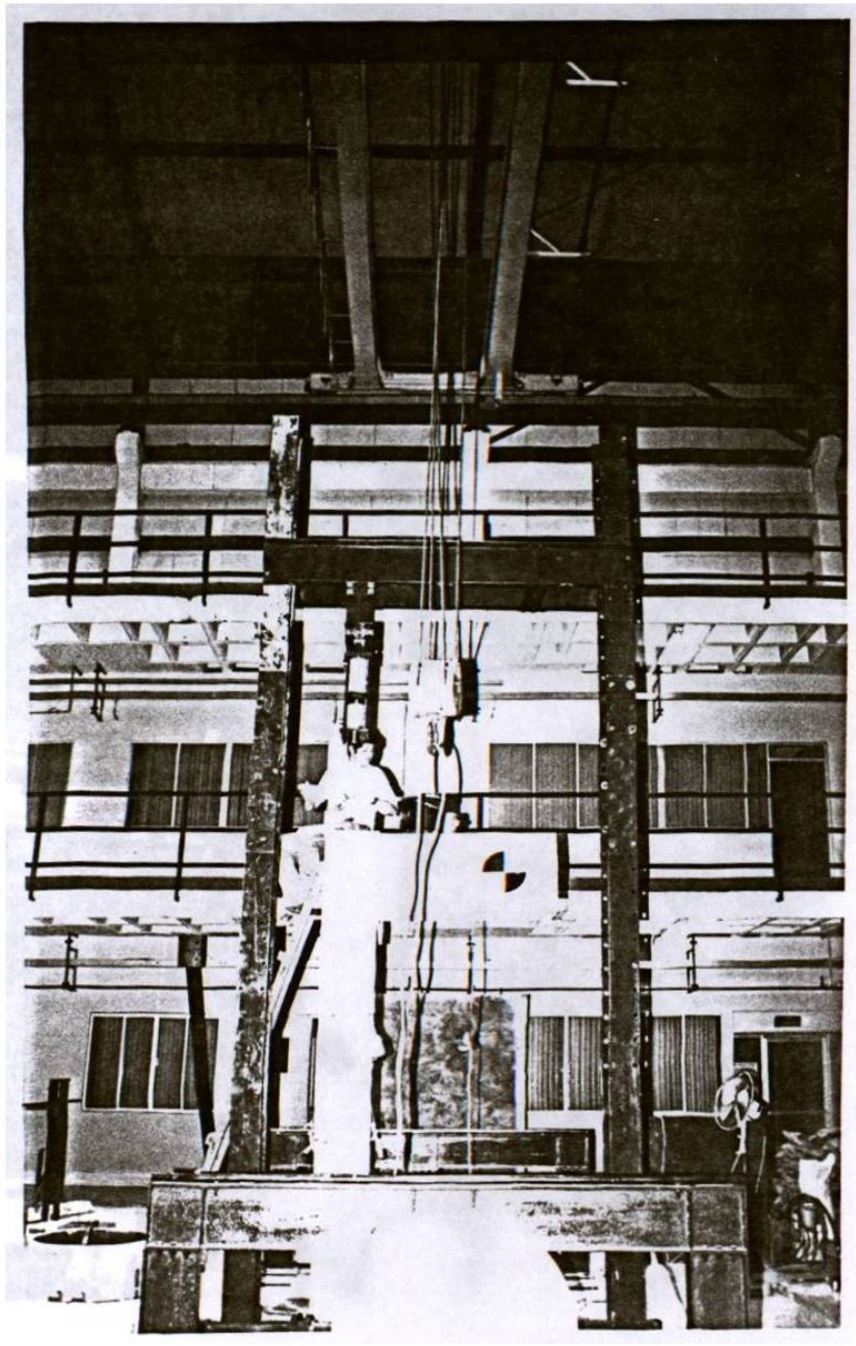


FOTO 8.12 Para la aplicación de la carga axial, se colocó azufre para uniformizar las cargas.

