



69 20  
**Universidad Nacional Autónoma de México**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**INFLUENCIA DEL FACTOR DE COMPORTAMIENTO  
SISMICO EN EL COSTO DE UN EDIFICIO.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :**

**ANA EUGENIA GUTIERREZ ABREU**

**MEXICO, D. F.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**1990**



## **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.

**INFLUENCIA DEL FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO  
EN EL COSTO DE UN EDIFICIO**

=====

**1.- ALCANCE GENERAL**

**2.- DESCRIPCION DEL EDIFICIO**

**3.- CRITERIO DE ANALISIS**

**3.1 Por cargas verticales**

**3.2 Por sismo**

- 3.2.1 Rigideces de piso
- 3.2.2 Elección del coeficiente sismico
- 3.2.3 Factor de comportamiento sismico
- 3.2.4 Efecto de la torsión
- 3.2.5 Resultados finales
- 3.2.6 Comentarios

**3.3 Superposición del efecto sismico al de cargas verticales**

**4.- CRITERIO DE DISEÑO**

**4.1 Columnas**

- 4.1.1 Con  $Q=2$
- 4.1.2 Con  $Q=3$  y  $Q=4$

**4.2 Trabes**

- 4.2.1 Con  $Q=2$
- 4.2.2 Con  $Q=3$  y  $Q=4$

**4.3 Losas**

**5.- Cimentación**

**5.1 Comentarios generales sobre la estructura de cimentación.**

**6.- CUBICACION DE MATERIALES**

**6.1 Concreto.**

**6.2 Cimbra.**

**6.3 Acero**

**7.- COSTOS**

**7.1 Formación de los precios unitarios**

**7.1.1 Concreto**

**7.1.2 Cimbra**

**7.1.3 Acero**

**7.2 Costo final de construcción**

**8.- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES**

## 1.- ALCANCE GENERAL:

A raíz de los sismos ocurridos durante el mes de Septiembre de 1985, se integró una comisión para revisar el reglamento de 1976 y, proponer en su caso, las modificaciones necesarias al mismo en vistas de una mayor seguridad en las construcciones del Distrito Federal.

Se efectuó una multitud de cambios en el mencionado reglamento, tales como factores de reducción para el diseño de columnas, fuerza cortante, torsión y otros más que no es de la incumbencia de este trabajo su discusión.

Dentro de los cambios antes mencionados hubo uno de ellos que, en forma global, modificó los ahora llamados "FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO", mismo factor que en el reglamento anterior se denominaba "COEFICIENTE DE DUCTILIDAD", este factor, el cual es conocido por la letra "Q", es un número por el cual hay que dividir el coeficiente sísmico base para obtener la sollicitaciones de diseño por fuerzas horizontales de un edificio.

En el reglamento de 1976 se contemplaban valores máximos de 6 para este "Q", aunque las condiciones de análisis y diseño eran sumamente estrictas, comúnmente, el valor de "Q" que se utilizaba en el análisis de edificios de concreto era igual a 4 y, para casos muy especiales, un valor de  $Q=2$  cuando no se satisfacían las condiciones especificadas para utilizar el valor antes propuesto

de 4. Pero, insistiendo, el valor de "Q" que se utilizaba para el análisis de edificios de concreto era el ya mencionado de 4.

Aquí comentamos uno de los principales cambios del reglamento actual, el cual fija ahora valores de  $Q=4$ ,  $Q=3$  y  $Q=2$  para el análisis de edificios de concreto. No abundamos más en este capítulo sobre las características que debe reunir cada edificio para la utilización de estos valores, pues en capítulos posteriores se comentará ampliamente.

Es justamente este cambio el que ha motivado este trabajo pues, dadas las condiciones establecidas en el reglamento para la utilización de estos tres valores, el costo final de una estructura diseñada con  $Q=4$ , 3 ó 2 obviamente no es el mismo, pues las condiciones establecidas en el Reglamento de las Construcciones del Departamento del Distrito Federal varían considerablemente entre los tres diferentes valores de "Q".

A veces el Diseñador Estructural no sabe qué valor de "Q" es el adecuado para obtener, dadas las características de su edificio, una completa satisfacción de las Normas del Reglamento y a la vez hacer compatibles a estas con las condiciones de economía de la estructura. No pretendemos en este trabajo abarcar la totalidad de los casos que puedan presentarse, pues sería interminable dicho estudio, sin embargo, sí queremos por lo menos presentar una idea bastante precisa del costo de la estructura en función del Factor de Ductilidad convenido.

Debido a que el fundamento de este trabajo no es la presentación de un diseño estructural específico, sino la comparación de costos en los casos ya indicados, se ha escogido un edificio teórico, es decir, que no existe, que no ha sido construido en la realidad.

En el capítulo siguiente, hacemos una breve descripción de dicho inmueble teórico, sobre el cual hemos de efectuar nuestro estudio.

El hecho de que la parte fundamental de este trabajo es la comparación de los costos obtenidos con los tres factores de comportamiento sísmico señalado, no nos exime de la responsabilidad de un buen diseño sobre la estructura propuesta, por lo que también formará parte integral de este trabajo la descripción del procedimiento de análisis y diseño del mismo.

## 2.- DESCRIPCION DEL EDIFICIO:

Como ya quedó establecido en el capítulo anterior, se procederá a estructurar un edificio irreal, el cual ha sido creado únicamente para la elaboración de este trabajo.

El edificio en cuestión se resolverá a base de estructura de concreto armado y sus elementos resistentes serán: columnas, como elementos estructurales verticales y; trabes y losa, como elementos estructurales horizontales.

Hacemos un breve comentario de por qué hemos elegido estructura a base de trabes y losa y no de losa reticular, esto es debido a que para esta última no es válido utilizar valores de "Q" mayores a 3 y esto reduciría nuestro trabajo únicamente a la comparación de los valores de  $Q=3$  con  $Q=2$ , además, es ampliamente conocido que, aún con la reglamentación anterior de 1976, los edificios construidos a base de losa reticular presentan un costo más elevado en este tipo de elemento que en la tradicional solución a base de trabes y losa. Además, los edificios con losa reticular son menos rígidos que aquellos construidos con trabes y losa y, en ocasiones, es necesario aumentar la geometría de las columnas para quedar dentro de los límites de deformación que fija el Reglamento.

Escogemos un edificio de 13 niveles de tal forma que el sismo sea significativo sobre las condiciones de carga vertical.



Es obvio que para un edificio de 2 ó 3 niveles las solicitaciones sísmicas son muy reducidas y, en caso de tener claros grandes este tipo de edificio, las solicitaciones sísmicas no serán de consideración sobre las condiciones de estabilidad por carga vertical únicamente.

Escogemos la zona III dentro de la zonificación sísmica del Distrito Federal, también porque es la zona en la cual se ha fijado el coeficiente sísmico más elevado y, consecuentemente, el más significativo sobre las cargas verticales.

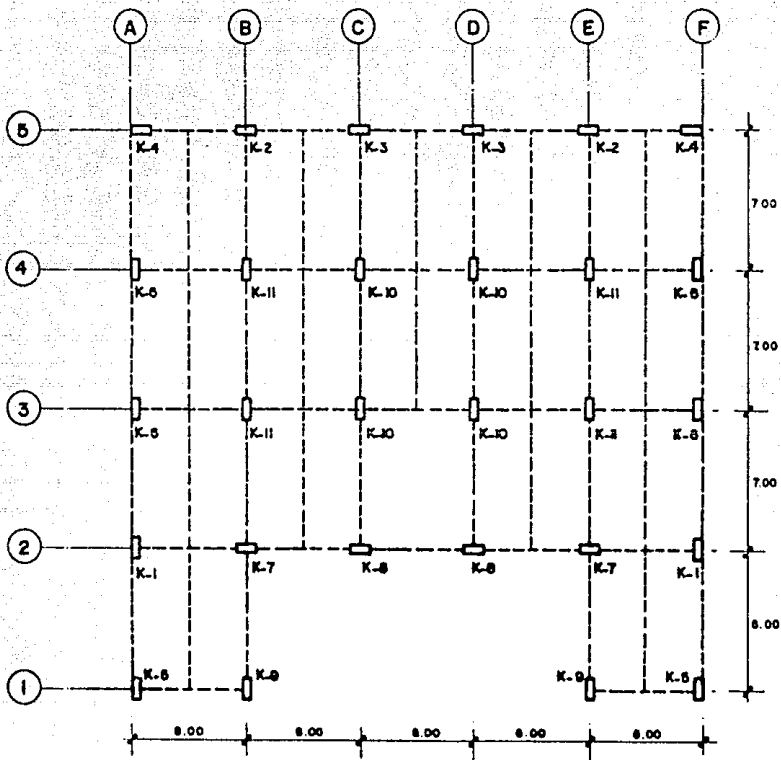
Escogemos un edificio que podría ser de oficinas, esto es, que caiga dentro de la clasificación del tipo "B", ya que son los más comunes. Existe la tipificación "A", para la cual se exige incrementar el coeficiente sísmico un 50% comparado con el dispuesto para los edificios de departamento, oficinas, etc.. No juzgamos adecuado elaborar nuestro estudio sobre este tipo de edificios, tipo "A", ya que la inmensa mayoría de los edificios quedan integrados dentro del grupo "B".

Así pues, resumiendo en la descripción del edificio en estudio tenemos:

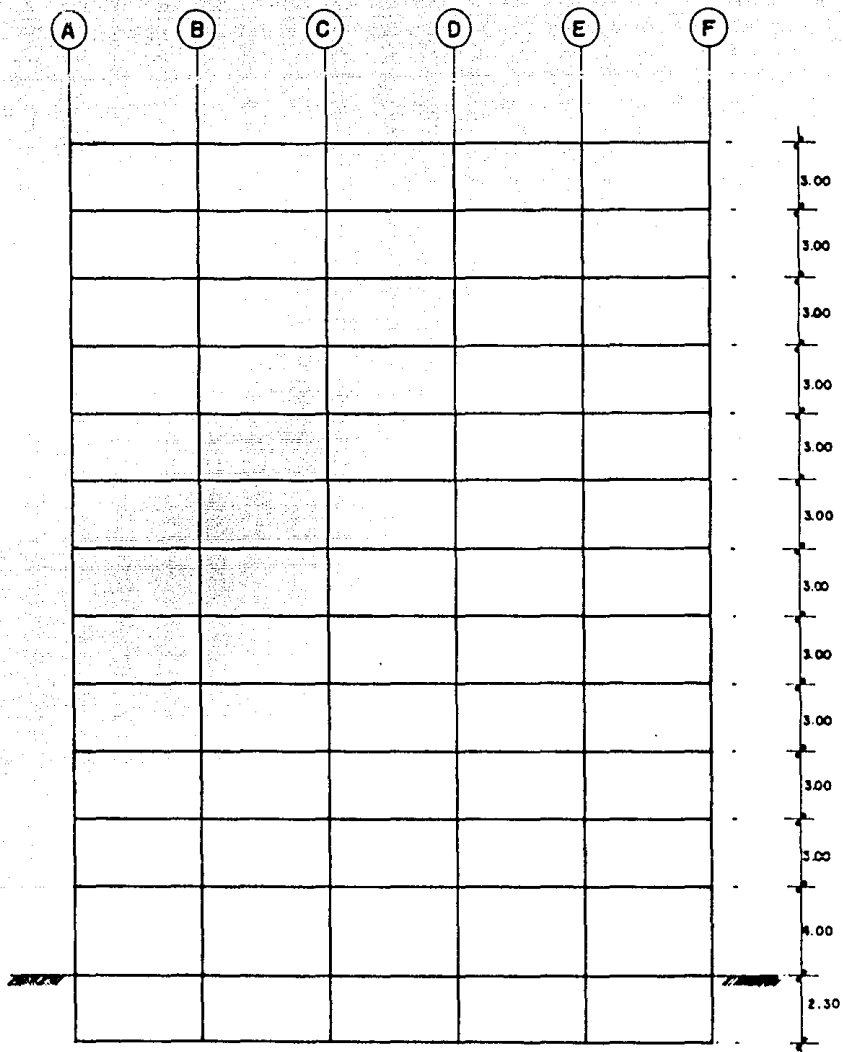
- a) Edificio a base de elementos de concreto armado;
- b) Solución a base de losas, columnas y trabes;
- c) Altura de trece niveles;
- d) Clasificado dentro del grupo "B" y;
- e) Construido en la zona III.