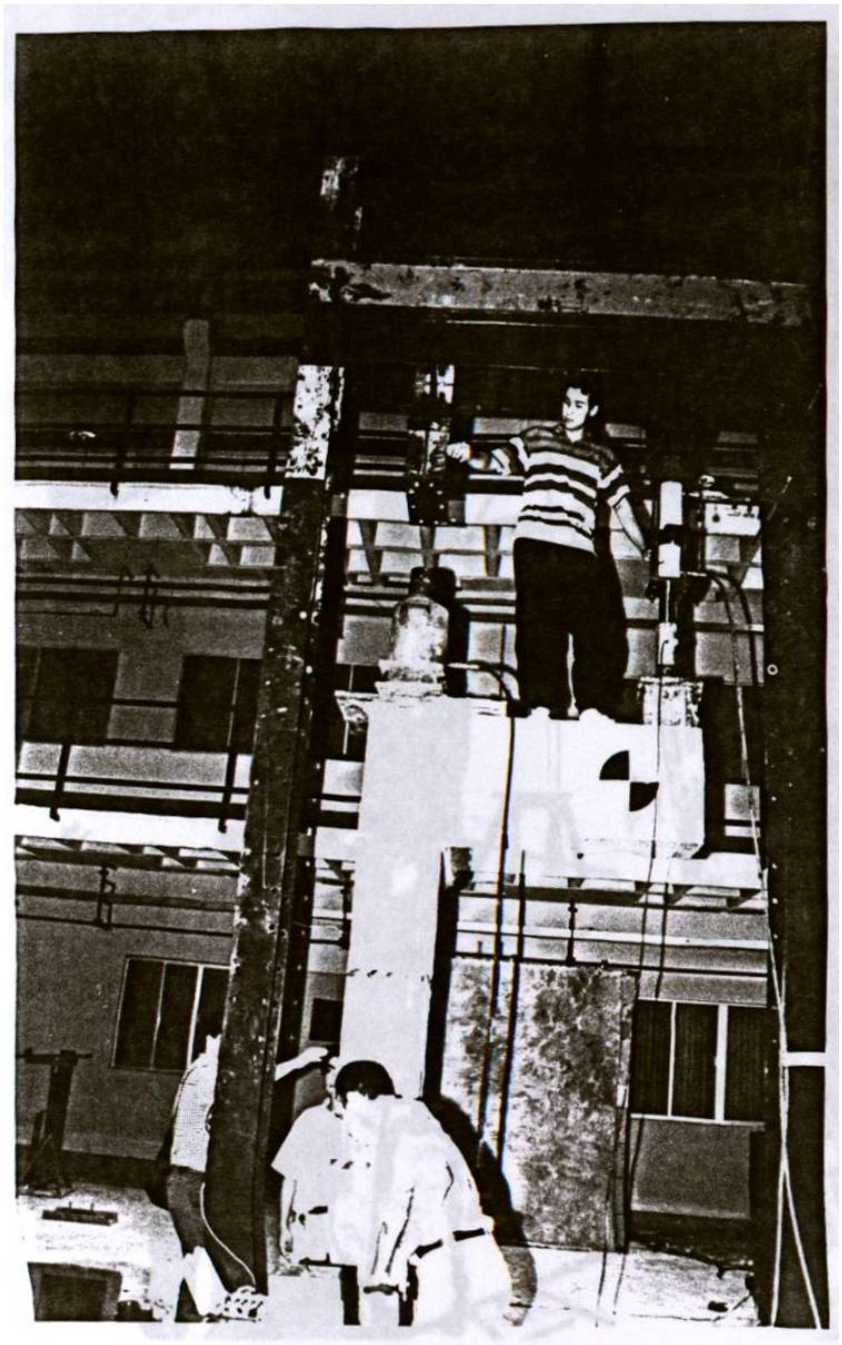


FOTO 8.13 Se muestra el marco para la aplicación de cargas. El gato hidráulico de la izquierda es para la carga axial, el de la derecha es para el momento en una dirección.

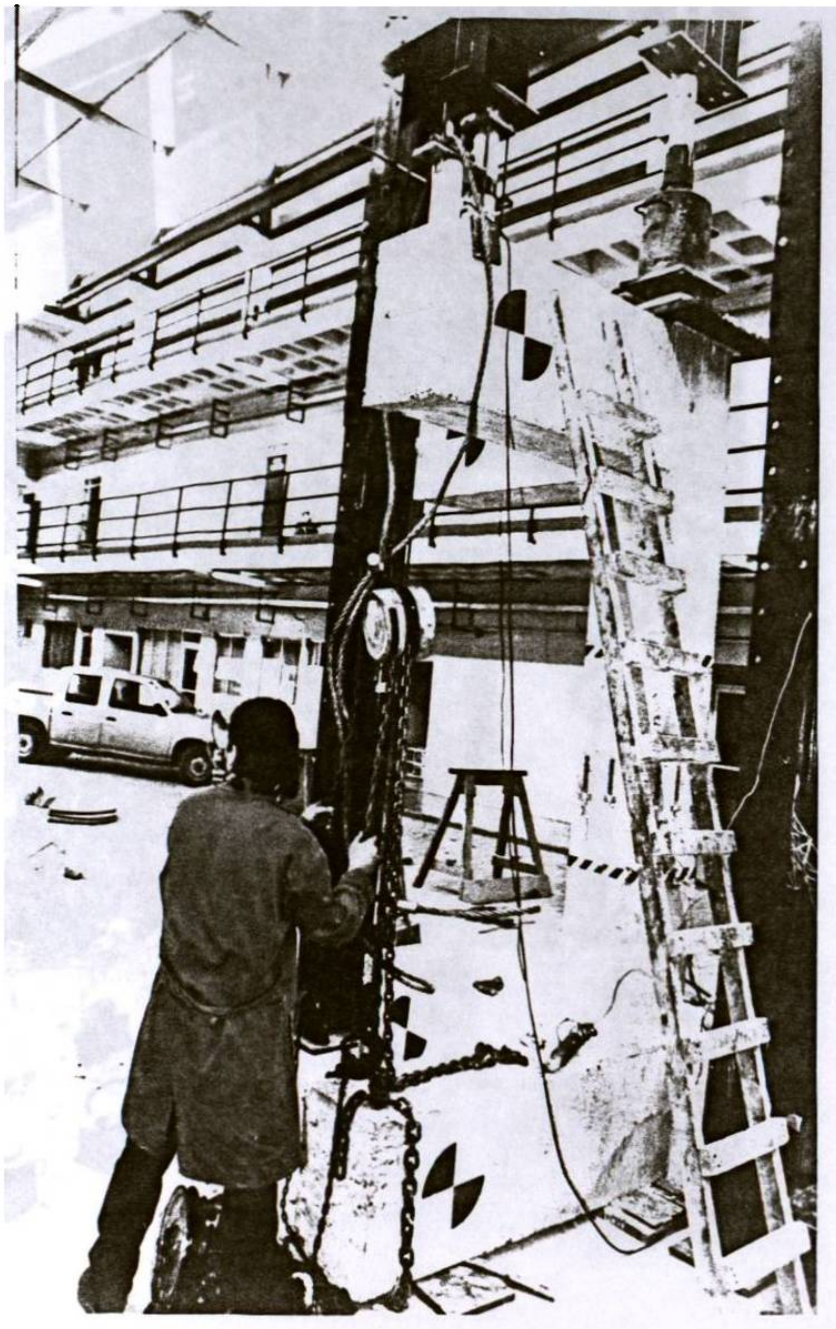


FOTO 8.14 Para la aplicación del momento en la otra dirección se utilizó un polipasto de 5 toneladas, también se aprecian las celdas de carga para medir las cargas aplicadas por cada gato hidráulico. Se utilizarón dos celdas de carga a compresión (para los gatos hidráulicos) y una a tensión (para el polipasto),se pueden ver junto a la perica (llave). En la parte inferior se colocaron neoprenos para uniformizar la carga.