En la siguiente página se presentará lo que consideramos como planta tipo, esto es, los trece niveles se han de considerar idénticos para motivos de este estudio. Sin embargo, para hacer un poco más real a la estructura, la altura del primer nivel se considerará de 4 m en vez de los 3 m considerados en la planta tipo.

Debido a la magnitud de los claros, los cuales como promedio son de 6 m x 7 m, se presenta la conveniencia de estructurar la losa con una trabe secundaria, de tal manera que el claro de 6 m, para efectos del cálculo de la losa queda reducido a solo 3 m.



PLANTA TIPO



C O R T E

### 3.- CRITERIO DE ANALISIS:

#### 3.1 Por Cargas Verticales:

Como primer punto en el análisis de un edificio, hemos determinado las cargas que han de gravitar sobre él, por lo que a continuación se enlistan los diferentes valores de estos conceptos:

Como carga muerta se podrían considerar las siguientes cargas:

##### Para entrepiso:

|                |                       |
|----------------|-----------------------|
| Plafond        | 40 Kg/m <sup>2</sup>  |
| Losa (h=10 cm) | 240 Kg/m <sup>2</sup> |
| Firme o Piso   | 110 Kg/m <sup>2</sup> |
| Columnas       | 55 Kg/m <sup>2</sup>  |
| Trabes         | 145 Kg/m <sup>2</sup> |
| Muros o Cancel | 200 Kg/m <sup>2</sup> |
| Adicional      | 40 Kg/m <sup>2</sup>  |

##### Para azotea:

|                |                       |
|----------------|-----------------------|
| Plafond        | 40 Kg/m <sup>2</sup>  |
| Losa (h=10 cm) | 240 Kg/m <sup>2</sup> |
| Relleno        | 180 Kg/m <sup>2</sup> |
| Entortado      | 100 Kg/m <sup>2</sup> |
| Ladrillo       | 40 Kg/m <sup>2</sup>  |
| Trabes         | 145 Kg/m <sup>2</sup> |
| Columnas       | 45 Kg/m <sup>2</sup>  |
| Adicional      | 20 Kg/m <sup>2</sup>  |

De acuerdo al Reglamento de las Construcciones se podrán considerar como cargas vivas:

|           | W   | WA  | WM  |                   |
|-----------|-----|-----|-----|-------------------|
| Entrepiso | 100 | 180 | 250 | Kg/m <sup>2</sup> |
| Azotea    | 15  | 70  | 100 | Kg/m <sup>2</sup> |

Con base a estos valores, podemos elaborar un resumen para las tres características de carga:

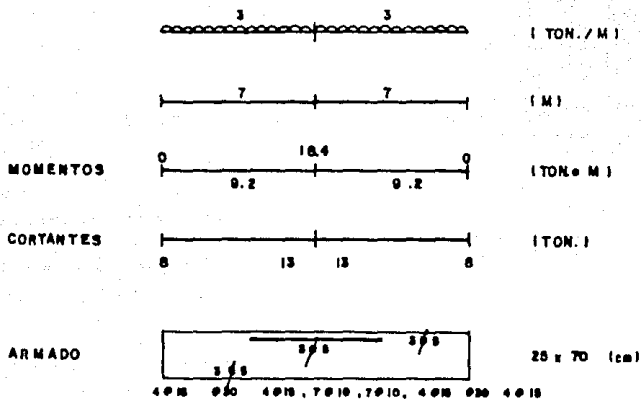
W = Carga media para asentamientos  
WA= Carga para diseño sísmico  
WM= Carga para efectos gravitacionales

|           | Cimentación | C.Vert. | Sismo |       |
|-----------|-------------|---------|-------|-------|
| Entrepiso | 930         | 1,025   | 1,010 | Kg/m2 |
| Azotea    | 825         | 865     | 880   | Kg/m2 |

Como dato adicional para futuros cálculos y estimaciones de peso, la planta tipo del inmueble tiene una superficie de 702 m2.

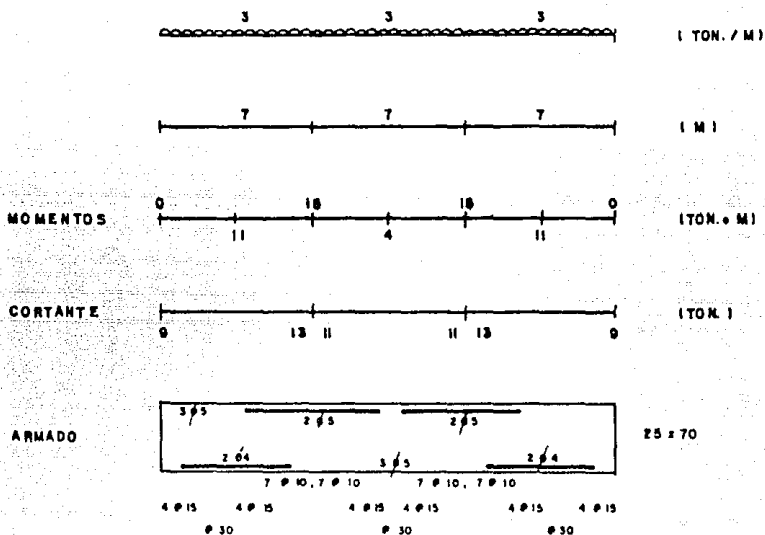
Para el análisis de las trabes secundarias se puede utilizar aún el método de Cross para vigas continuas, el cual sigue siendo perfectamente válido, aún con los avances de las computadoras. Para obtener las cargas en cada elemento de las trabes secundarias, se procede a valuar su área tributaria multiplicándola por el peso por unidad de superficie considerado. Dada la sencillez de este proceso, no presentamos el desarrollo numérico, sino únicamente los resultados de momentos y cortantes. Estos últimos son de suma importancia pues de ellos dependen las reacciones en las trabes principales, valores estos con los cuales han de determinarse los efectos de las cargas verticales en cada una de ellas.

a) 2 CLAROS



TRABES SECUNDARIAS

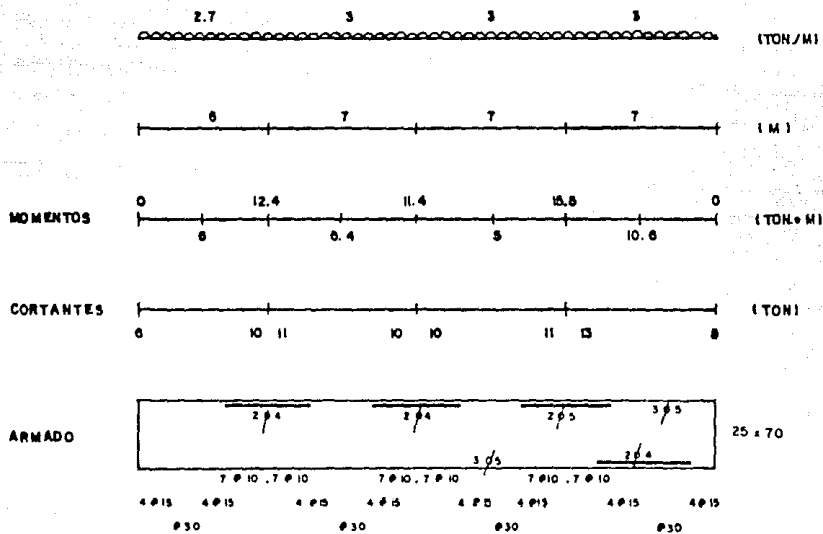
b) 3 CLAROS



TRABES SECUNDARIAS



C) 4 CLAROS



TRABES SECUNDARIAS

Para la obtención de los elementos mecánicos en las trabes principales, se utiliza un programa de computadora, el cual considera a cada uno de los marcos como "Marco Plano" y, es analizado en su conjunto tomando en consideración acortamiento de columnas por efecto de las cargas axiales en ellas. Por el momento, en este capítulo de cargas verticales, no presentaremos los resultados de los marcos, pues el procesamiento electrónico puede considerar varios tipos de cargas a un mismo tiempo, motivo por el cual en la captura de datos, estos se harán en forma conjunta, es decir, cargas verticales y horizontales.

No creemos conveniente extendernos más en este capítulo ya que el análisis por cargas verticales es del todo sencillo y, aún más elaborado por procesamiento electrónico. Por ello, con esta breve explicación cerramos el mismo para pasar a lo que es de mucha más importancia en el diseño de un edificio: el análisis sísmico.

### 3.2 Por Sismo:

Indudablemente la parte más importante de un análisis en una estructura es la correspondiente a las solicitaciones por fuerzas horizontales debidas a sismo, en dicho estudio, sin dejar a un lado las correspondientes a cargas verticales, que como ya comentamos en el capítulo anterior resulta sencilla.

Sin embargo, para la realización del estudio sísmico, es necesario seguir un proceso que no resulta ya tan simple como el de las cargas verticales. Por ello hemos subdividido este capítulo, relativo al sismo, en varios sub-incisos sobre los cuales iremos dando una breve explicación y los comentarios adecuados al respecto en cada caso.

### 3.2.1 Rigideces de piso:

La fuerza sísmica ha de distribuirse proporcionalmente a la rigidez de piso en cada nivel de la estructura.

Pero, ¿Qué es la rigidez de piso?, por definición rigidez de piso es la fuerza cortante que produce un desplazamiento relativo unitario entre dos niveles o losas consecutivas. Sin embargo, este concepto así expresado resulta de extrema sencillez, aunque alcanzamos a comprender la idea del mismo en su definición, adolece de un defecto dicha definición, pues al mencionar que es "la fuerza cortante que produce un desplazamiento...", podría pensarse que es "cualquier" fuerza cortante y, este es el error, no es cualquier fuerza cortante, es la fuerza cortante que le corresponde al marco después de haberlo analizado como una unidad pero, dentro del conjunto de marcos que integran al edificio. Por ello, para la determinación de la rigidez de piso de cada marco, no podemos elegir una distribución cualquiera de fuerzas cortantes en los trece niveles de la estructura, sino aquella que se le parezca lo más posible a la otra que resultará ya como definitiva.

La mejor forma de obtener esta distribución es con la elaboración del análisis sísmico por el método estático, la cual posteriormente será modificada por las fuerzas y cortantes equivalentes al análisis dinámico. Indudablemente que se comete un error, el cual no excede de un 3 a 4 %, que es totalmente aceptable en términos de Ingeniería.

Así pues, transcribimos a continuación los valores de los cortantes sísmicos en cada nivel, obtenidos estos mediante el análisis estático:

| Nivel | W<br>(Ton) | h<br>(m) | F<br>(Ton) | V<br>(Ton) |
|-------|------------|----------|------------|------------|
| 12    | 793        | 3        | 142        | 142        |
| 11    | 709        | 3        | 116        | 258        |
| 10    | 709        | 3        | 106        | 365        |
| 9     | 709        | 3        | 96         | 461        |
| 8     | 709        | 3        | 86         | 547        |
| 7     | 709        | 3        | 75         | 622        |
| 6     | 709        | 3        | 65         | 688        |
| 5     | 709        | 3        | 55         | 742        |
| 4     | 709        | 3        | 45         | 787        |
| 3     | 709        | 3        | 34         | 821        |
| 2     | 709        | 3        | 24         | 845        |
| 1     | 709        | 4        | 13         | 859        |

Como se ve, únicamente hemos considerado doce niveles en vez de trece, pues el primero de ellos es un sótano y, sus deformaciones debido a la gran rigidez de sus muros de lindero, son prácticamente nulas, por lo que de acuerdo al artículo 206 del Reglamento de Construcciones del Departamento del Distrito Federal, el cual dice que "se tomará como base de la estructura el

nivel a partir del cual sus desplazamientos con respecto al terreno circundante comienzan a ser significativos.", por lo tanto es válida esta consideración.

Con el programa de computadora para la solución de marcos planos antes mencionado en el capítulo referente a cargas verticales, procedemos a encontrar la rigidez de piso de cada uno de los marcos que forman a este edificio. La forma de hacerlos es aplicar los valores obtenidos en el análisis estático a cada uno de los marcos, obteniendo así su deformación relativa entre cada dos niveles para, posteriormente, de la simple relación entre ambos, obtener las rigideces de piso de cada uno de ellos en cada uno de sus niveles. Se adjunta al presente trabajo la tabla en la cual se indican las diferentes rigideces de piso para cada uno de los marcos, tanto en el sentido "y-y" como en el "x-x". De análisis:

Marcos en sentido "x-x":

| Niv. | M-1  | M-2 | M-3 | M-4 | M-5  | E K   |
|------|------|-----|-----|-----|------|-------|
| 13   | 47   | 127 | 99  | 99  | 141  | 513   |
| 12   | 55   | 141 | 109 | 109 | 163  | 577   |
| 11   | 76   | 199 | 164 | 164 | 203  | 806   |
| 10   | 80   | 207 | 170 | 170 | 212  | 839   |
| 9    | 103  | 230 | 210 | 210 | 238  | 991   |
| 8    | 105  | 238 | 215 | 215 | 244  | 1017  |
| 7    | 109  | 241 | 217 | 217 | 248  | 1032  |
| 6    | 115  | 243 | 219 | 219 | 250  | 1046  |
| 5    | 121  | 260 | 246 | 246 | 270  | 1143  |
| 4    | 126  | 271 | 250 | 250 | 281  | 1178  |
| 3    | 132  | 269 | 237 | 237 | 305  | 1180  |
| 2    | 193  | 240 | 226 | 226 | 382  | 1267  |
| 1    | 5000 | 320 | 300 | 300 | 5000 | 10920 |

Marcos en sentido "y-y":

| Niv. | M-A  | M-B | M-C | M-D | M-E | M-F  | E K   |
|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| 13   | 82   | 77  | 60  | 60  | 77  | 82   | 438   |
| 12   | 116  | 111 | 91  | 91  | 111 | 116  | 636   |
| 11   | 164  | 158 | 103 | 103 | 158 | 164  | 850   |
| 10   | 171  | 167 | 110 | 110 | 167 | 171  | 896   |
| 9    | 180  | 176 | 117 | 117 | 176 | 180  | 946   |
| 8    | 186  | 182 | 122 | 122 | 182 | 186  | 980   |
| 7    | 192  | 189 | 126 | 126 | 189 | 192  | 1014  |
| 6    | 200  | 198 | 130 | 130 | 198 | 200  | 1056  |
| 5    | 209  | 207 | 138 | 138 | 207 | 209  | 1108  |
| 4    | 217  | 216 | 146 | 146 | 216 | 217  | 1158  |
| 3    | 221  | 219 | 145 | 145 | 219 | 221  | 1172  |
| 2    | 415  | 210 | 139 | 139 | 210 | 415  | 1528  |
| 1    | 5000 | 280 | 185 | 185 | 280 | 5000 | 10930 |

Con esta tabulación hemos dado el primer paso y, tenemos ya los datos suficientes para seguir adelante en el estudio sísmico del edificio que nos ocupa.

### 3.2.2 Elección del coeficiente sísmico:

Pasamos ahora al capítulo de la elección del coeficiente sísmico que utilizaremos para el análisis sísmico del edificio. Hemos considerado que el edificio se encuentra en la zona III de acuerdo a la regionalización sísmica del Distrito Federal y, que pertenece a edificaciones del tipo "B" por ser edificio cuyo destino final será de oficinas. Por consiguiente, el coeficiente sísmico elegido es el de:

$$C.S. = 0.4$$

el cual era de 0.24 en el Reglamento anterior de 1976.

### 3.2.3 Factor de comportamiento sísmico:

El punto central de este trabajo es precisamente el relacionado con los factores de comportamiento sísmico, pues existen básicamente para el diseño de este tipo de edificios tres factores cuyos valores son de  $Q=4$ ,  $Q=3$  y  $Q=2$ . La elección de uno de ellos depende de las condiciones de geometría, análisis y diseño de la estructura. En este trabajo hemos de analizar al edificio y, obtener el costo de sus estructuras bajo los tres valores antes anotados para concluir con las relaciones de costos entre cada uno de ellos, por lo que, dentro de este trabajo únicamente, no importaría la elección de uno de ellos puesto que hemos de analizar la estructura con los tres valores, sin embargo, esbozaremos en forma sencilla las condiciones que se requieren para la utilización de cada uno de ellos. Basados en el Reglamento de Construcciones del Departamento del Distrito Federal de julio de 1987 en sus Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, en su capítulo no. 5, tenemos:

#### Factor de Comportamiento Sísmico:

Se adoptarán los siguientes valores del factor de comportamiento sísmico a que se refieren la sección 4 de estas normas y el artículo 207 del Reglamento:

I. Se usará  $Q=4$  cuando se cumplan los requisitos siguientes:

1.- La resistencia en todos los entrepisos es suministrada exclusivamente por marcos no contraventados de acero o concreto

reforzado, o bien por marcos contraventeados o con muros de concreto reforzado en los que en cada entrepiso los marcos son capaces de resistir, sin contar muros ni contravientos, cuando menos 50 % de la fuerza sísmica actuante.

2.- Si hay muros ligados a la estructura en la forma especificada en el caso I del artículo 204 del Reglamento, éstos se deben tener en cuenta en el análisis, pero su contribución a la capacidad ante fuerzas laterales solo se tomará en cuenta si estos muros son de piezas macizas, y los marcos, sean o no contraventeados, y los muros de concreto reforzado son capaces de resistir al menos 80 % de las fuerzas laterales totales sin la contribución de los muros de mampostería.

3.- El mínimo cociente de la capacidad resistente de un entrepiso entre la acción de diseño no difiere más de 35 % del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente de cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que puedan contribuir a la resistencia, en particular los muros que se hallen en el caso I a que se refiere el artículo 204 del Reglamento.

4.- Los marcos y muros de concreto reforzado cumplen con los requisitos que fijan las normas complementarias correspondientes para marcos y muros dúctiles.

5.- Los marcos rígidos de acero satisfacen los requisitos para marcos dúctiles que fijan las normas complementarias



correspondientes.

II. Se adoptará  $Q=3$  cuando se satisfacen las condiciones 2,4 y 5 del caso I y en cualquier entrepiso dejan de satisfacerse las condiciones 1 ó 3 especificadas para el caso I pero la resistencia en todos los entrepisos es suministrada por columnas de acero o concreto reforzado con losas planas, por marcos rígidos de acero, por marcos de concreto reforzado, por muros de este material, por combinaciones de éstos y marcos o por diafragmas de madera contrachapada. Las estructuras con losas planas deberán además satisfacer los requisitos que sobre el particular marcan las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto.

III. Se usará  $Q=2$  cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas con columnas de acero o de concreto reforzado, por marcos de acero o de concreto reforzado, contraventeados o no, o muros o columnas de concreto reforzado, que no cumplen en algún entrepiso lo especificado por los casos I y II de esta sección, o por muros de mampostería de piezas macizas confinados por castillos, dadas, columnas o trabes de concreto reforzado o de acero que satisfacen los requisitos de las normas complementarias respectivas, o diafragmas contruidos con duelas inclinadas o por sistemas de muros formados por duelas de madera horizontales o verticales combinados con elementos diagonales de madera maciza. También se usará  $Q=2$  cuando la resistencia es suministrada por elementos de concreto prefabricado o presforzado, con las excepciones que sobre el particular marcan las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto.

En todos los casos se usará para toda la estructura en la dirección de análisis el valor mínimo de Q que corresponde a los diversos entrepisos de la estructura en dicha dirección.

El factor Q puede diferir en las dos direcciones ortogonales en que se analiza la estructura, según sean las propiedades de ésta en dichas direcciones.

Para la utilización de los factores de comportamiento sísmico  $Q=3$  y  $Q=4$ , hay necesidad de que la estructura quede comprendida dentro los lineamientos de marcos dúctiles. No creemos necesario transcribir las características que deben reunir los marcos para ser considerados como "marcos dúctiles", pues únicamente alargáramos en forma innecesaria este trabajo. Para consulta, acudir a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto en el capítulo correspondiente (pag. 47 y sig.).

Con estas breves líneas, queda cubierto el capítulo correspondiente a la elección del factor de comportamiento sísmico, el cual, para el diseño de una estructura, resulta de suma importancia, pues obviamente la elección de uno u otro de los valores antes anotados, redundará en una diferencia de costo en la estructura del edificio, es por ello que el Diseñador Estructural debe poner especial cuidado en la elección del correspondiente valor de "Q" para cada edificio en particular, pues de este momento depende en mucho el costo final de la estructura.