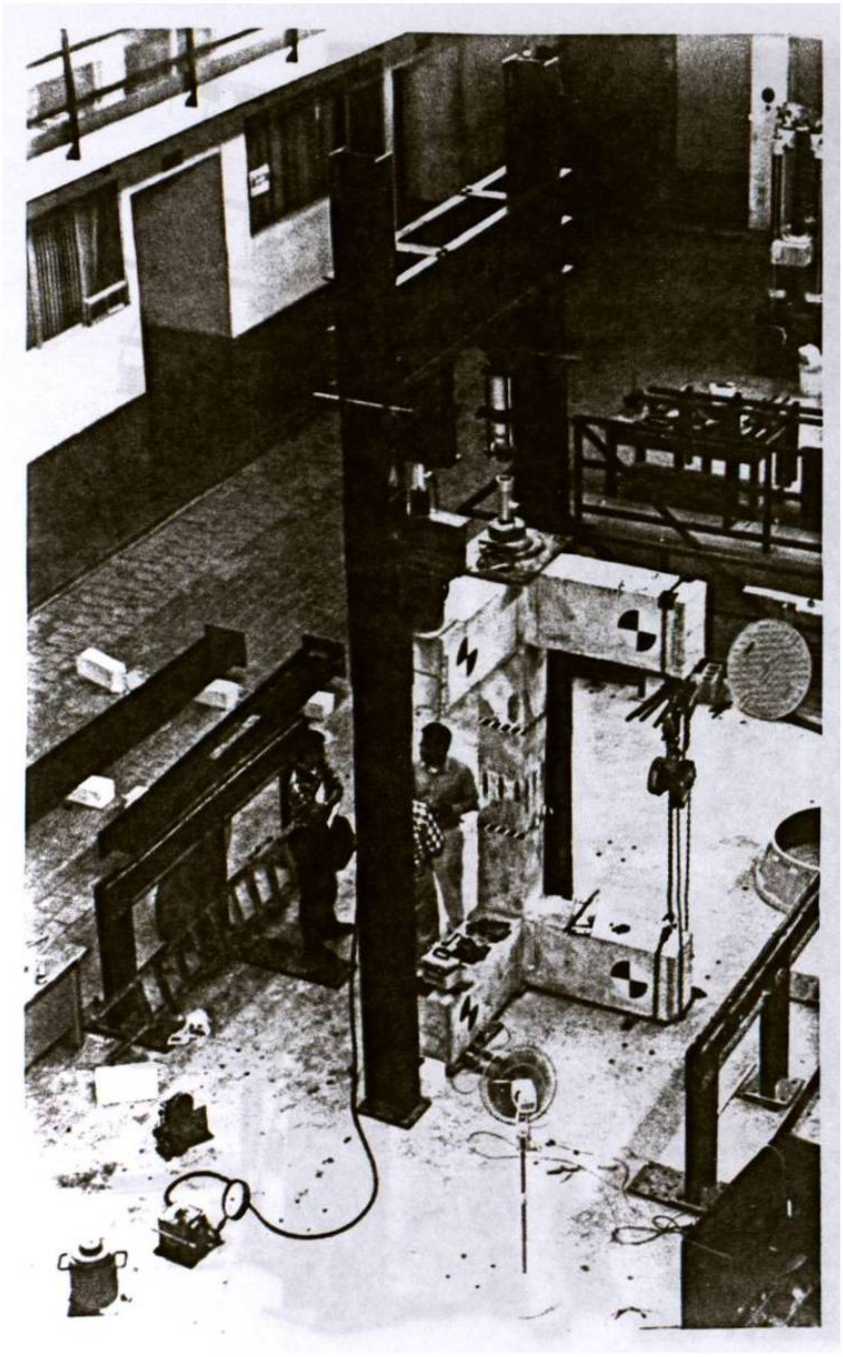


FOTO 8.15 Se muestran las bombas de presión para accionar los gatos hidráulicos y también se pueden apreciar las placas para la transmisión de carga sobre la columna(en la carga axial).