Teniendo ya en este punto las rigideces de piso de cada uno de los marcos, así como determinado el coeficiente sísmico por utilizar, estamos en condiciones de entrar de lleno a la determinación de las fuerzas sísmicas de diseño de la estructura, para ello, y aunque hemos de trabajar posteriormente con los tres valores de "Q", tomaremos por lo pronto el valor de 4, para la determinación de las fuerzas dinámicas en la estructura.

Hemos utilizado un programa de computadora para la elaboración del análisis dinámico de esta estructura. Debido a que las rigideces en el sentido "x-x" de análisis y en el sentido "y-y" son diferentes, obviamente, los cortantes en las mismas direcciones mencionadas serán un poco diferentes entre sí. El programa considera únicamente el modo fundamental de vibración de la estructura y dos modos adicionales.

Habiendo alimentado a la computadora con los datos adecuados para la elaboración de este proceso de análisis, transcribimos a continuación los valores que ha arrojado éste procesamiento electrónico. Hemos de considerar un cortante en la base de la estructura el cual no será menor que:

$$V = 0.8aW_0/Q'$$

donde: a (adimensional) = ordenada de los espectros de diseño, como fracción de la aceleración de la gravedad, sin reducción con fines de diseño

W<sub>0</sub> (toneladas) = valor de W en la base de la estructura.

Q' (adimensional) = factor reductivo de fuerzas sísmicas con fines de diseño, función del periodo natural.

Dicho valor automáticamente se valúa y determina en el procesamiento electrónico. Transcribimos como vía de comparación únicamente, los valores obtenidos por el método dinámico con el método estático y, finalmente, de acuerdo a lo establecido por la fórmula anterior (cap. 9.3 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo).

ANALISIS DE FUERZAS SISMICAS  
(DINAMICO Y ESTATICO)

-----

DATOS DEL EDIFICIO:

| NIVEL | ALTURA (m) | PESO (Ton) | RIGIDEZ X-X | RIGIDEZ Y-Y |
|-------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1     | 4.1        | 709        | 1267        | 1034        |
| 2     | 3.1        | 709        | 1180        | 894         |
| 3     | 3.1        | 709        | 1178        | 838         |
| 4     | 3.1        | 709        | 1143        | 828         |
| 5     | 3.1        | 709        | 1046        | 822         |
| 6     | 3.1        | 709        | 1032        | 810         |
| 7     | 3.1        | 709        | 1017        | 784         |
| 8     | 3.1        | 709        | 991         | 756         |
| 9     | 3.1        | 709        | 839         | 728         |
| 10    | 3.1        | 709        | 806         | 694         |
| 11    | 3.1        | 709        | 577         | 600         |
| 12    | 3.1        | 793        | 513         | 428         |

-----

CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA

ZONA SISMICA B

GRUPO B

ZONA III

TS = 0

C.S. = 0.4      C.R. = 0.4

QX = 4

QY = 4

T1 = 0.6      TA = 0

T2 = 3.9      TB = 0

R1 = 1

F R E C U E N C I A S

SENTIDO XX

|        | WX2    | WX    | TX   | FZX  |
|--------|--------|-------|------|------|
| MODO 1 | 23.21  | 4.82  | 1.30 | 0.77 |
| MODO 2 | 174.47 | 13.21 | 0.48 | 2.10 |
| MODO 3 | 454.72 | 21.32 | 0.29 | 3.39 |

SENTIDO YY

|        | WX2    | WY    | TY   | FZY  |
|--------|--------|-------|------|------|
| MODO 1 | 17.98  | 4.24  | 1.48 | 0.67 |
| MODO 2 | 145.66 | 12.07 | 0.52 | 1.92 |
| MODO 3 | 381.14 | 19.52 | 0.32 | 3.11 |

FORMAS DE VIBRAR

SENTIDO XX

| NIVEL | MODO 1 | MODO 2 | MODO 3 |
|-------|--------|--------|--------|
| 1     | 1.00   | 1.00   | 1.00   |
| 2     | 2.06   | 1.97   | 1.80   |
| 3     | 3.09   | 2.72   | 2.09   |
| 4     | 4.11   | 3.21   | 1.79   |
| 5     | 5.16   | 3.34   | 0.91   |
| 6     | 6.13   | 3.08   | -0.28  |
| 7     | 7.02   | 2.42   | -1.40  |
| 8     | 7.82   | 1.44   | -2.08  |
| 9     | 8.60   | 0.07   | -2.07  |
| 10    | 9.24   | -1.37  | -1.22  |
| 11    | 9.86   | -3.08  | 0.67   |
| 12    | 10.23  | -4.25  | 2.36   |

SENTIDO YY

| NIVEL | MODO 1 | MODO 2 | MODO 3 |
|-------|--------|--------|--------|
| 1     | 1.00   | 1.00   | 1.00   |
| 2     | 2.14   | 2.04   | 1.85   |
| 3     | 3.33   | 2.89   | 2.15   |
| 4     | 4.47   | 3.39   | 1.73   |
| 5     | 5.56   | 3.45   | 0.74   |
| 6     | 6.57   | 3.07   | -0.53  |
| 7     | 7.51   | 2.26   | -1.64  |
| 8     | 8.35   | 1.11   | -2.21  |
| 9     | 9.07   | -0.25  | -1.95  |
| 10    | 9.67   | -1.63  | -0.91  |
| 11    | 10.14  | -2.95  | 0.71   |
| 12    | 10.50  | -4.07  | 2.53   |

\*\*\*\* CORTANTES Y DESPLAZAMIENTOS \*\*\*\*

ANALISIS DINAMICO

| SENTIDO XX |          |          |       | SENTIDO YY |          |          |
|------------|----------|----------|-------|------------|----------|----------|
| CORT.      | DES.TOT. | DES.REL. | NIVEL | CORT.      | DES.TOT. | DES.REL. |
| 703.66     | 2.22     | 2.22     | 1     | 708.06     | 2.74     | 2.74     |
| 693.12     | 4.57     | 2.35     | 2     | 698.05     | 5.86     | 3.12     |
| 672.09     | 6.85     | 2.28     | 3     | 677.25     | 9.10     | 3.23     |
| 641.87     | 9.10     | 2.25     | 4     | 646.32     | 12.22    | 3.12     |
| 603.34     | 11.41    | 2.31     | 5     | 606.39     | 15.17    | 2.95     |
| 556.41     | 13.56    | 2.16     | 6     | 558.17     | 17.92    | 2.76     |
| 501.46     | 15.54    | 1.97     | 7     | 502.01     | 20.49    | 2.56     |
| 439.02     | 17.31    | 1.77     | 8     | 438.24     | 22.80    | 2.32     |
| 369.88     | 19.07    | 1.76     | 9     | 367.39     | 24.82    | 2.02     |
| 293.49     | 20.53    | 1.46     | 10    | 289.82     | 26.49    | 1.67     |
| 209.92     | 21.98    | 1.46     | 11    | 205.33     | 27.86    | 1.37     |
| 115.62     | 22.88    | 0.90     | 12    | 112.92     | 28.92    | 1.06     |

\*\*\*\* CORTANTES Y DESPLAZAMIENTOS \*\*\*\*

ANALISIS ESTATICO

| SENTIDO XX        |          |          |       | SENTIDO YY        |          |          |
|-------------------|----------|----------|-------|-------------------|----------|----------|
| =====             |          |          |       | =====             |          |          |
| COEFICIENTE X 0.4 |          |          |       | COEFICIENTE Y 0.4 |          |          |
| CORT.             | DES.TOT. | DES.REL. | NIVEL | CORT.             | DES.TOT. | DES.REL. |
| 859.20            | 2.71     | 2.71     | 1     | 859.20            | 3.32     | 3.32     |
| 845.56            | 5.58     | 2.87     | 2     | 845.56            | 7.11     | 3.78     |
| 821.62            | 8.37     | 2.79     | 3     | 821.62            | 11.03    | 3.92     |
| 787.36            | 11.12    | 2.76     | 4     | 787.36            | 14.83    | 3.80     |
| 742.79            | 13.96    | 2.84     | 5     | 742.79            | 18.45    | 3.61     |
| 687.91            | 16.63    | 2.67     | 6     | 687.91            | 21.84    | 3.40     |
| 622.72            | 19.08    | 2.45     | 7     | 622.72            | 25.02    | 3.18     |
| 547.22            | 21.29    | 2.21     | 8     | 547.22            | 27.92    | 2.90     |
| 461.41            | 23.49    | 2.20     | 9     | 461.41            | 30.45    | 2.54     |
| 365.28            | 25.30    | 1.81     | 10    | 365.28            | 32.56    | 2.11     |
| 258.85            | 27.10    | 1.79     | 11    | 258.85            | 34.28    | 1.73     |
| 142.11            | 28.20    | 1.11     | 12    | 142.11            | 35.61    | 1.33     |



\*\*\*\* CORTANTES Y DESPLAZAMIENTOS \*\*\*\*

RESULTADOS DEFINITIVOS

SENTIDO XX

=====

SENTIDO YY

=====

| CORT.  | DES.TOT. | DES.REL. | PSIX  | NIVEL | CORT.  | DES.TOT. | DES.REL. | PSIY  |
|--------|----------|----------|-------|-------|--------|----------|----------|-------|
| 703.66 | 2.22     | 2.22     | 0.005 | 1     | 708.06 | 2.74     | 2.74     | 0.007 |
| 693.12 | 4.57     | 2.35     | 0.008 | 2     | 698.05 | 5.86     | 3.12     | 0.010 |
| 672.09 | 6.85     | 2.28     | 0.007 | 3     | 677.25 | 9.10     | 3.23     | 0.010 |
| 641.87 | 9.10     | 2.25     | 0.007 | 4     | 646.32 | 12.22    | 3.12     | 0.010 |
| 603.34 | 11.41    | 2.31     | 0.007 | 5     | 606.39 | 15.17    | 2.95     | 0.010 |
| 556.41 | 13.56    | 2.16     | 0.007 | 6     | 558.17 | 17.92    | 2.76     | 0.009 |
| 501.46 | 15.54    | 1.97     | 0.006 | 7     | 502.01 | 20.49    | 2.56     | 0.008 |
| 439.02 | 17.31    | 1.77     | 0.006 | 8     | 438.24 | 22.80    | 2.32     | 0.007 |
| 369.88 | 19.07    | 1.76     | 0.006 | 9     | 369.13 | 24.82    | 2.03     | 0.007 |
| 293.49 | 20.53    | 1.46     | 0.005 | 10    | 292.23 | 26.49    | 1.68     | 0.005 |
| 209.92 | 21.98    | 1.46     | 0.005 | 11    | 207.08 | 27.86    | 1.38     | 0.004 |
| 115.62 | 22.88    | 0.90     | 0.003 | 12    | 113.69 | 28.92    | 1.06     | 0.003 |

Tenemos que considerar para obtener las fuerzas finales de diseño, los efectos de segundo orden que nos comenta el capítulo 8.7 de las Normas Técnicas Complementarias para el Análisis Sísmico de Edificios. Estos efectos los hemos tomado en cuenta por medio de una fórmula aproximada, la cual transcribimos a continuación:

$$F.A. = 1 + \frac{Wu/h}{K/Q - 1.2 Wu/h}$$

donde:

- FA= factor de amplificación.
- Wu= suma de las cargas de diseño, muertas y vivas, acumuladas desde el extremo superior del edificio hasta el entrepiso considerado.
- K = rigidez de entrepiso.
- Q = factor de comportamiento sísmico.
- h = altura del entrepiso, entre ejes.

Cabe mencionar que no es linealmente proporcional el factor de amplificación entre los diferentes valores del factor de comportamiento sísmico, por lo que tomaremos los valores de cada uno de ellos por separado.

Así pues, teniendo ya determinadas la acción de la fuerza cortante en cada caso, sin aplicar el factor de amplificación, procedemos a aplicar éste para cada uno de los valores de "Q" de nuestro estudio. A continuación se tabulan éstos valores, siendo éstos los valores de fuerza cortante ya definitivos para entrar de lleno al siguiente capítulo, que es el de torsión.

\*\*\*\* C O R T A N T E   D E   D I S E N O \*\*\*\*  
 P A R A   Q = 2  
 =====

| NIVEL | Vx   | Vy   | Fax  | Fay  | Vdx  | Vdy  |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 12    | 230  | 226  | 1.01 | 1.01 | 232  | 228  |
| 11    | 418  | 414  | 1.02 | 1.02 | 426  | 422  |
| 10    | 586  | 584  | 1.02 | 1.02 | 598  | 596  |
| 9     | 738  | 738  | 1.03 | 1.03 | 760  | 760  |
| 8     | 878  | 876  | 1.03 | 1.04 | 904  | 911  |
| 7     | 1002 | 1004 | 1.03 | 1.04 | 1032 | 1044 |
| 6     | 1112 | 1116 | 1.04 | 1.05 | 1156 | 1172 |
| 5     | 1206 | 1212 | 1.04 | 1.05 | 1254 | 1272 |
| 4     | 1282 | 1292 | 1.05 | 1.06 | 1346 | 1272 |
| 3     | 1344 | 1354 | 1.05 | 1.07 | 1411 | 1370 |
| 2     | 1386 | 1396 | 1.05 | 1.07 | 1455 | 1448 |
| 1     | 1406 | 1416 | 1.04 | 1.05 | 1462 | 1486 |

\*\*\*\* CORTANTE DE DISEÑO \*\*\*\*  
 PARA Q = 3

| NIVEL | Vx  | Vy  | Fax  | Fay  | Vdx | Vdy  |
|-------|-----|-----|------|------|-----|------|
| 12    | 153 | 150 | 1.02 | 1.02 | 156 | 153  |
| 11    | 280 | 276 | 1.03 | 1.03 | 288 | 284  |
| 10    | 390 | 389 | 1.03 | 1.04 | 402 | 404  |
| 9     | 492 | 491 | 1.04 | 1.05 | 511 | 515  |
| 8     | 585 | 583 | 1.04 | 1.06 | 608 | 618  |
| 7     | 667 | 669 | 1.05 | 1.06 | 700 | 709  |
| 6     | 741 | 743 | 1.06 | 1.07 | 785 | 795  |
| 5     | 804 | 808 | 1.06 | 1.08 | 852 | 872  |
| 4     | 854 | 861 | 1.07 | 1.09 | 913 | 938  |
| 3     | 896 | 903 | 1.07 | 1.09 | 959 | 984  |
| 2     | 923 | 931 | 1.08 | 1.10 | 996 | 1024 |
| 1     | 937 | 943 | 1.06 | 1.07 | 993 | 1009 |

\*\*\*\* C O R T A N T E   D E   D I S E N O \*\*\*\*  
 P A R A   Q = 4

=====

| NIVEL | Vx  | Vy  | Fax  | Fay  | Vdx | Vdy |
|-------|-----|-----|------|------|-----|-----|
| 12    | 115 | 113 | 1.02 | 1.03 | 117 | 116 |
| 11    | 209 | 207 | 1.04 | 1.04 | 217 | 215 |
| 10    | 293 | 292 | 1.04 | 1.05 | 304 | 306 |
| 9     | 370 | 369 | 1.05 | 1.06 | 388 | 391 |
| 8     | 439 | 438 | 1.06 | 1.08 | 465 | 473 |
| 7     | 501 | 502 | 1.07 | 1.09 | 536 | 547 |
| 6     | 556 | 558 | 1.08 | 1.10 | 600 | 613 |
| 5     | 603 | 606 | 1.09 | 1.12 | 657 | 678 |
| 4     | 641 | 646 | 1.09 | 1.13 | 698 | 730 |
| 3     | 672 | 677 | 1.10 | 1.14 | 739 | 771 |
| 2     | 693 | 698 | 1.11 | 1.15 | 769 | 802 |
| 1     | 703 | 708 | 1.08 | 1.10 | 759 | 778 |

Los valores de  $V_d$  (fuerza cortante de diseño) mostrados en las tablas anteriores, son los valores de la fuerza cortante con la cual ha de analizarse el edificio para cada uno de los tres diferentes valores del factor de comportamiento sísmico.

#### 3.2.4 Efecto de la torsión:

Una vez que tenemos elegido el coeficiente sísmico que, en nuestro caso es  $c.s.=0.4$  y el valor del factor de comportamiento sísmico que, en nuestro caso jugaremos con los tres, tenemos ya el coeficiente sísmico de diseño para los elementos mecánicos de la estructura. Cabe mencionar en este punto que las deformaciones horizontales del edificio son independientes del valor de "Q", ya que éstos se toman considerando únicamente el valor del coeficiente sísmico, sin afectarlo, por el valor de "Q". Para poder dar una explicación breve sobre la forma de considerar la torsión en el análisis de las estructuras, hemos decidido tomar el valor de  $Q=4$ , o sea que el coeficiente sísmico de diseño nos queda:  $c.s.=0.1$ . Posteriormente, en las consideraciones para los otros valores de "Q", se asignarán las fuerzas cortantes correspondientes a cada marco, tomando en cuenta, ya, cada uno de los otros dos valores del factor de comportamiento sísmico. Por lo pronto, como ya hemos indicado, analizaremos los efectos de la torsión con  $Q=4$  y, consecuentemente  $c.s.=0.1$ .

Para la elaboración del estudio de sismo directo y torsión, contamos con un programa de computadora, el cual toma en consideración lo especificado en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño Sísmico en su capítulo no. 8.6 . Los datos de alimentación a este programa consisten en dar en cada nivel: la fuerza cortante, el centro de cargas y, las dimensiones tanto en el sentido "x-x" como en "y-y". El programa se encarga de determinar el centro de rigideces también considerado en cada nivel, así como las excentricidades en cada uno de los sentidos de análisis, a las cuales se les suma las mencionadas en el capítulo 8.6 de las Normas para Sismo, ya comentado. Después de la elaboración del proceso electrónico, el programa nos da como resultado la fuerza cortante que actúa en cada uno de los niveles de cada uno de los marcos de toda la estructura, tomando en consideración que son diferentes los valores de la fuerza cortante en los sentidos "x-x" y "y-y".

Como ya quedó indicado en párrafos anteriores, no insistiremos más en que el comentado programa de torsión se aplica para cada uno de los tres valores de comportamiento sísmico, obteniéndose los resultados que se anotarán posteriormente.

A continuación presentamos una tabulación en la cual se pueden observar claramente los valores de la fuerza cortante de diseño en cada marco, en cada piso y, para los tres valores del factor de comportamiento sísmico tratados.

Consideramos que dada la aproximación de valores en términos de Ingeniería, no es necesario mas que presentar la fuerza cortante para cada marco o nivel en números enteros, ya que cualquier precisión adicional, carece de sentido dadas las condiciones e hipótesis de diseño. Es por ello que únicamente anotamos la parte entera del valor obtenido de acuerdo al estudio de torsión.

A continuación se mostrarán los resultados del estudio por torsión.



\*\*\*\* C O R T A N T E   D E   D I S E Ñ O   \*\*\*\*  
P O R   T O R S I O N

P A R A   Q   =   2

S E N T I D O   X-X

| : NIVEL : | : MARCO 1 : |      | : MARCO 2 : |      | : MARCO 3 : |      | : MARCO 4 : |      | : MARCO 5 : |      |
|-----------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
|           | : Vd        | : Vt | : Vd        | : Vt | : Vd        | : Vt | : Vd        | : Vt | : Vd        | : Vt |
| : 12 :    | 21          | 21   | 57          | 57   | 45          | 45   | 45          | 54   | 64          | 95   |
| : 11 :    | 41          | 41   | 104         | 104  | 80          | 80   | 80          | 94   | 120         | 171  |
| : 10 :    | 56          | 56   | 148         | 148  | 122         | 122  | 122         | 145  | 151         | 220  |
| : 9 :     | 72          | 72   | 188         | 188  | 154         | 154  | 154         | 184  | 192         | 281  |
| : 8 :     | 94          | 94   | 210         | 210  | 192         | 192  | 192         | 233  | 217         | 328  |
| : 7 :     | 107         | 107  | 242         | 242  | 218         | 218  | 218         | 265  | 248         | 374  |
| : 6 :     | 122         | 122  | 270         | 270  | 243         | 243  | 243         | 296  | 278         | 419  |
| : 5 :     | 138         | 138  | 291         | 291  | 263         | 263  | 263         | 320  | 300         | 452  |
| : 4 :     | 142         | 142  | 306         | 306  | 290         | 290  | 290         | 353  | 318         | 481  |
| : 3 :     | 151         | 151  | 325         | 325  | 299         | 299  | 299         | 365  | 337         | 509  |
| : 2 :     | 163         | 163  | 332         | 332  | 292         | 292  | 292         | 351  | 376         | 556  |
| : 1 :     | 223         | 223  | 277         | 277  | 261         | 261  | 261         | 297  | 441         | 589  |

Nota.-

Vd = Cortante directo

Vt = Cortante total = Cortante directo + Cortante por torsión

\*\*\*\* C O R T A N T E D E D I S E N O \*\*\*\*  
 P O R T O R S I O N

-----  
 P A R A Q = 2  
 -----

S E N T I D O Y - Y  
 =====

| NIVEL | MARCO A y F |     | MARCO B y E |     | MARCO C y D |     |
|-------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
|       | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  |
| 12    | 43          | 52  | 40          | 45  | 31          | 33  |
| 11    | 77          | 95  | 74          | 84  | 60          | 63  |
| 10    | 115         | 141 | 111         | 126 | 72          | 76  |
| 9     | 145         | 178 | 142         | 161 | 93          | 98  |
| 8     | 173         | 211 | 169         | 192 | 113         | 118 |
| 7     | 198         | 242 | 194         | 220 | 130         | 136 |
| 6     | 222         | 271 | 218         | 248 | 146         | 152 |
| 5     | 241         | 295 | 239         | 271 | 157         | 164 |
| 4     | 258         | 316 | 256         | 290 | 171         | 178 |
| 3     | 271         | 332 | 270         | 306 | 183         | 191 |
| 2     | 283         | 344 | 279         | 316 | 186         | 194 |
| 1     | 404         | 483 | 204         | 228 | 135         | 141 |