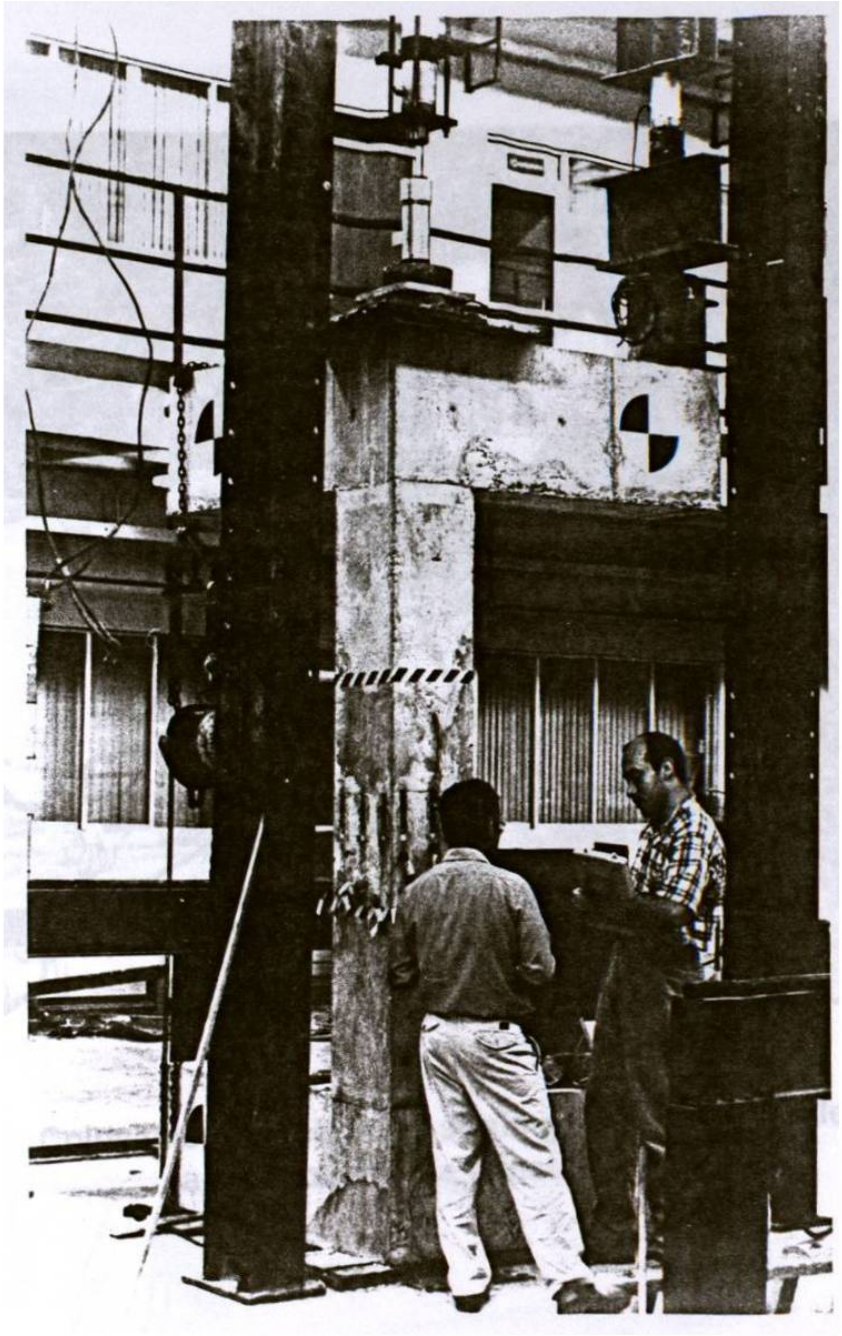


FOTO 8.16 **Una última prueba a cada uno de los 20 strain gages colocados en la columna, prueba realizada por el Ing. José Román Villa Bárcenas.**