Nota.-

Vd = Cortante directo

Vt = Cortante total = Cortante directo + Cortante por torsión

\*\*\*\* CORTANTE DE DISEÑO \*\*\*\*  
 POR TORSION

=====

PARA Q = 3

-----

S E N T I D O X-X

=====

| : NIVEL : | : MARCO 1 : |     | : MARCO 2 : |     | : MARCO 3 : |     | : MARCO 4 : |     | : MARCO 5 : |     |
|-----------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
|           | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  |
| : 12 :    | 14          | 14  | 39          | 39  | 30          | 30  | 30          | 36  | 43          | 64  |
| : 11 :    | 27          | 27  | 70          | 70  | 54          | 54  | 54          | 63  | 81          | 115 |
| : 10 :    | 38          | 38  | 99          | 99  | 82          | 82  | 82          | 98  | 101         | 148 |
| : 9 :     | 49          | 49  | 126         | 126 | 104         | 104 | 104         | 123 | 129         | 189 |
| : 8 :     | 63          | 63  | 141         | 141 | 129         | 129 | 129         | 157 | 146         | 221 |
| : 7 :     | 72          | 72  | 164         | 164 | 148         | 148 | 148         | 180 | 168         | 254 |
| : 6 :     | 83          | 83  | 183         | 183 | 165         | 165 | 165         | 201 | 189         | 285 |
| : 5 :     | 94          | 94  | 198         | 198 | 178         | 178 | 178         | 217 | 204         | 307 |
| : 4 :     | 97          | 97  | 208         | 208 | 197         | 197 | 197         | 239 | 216         | 326 |
| : 3 :     | 103         | 103 | 221         | 221 | 204         | 204 | 204         | 248 | 229         | 346 |
| : 2 :     | 111         | 111 | 227         | 227 | 200         | 200 | 200         | 240 | 257         | 381 |
| : 1 :     | 151         | 151 | 188         | 188 | 177         | 177 | 177         | 202 | 299         | 400 |

Nota.-

Vd = Cortante directo

Vt = Cortante total = Cortante directo + Cortante por torsión

\*\*\*\* CORTANTE DE DISEÑO \*\*\*\*  
 POR TORSION

PARA Q = 3

SENTIDO Y-Y

| NIVEL | MARCO A y F |     | MARCO B y E |     | MARCO C y D |     |
|-------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
|       | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  |
| 12    | 29          | 35  | 27          | 30  | 21          | 22  |
| 11    | 34          | 41  | 32          | 37  | 26          | 28  |
| 10    | 78          | 96  | 75          | 85  | 49          | 51  |
| 9     | 98          | 121 | 96          | 109 | 63          | 66  |
| 8     | 118         | 143 | 115         | 130 | 76          | 80  |
| 7     | 135         | 164 | 132         | 149 | 88          | 92  |
| 6     | 151         | 184 | 148         | 168 | 99          | 103 |
| 5     | 165         | 202 | 164         | 185 | 107         | 112 |
| 4     | 177         | 216 | 175         | 199 | 117         | 122 |
| 3     | 184         | 226 | 184         | 208 | 124         | 130 |
| 2     | 193         | 236 | 192         | 217 | 128         | 133 |
| 1     | 274         | 328 | 139         | 155 | 92          | 95  |

Nota.-

Vd = Cortante directo

Vt = Cortante total = Cortante directo + Cortante por torsión

\*\*\*\* CORTANTE DE DISEÑO \*\*\*\*  
 POR TORSION

-----  
 PARA Q = 4  
 -----

SENTIDO X-X  
 -----

| : NIVEL : | : MARCO 1 : |     | : MARCO 2 : |     | : MARCO 3 : |     | : MARCO 4 : |     | : MARCO 5 : |     |
|-----------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
|           | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  |
| : 12 :    | 11          | 11  | 29          | 29  | 23          | 23  | 23          | 27  | 32          | 48  |
| : 11 :    | 21          | 21  | 53          | 53  | 41          | 41  | 41          | 48  | 61          | 87  |
| : 10 :    | 29          | 29  | 75          | 75  | 62          | 62  | 62          | 74  | 77          | 112 |
| : 9 :     | 37          | 37  | 96          | 96  | 79          | 79  | 79          | 94  | 98          | 143 |
| : 8 :     | 48          | 48  | 108         | 108 | 99          | 99  | 99          | 120 | 112         | 169 |
| : 7 :     | 55          | 55  | 125         | 125 | 113         | 113 | 113         | 138 | 129         | 194 |
| : 6 :     | 63          | 63  | 140         | 140 | 126         | 126 | 126         | 126 | 144         | 218 |
| : 5 :     | 72          | 72  | 153         | 153 | 138         | 138 | 138         | 138 | 157         | 237 |
| : 4 :     | 74          | 74  | 159         | 159 | 150         | 150 | 150         | 150 | 165         | 250 |
| : 3 :     | 79          | 79  | 170         | 170 | 157         | 157 | 157         | 157 | 176         | 266 |
| : 2 :     | 86          | 86  | 175         | 175 | 154         | 154 | 154         | 154 | 199         | 294 |
| : 1 :     | 116         | 116 | 144         | 144 | 135         | 135 | 135         | 135 | 229         | 306 |

Nota.-

Vd = Cortante directo

Vt = Cortante total = Cortante directo + Cortante por torsión

\*\*\*\* C O R T A N T E   D E   D I S E N O \*\*\*\*  
P O R   T O R S I O N

P A R A   Q   =   4

S E N T I D O   Y - Y

| NIVEL | MARCO A y F |     | MARCO B y E |     | MARCO C y D |     |
|-------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
|       | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  | Vd          | Vt  |
| 12    | 22          | 26  | 20          | 23  | 16          | 17  |
| 11    | 39          | 48  | 38          | 43  | 31          | 32  |
| 10    | 59          | 72  | 57          | 65  | 37          | 39  |
| 9     | 75          | 92  | 73          | 83  | 48          | 50  |
| 8     | 90          | 110 | 88          | 100 | 59          | 61  |
| 7     | 104         | 127 | 102         | 115 | 68          | 71  |
| 6     | 116         | 142 | 114         | 129 | 76          | 80  |
| 5     | 128         | 157 | 127         | 144 | 83          | 87  |
| 4     | 138         | 168 | 136         | 155 | 91          | 95  |
| 3     | 144         | 177 | 144         | 163 | 97          | 102 |
| 2     | 151         | 184 | 150         | 170 | 100         | 104 |
| 1     | 211         | 253 | 107         | 120 | 71          | 74  |

Nota.-

Vd = Cortante directo

Vt = Cortante total = Cortante directo + Cortante por torsión

Hemos dado una breve explicación de la forma en la cual se determinan los efectos de la torsión en un edificio sujeto a solicitaciones horizontales, en este caso las de sismo. No creemos necesario extender más éste tipo de explicación, sea ya del propio proceso o de los programas de computadora, pues, como ya hemos comentado en párrafos anteriores, no es el sentido principal de éste trabajo, sin embargo, juzgamos que con esta breve explicación, queda claro el procedimiento para determinar las solicitaciones sísmicas en cada uno de los marcos y niveles del edificio que nos ocupa:

- 1.- Determinación de las rigideces de piso,
- 2.- Con éstos valores, determinar las solicitaciones dinámicas sobre la totalidad de la estructura,
- 3.- Determinar los desplazamientos ( $\Psi$ ) en cada entrepiso,
- 4.- Determinar los factores de amplificación en cada caso,
- 5.- Con los valores de diseño de la fuerza cortante se entra de lleno al programa que nos estudia la torsión en edificios, el cual ya fué comentado,
- 6.- Obtención de los resultados, que en nuestro caso es para los tres valores en estudio del factor de comportamiento sísmico.

Con éstos breves comentarios terminamos el estudio por torsión, para pasar inmediatamente a la determinación de los elementos mecánicos (momento flexionante, fuerza cortante y fuerza axial) en cada uno de los elementos (trabes y columnas) de la estructura.

### 3.2.5 Resultados finales:

Con el mismo programa de computadora que hemos mencionado para la elaboración de las cargas verticales y para la determinación de las rigideces de piso, entramos de lleno a la determinación de los elementos mecánicos en cada uno de los marcos en estudio.

Tenemos en las tablas del inciso 3.2.4 presentadas en páginas anteriores, los valores de la fuerza cortante para cada marco y para cada nivel y, a su vez, para los diferentes factores de comportamiento sísmico considerados. Tomaremos por lo pronto, los valores para  $Q=4$  con el objeto de basar nuestra explicación con éstos valores, ya que es idéntico el procedimiento para los otros dos casos, cambiando únicamente, como es obvio, los valores de las fuerzas cortantes para cada caso.

Presentamos a continuación el esquema de uno de los marcos del edificio que nos ocupa, con sus características geométricas, así como las correspondientes a cargas verticales y sismo.





numero de NUDOS ..... 65  
 TIPOS DE MIEMBROS .. 7  
 MIEMBROS ..... 108

N U D O S

| NUDO | C O O R D E N A D A S |        | ESTADO |
|------|-----------------------|--------|--------|
|      | X (m)                 | Y (m)  | XYZ    |
| 1    | 0.000                 | 0.000  | RRR    |
| 2    | 6.000                 | 0.000  | RRR    |
| 3    | 13.000                | 0.000  | RRR    |
| 4    | 20.000                | 0.000  | RRR    |
| 5    | 27.000                | 0.000  | RRR    |
| 6    | 0.000                 | 3.000  | LLL    |
| 7    | 6.000                 | 3.000  | LLL    |
| 8    | 13.000                | 3.000  | LLL    |
| 9    | 20.000                | 3.000  | LLL    |
| 10   | 27.000                | 3.000  | LLL    |
| 11   | 0.000                 | 6.000  | LLL    |
| 12   | 6.000                 | 6.000  | LLL    |
| 13   | 13.000                | 6.000  | LLL    |
| 14   | 20.000                | 6.000  | LLL    |
| 15   | 27.000                | 6.000  | LLL    |
| 16   | 0.000                 | 9.000  | LLL    |
| 17   | 6.000                 | 9.000  | LLL    |
| 18   | 13.000                | 9.000  | LLL    |
| 19   | 20.000                | 9.000  | LLL    |
| 20   | 27.000                | 9.000  | LLL    |
| 21   | 0.000                 | 12.000 | LLL    |
| 22   | 6.000                 | 12.000 | LLL    |
| 23   | 13.000                | 12.000 | LLL    |
| 24   | 20.000                | 12.000 | LLL    |
| 25   | 27.000                | 12.000 | LLL    |
| 26   | 0.000                 | 15.000 | LLL    |
| 27   | 6.000                 | 15.000 | LLL    |
| 28   | 13.000                | 15.000 | LLL    |
| 29   | 20.000                | 15.000 | LLL    |
| 30   | 27.000                | 15.000 | LLL    |
| 31   | 0.000                 | 18.000 | LLL    |
| 32   | 6.000                 | 18.000 | LLL    |
| 33   | 13.000                | 18.000 | LLL    |
| 34   | 20.000                | 18.000 | LLL    |
| 35   | 27.000                | 18.000 | LLL    |
| 36   | 0.000                 | 21.000 | LLL    |
| 37   | 6.000                 | 21.000 | LLL    |
| 38   | 13.000                | 21.000 | LLL    |
| 39   | 20.000                | 21.000 | LLL    |
| 40   | 27.000                | 21.000 | LLL    |
| 41   | 0.000                 | 24.000 | LLL    |
| 42   | 6.000                 | 24.000 | LLL    |
| 43   | 13.000                | 24.000 | LLL    |
| 44   | 20.000                | 24.000 | LLL    |
| 45   | 27.000                | 24.000 | LLL    |
| 46   | 0.000                 | 27.000 | LLL    |

N U D O S

| NUDO | C O R D E N A D A S | ESTADO |
|------|---------------------|--------|
|      | X (m) Y (m)         | XYZ    |
| 47   | 6.000 27.000        | LLL    |
| 48   | 13.000 27.000       | LLL    |
| 49   | 20.000 27.000       | LLL    |
| 50   | 27.000 27.000       | LLL    |
| 51   | 0.000 30.000        | LLL    |
| 52   | 6.000 30.000        | LLL    |
| 53   | 13.000 30.000       | LLL    |
| 54   | 20.000 30.000       | LLL    |
| 55   | 27.000 30.000       | LLL    |
| 56   | 0.000 33.000        | LLL    |
| 57   | 6.000 33.000        | LLL    |
| 58   | 13.000 33.000       | LLL    |
| 59   | 20.000 33.000       | LLL    |
| 60   | 27.000 33.000       | LLL    |
| 61   | 0.000 36.000        | LLL    |
| 62   | 6.000 36.000        | LLL    |
| 63   | 13.000 36.000       | LLL    |
| 64   | 20.000 36.000       | LLL    |
| 65   | 27.000 36.000       | LLL    |

TIPOS DE MIEMBROS

| TIPO | SEC | PARAMETROS (metros)  |
|------|-----|--|
| 1    | R   | B= 0.300 H= 0.700<br>(I= 0.008575000 m <sup>4</sup> A= 0.2100 m <sup>2</sup> ) |
| 2    | R   | B= 0.700 H= 0.900<br>(I= 0.042525000 m <sup>4</sup> A= 0.6300 m <sup>2</sup> ) |
| 3    | R   | B= 0.600 H= 0.800<br>(I= 0.025600000 m <sup>4</sup> A= 0.4800 m <sup>2</sup> ) |
| 4    | R   | B= 0.500 H= 0.700<br>(I= 0.014291667 m <sup>4</sup> A= 0.3500 m <sup>2</sup> ) |
| 5    | R   | B= 0.400 H= 0.600<br>(I= 0.007200000 m <sup>4</sup> A= 0.2400 m <sup>2</sup> ) |
| 6    | R   | B= 0.400 H= 0.800<br>(I= 0.017066667 m <sup>4</sup> A= 0.3200 m <sup>2</sup> ) |
| 7    | R   | B= 0.300 H= 0.800<br>(I= 0.012800000 m <sup>4</sup> A= 0.2400 m <sup>2</sup> ) |

MIEMBROS

| MIEMBRO | E X T R E M O S | TIPO DE MIEMBRO | MODULO E (T/m <sup>2</sup> ) | NUMERO DE SECCIONES |
|---------|-----------------|-----------------|------------------------------|---------------------|
|         | Ni-E Nj-E       |                 |                              |                     |
| 1       | 6 R 7 R         | 5               | 2425000                      | 1                   |
| 2       | 7 R 8 R         | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 3       | 8 R 9 R         | 5               | 2425000                      | 1                   |
| 4       | 9 R 10 R        | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 5       | 11 R 12 R       | 5               | 2425000                      | 1                   |
| 6       | 12 P 13 P       | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 7       | 13 R 14 R       | 5               | 2425000                      | 1                   |

MIEMBROS

| MIEMBRO | E    | X | T | F | E | M    | O | S | TIPO DE MIEMBRO | MODULO E (T/m <sup>2</sup> ) | NUMERO DE SECCIONES |
|---------|------|---|---|---|---|------|---|---|-----------------|------------------------------|---------------------|
|         | Ni-E |   |   |   |   | Nj-E |   |   |                 |                              |                     |
| 8       | 14   | R |   |   |   | 15   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 9       | 16   | R |   |   |   | 17   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 10      | 17   | R |   |   |   | 18   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 11      | 18   | R |   |   |   | 19   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 12      | 19   | R |   |   |   | 20   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 13      | 21   | R |   |   |   | 22   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 14      | 22   | R |   |   |   | 23   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 15      | 23   | R |   |   |   | 24   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 16      | 24   | R |   |   |   | 25   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 17      | 26   | R |   |   |   | 27   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 18      | 27   | R |   |   |   | 28   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 19      | 28   | R |   |   |   | 29   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 20      | 29   | R |   |   |   | 30   | R |   | 6               | 2425000                      | 1                   |
| 21      | 31   | R |   |   |   | 32   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 22      | 32   | R |   |   |   | 33   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 23      | 33   | R |   |   |   | 34   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 24      | 34   | R |   |   |   | 35   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 25      | 35   | R |   |   |   | 37   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 26      | 37   | R |   |   |   | 38   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 27      | 38   | R |   |   |   | 39   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 28      | 39   | R |   |   |   | 40   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 29      | 41   | R |   |   |   | 42   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 30      | 42   | R |   |   |   | 43   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 31      | 43   | R |   |   |   | 44   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 32      | 44   | R |   |   |   | 45   | R |   | 7               | 2425000                      | 1                   |
| 33      | 46   | R |   |   |   | 47   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 34      | 47   | R |   |   |   | 48   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 35      | 48   | R |   |   |   | 49   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 36      | 49   | R |   |   |   | 50   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 37      | 51   | R |   |   |   | 52   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 38      | 52   | R |   |   |   | 53   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 39      | 53   | R |   |   |   | 54   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 40      | 54   | R |   |   |   | 55   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 41      | 56   | R |   |   |   | 57   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 42      | 57   | R |   |   |   | 58   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 43      | 58   | R |   |   |   | 59   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 44      | 59   | R |   |   |   | 60   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 45      | 61   | R |   |   |   | 62   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 46      | 62   | R |   |   |   | 63   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 47      | 63   | R |   |   |   | 64   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 48      | 64   | R |   |   |   | 65   | R |   | 1               | 2425000                      | 1                   |
| 49      | 1    | R |   |   |   | 6    | R |   | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 50      | 6    | R |   |   |   | 11   | R |   | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 51      | 11   | R |   |   |   | 16   | R |   | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 52      | 16   | R |   |   |   | 21   | R |   | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 53      | 21   | R |   |   |   | 26   | R |   | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 54      | 26   | R |   |   |   | 31   | R |   | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 55      | 31   | R |   |   |   | 36   | R |   | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 56      | 36   | R |   |   |   | 41   | R |   | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 57      | 41   | R |   |   |   | 46   | R |   | 4               | 2425000                      | 0                   |
| 58      | 46   | R |   |   |   | 51   | R |   | 4               | 2425000                      | 0                   |
| 59      | 51   | R |   |   |   | 56   | R |   | 5               | 2425000                      | 0                   |

MIEMBROS

| MIEMBRO | E X T R E M O S |      | TIPO DE MIEMBRO | MODULO E (T/m <sup>2</sup> ) | NUMERO DE SECCIONES |
|---------|-----------------|------|-----------------|------------------------------|---------------------|
|         | N1-E            | N2-E |                 |                              |                     |
| 50      | 56 R            | 61 R | 5               | 2425000                      | 0                   |
| 61      | 2 R             | 7 R  | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 62      | 7 R             | 12 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 63      | 12 R            | 17 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 64      | 17 R            | 22 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 65      | 22 R            | 27 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 66      | 27 R            | 32 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 67      | 32 R            | 37 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 68      | 37 R            | 42 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 69      | 42 R            | 47 R | 4               | 2425000                      | 0                   |
| 70      | 47 R            | 52 R | 4               | 2425000                      | 0                   |
| 71      | 52 R            | 57 R | 5               | 2425000                      | 0                   |
| 72      | 57 R            | 62 R | 5               | 2425000                      | 0                   |
| 73      | 3 R             | 8 R  | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 74      | 8 R             | 13 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 75      | 13 R            | 18 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 76      | 18 R            | 23 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 77      | 23 R            | 28 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 78      | 28 R            | 33 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 79      | 33 R            | 38 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 80      | 38 R            | 43 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 81      | 43 R            | 48 R | 4               | 2425000                      | 0                   |
| 82      | 48 R            | 53 R | 4               | 2425000                      | 0                   |
| 83      | 53 R            | 58 R | 5               | 2425000                      | 0                   |
| 84      | 58 R            | 63 R | 5               | 2425000                      | 0                   |
| 85      | 4 R             | 9 R  | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 86      | 9 R             | 14 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 87      | 14 R            | 19 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 88      | 19 R            | 24 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 89      | 24 R            | 29 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 90      | 29 R            | 34 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 91      | 34 R            | 39 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 92      | 39 R            | 44 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 93      | 44 R            | 49 R | 4               | 2425000                      | 0                   |
| 94      | 49 R            | 54 R | 4               | 2425000                      | 0                   |
| 95      | 54 R            | 59 R | 5               | 2425000                      | 0                   |
| 96      | 59 R            | 64 R | 5               | 2425000                      | 0                   |
| 97      | 5 R             | 10 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 98      | 10 R            | 15 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 99      | 15 R            | 20 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 100     | 20 R            | 25 R | 2               | 2425000                      | 0                   |
| 101     | 25 R            | 30 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 102     | 30 R            | 35 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 103     | 35 R            | 40 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 104     | 40 R            | 45 R | 3               | 2425000                      | 0                   |
| 105     | 45 R            | 50 R | 4               | 2425000                      | 0                   |
| 106     | 50 R            | 55 R | 4               | 2425000                      | 0                   |
| 107     | 55 R            | 60 R | 5               | 2425000                      | 0                   |
| 108     | 60 R            | 65 R | 5               | 2425000                      | 0                   |

ESTADO DE CARGA No. 1, titulo: CARGA VERTICAL

| LC | TF | DR | Del | A1 | INC | PARAMETROS ( toneladas y metros ) |
|----|----|----|-----|----|-----|-----------------------------------|
| 1  | UN | YM | 1   | 44 | 1   | W= 1.700                          |
| 2  | UN | YM | 45  | 48 | 1   | W= 1.500                          |

ESTADO DE CARGA No. 2, titulo: SISMO

| LC | CARGA | TF | DR | Del | A1 | INC                            | PARAMETROS ( toneladas y metros ) |
|----|-------|----|----|-----|----|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1  | AN    | EE | 61 | 61  | 1  | Fx= 26.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000 |                                   |
| 2  | AN    | EE | 56 | 56  | 1  | Fx= 22.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000 |                                   |
| 3  | AN    | EE | 51 | 51  | 1  | Fx= 24.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000 |                                   |
| 4  | AN    | EE | 46 | 46  | 1  | Fx= 19.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000 |                                   |
| 5  | AN    | EE | 41 | 41  | 1  | Fx= 18.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000 |                                   |
| 6  | AN    | EE | 36 | 36  | 1  | Fx= 17.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000 |                                   |
| 7  | AN    | EE | 31 | 31  | 1  | Fx= 15.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000 |                                   |
| 8  | AN    | EE | 26 | 26  | 1  | Fx= 15.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000 |                                   |
| 9  | AN    | EE | 21 | 21  | 1  | Fx= 11.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000 |                                   |
| 10 | AN    | EE | 16 | 16  | 1  | Fx= 8.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000  |                                   |
| 11 | AN    | EE | 11 | 11  | 1  | Fx= 8.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000  |                                   |
| 12 | AN    | EE | 6  | 6   | 1  | Fx= 69.000 Fy= 0.000 Mz= 0.000 |                                   |

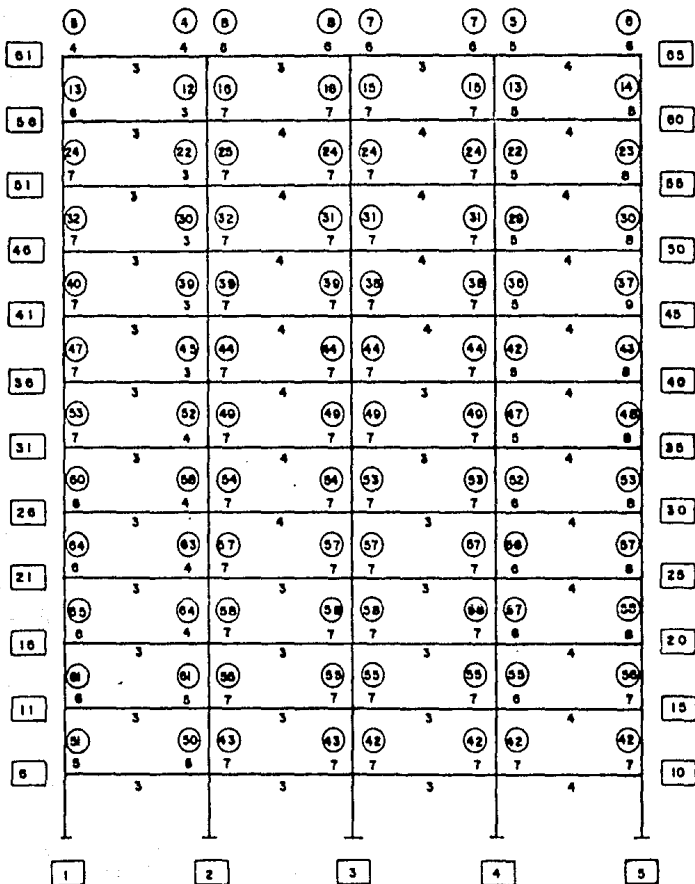
Con los datos anteriores, el procesamiento electrónico ya mencionado, nos obtiene los valores que a continuación se presentan, junto con la hoja de resultados de la computadora.

\*\* CARGA VERTICAL

⊙ SISMO

⊠ NUDO

**MOMENTOS DEBIDO A CARGA VERTICAL Y SISMO EN TRABES**



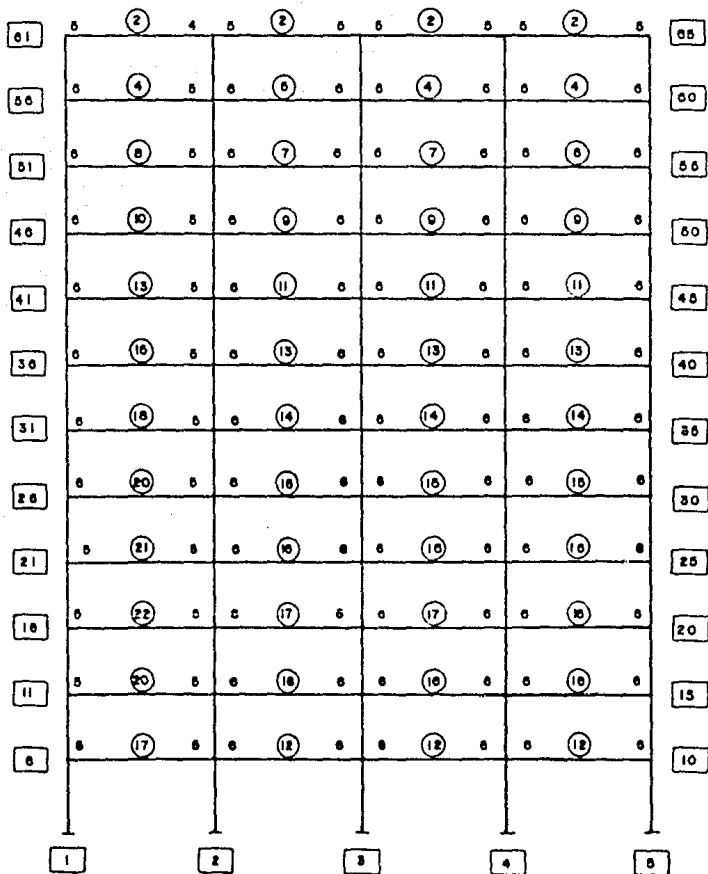


CORTANTES DEBIDO A CARGA VERTICAL  
Y SISMO EN TRABES

# CARGA VERTICAL

⊕ SISMO

# NUDO



MARCO A y F

# MOMENTOS DEBIDO A CARGA VERTICAL Y SISMO EN COLUMNAS

\*\* CARGA VERTICAL

⊙ SISMO

⊠ NUDDO

|           |       |   |       |   |       |   |       |   |      |      |
|-----------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|------|------|
| ⊠ 61<br>4 | ⊙ 5   | 2 | ⊙ 12  | 0 | ⊙ 16  | 1 | ⊙ 13  | 6 | ⊠ 65 | ⊙ 6  |
| ⊠ 56<br>3 | ⊙ 1   | 1 | ⊙ 8   | 0 | ⊙ 9   | 0 | ⊙ 8   | 4 | ⊠ 60 | ⊙ 1  |
| ⊠ 51<br>4 | ⊙ 12  | 2 | ⊙ 20  | 0 | ⊙ 21  | 1 | ⊙ 20  | 4 | ⊠ 55 | ⊙ 13 |
| ⊠ 46<br>4 | ⊙ 6   | 2 | ⊙ 14  | 0 | ⊙ 16  | 1 | ⊙ 16  | 4 | ⊠ 50 | ⊙ 7  |
| ⊠ 41<br>4 | ⊙ 18  | 2 | ⊙ 32  | 0 | ⊙ 33  | 1 | ⊙ 31  | 5 | ⊠ 45 | ⊙ 17 |
| ⊠ 36<br>3 | ⊙ 9   | 2 | ⊙ 23  | 0 | ⊙ 23  | 1 | ⊙ 22  | 4 | ⊠ 40 | ⊙ 8  |
| ⊠ 31<br>3 | ⊙ 23  | 2 | ⊙ 30  | 0 | ⊙ 30  | 1 | ⊙ 37  | 4 | ⊠ 35 | ⊙ 22 |
| ⊠ 26<br>3 | ⊙ 14  | 2 | ⊙ 20  | 0 | ⊙ 20  | 1 | ⊙ 27  | 4 | ⊠ 30 | ⊙ 13 |
| ⊠ 21<br>3 | ⊙ 20  | 2 | ⊙ 40  | 0 | ⊙ 48  | 1 | ⊙ 47  | 5 | ⊠ 25 | ⊙ 26 |
| ⊠ 16<br>3 | ⊙ 16  | 2 | ⊙ 36  | 0 | ⊙ 35  | 1 | ⊙ 34  | 4 | ⊠ 20 | ⊙ 13 |
| ⊠ 11<br>3 | ⊙ 32  | 2 | ⊙ 54  | 0 | ⊙ 53  | 1 | ⊙ 51  | 4 | ⊠ 15 | ⊙ 30 |
| ⊠ 6<br>3  | ⊙ 10  | 2 | ⊙ 42  | 0 | ⊙ 41  | 1 | ⊙ 40  | 4 | ⊠ 10 | ⊙ 17 |
| ⊠ 1<br>2  | ⊙ 34  | 2 | ⊙ 59  | 0 | ⊙ 67  | 1 | ⊙ 56  | 4 | ⊠ 5  | ⊙ 32 |
|           | ⊙ 23  | 2 | ⊙ 49  | 0 | ⊙ 47  | 1 | ⊙ 46  | 4 |      | ⊙ 20 |
|           | ⊙ 27  | 2 | ⊙ 53  | 0 | ⊙ 51  | 1 | ⊙ 50  | 4 |      | ⊙ 33 |
|           | ⊙ 30  | 1 | ⊙ 55  | 0 | ⊙ 52  | 1 | ⊙ 51  | 4 |      | ⊙ 20 |
|           | ⊙ 34  | 2 | ⊙ 55  | 0 | ⊙ 52  | 0 | ⊙ 52  | 4 |      | ⊙ 31 |
|           | ⊙ 38  | 1 | ⊙ 54  | 0 | ⊙ 50  | 1 | ⊙ 50  | 4 |      | ⊙ 29 |
|           | ⊙ 39  | 1 | ⊙ 58  | 0 | ⊙ 57  | 0 | ⊙ 57  | 4 |      | ⊙ 29 |
|           | ⊙ 45  | 1 | ⊙ 71  | 0 | ⊙ 68  | 0 | ⊙ 68  | 4 |      | ⊙ 40 |
|           | ⊙ 13  | 1 | ⊙ 43  | 0 | ⊙ 42  | 0 | ⊙ 42  | 4 |      | ⊙ 10 |
|           | ⊙ 48  | 1 | ⊙ 66  | 0 | ⊙ 64  | 0 | ⊙ 64  | 4 |      | ⊙ 72 |
|           | ⊙ 8   | 1 | ⊙ 4   | 0 | ⊙ 6   | 0 | ⊙ 10  | 3 |      | ⊙ 24 |
|           | ⊙ 100 | 1 | ⊙ 106 | 0 | ⊙ 107 | 0 | ⊙ 101 | 2 |      | ⊙ 38 |
|           | ⊠ 1   |   | ⊠ 2   |   | ⊠ 3   |   | ⊠ 4   |   | ⊠ 5  |      |

M A R C O A y F

ESTADO DE CARGA No. 1 (CARGA VERTICAL)

CARGAS APLICADAS

| LC | TP DR | Del | Al | INC | PARAMETROS ( toneladas y metros ) |
|----|-------|-----|----|-----|-----------------------------------|
| 1  | UN YM | 1   | 44 | 1   | W= 1.700                          |
| 2  | UN YM | 45  | 48 | 1   | W= 1.500                          |

| NUDO | D E S P L A Z A M I E N T O S |                    | ROTACION             |
|------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
|      | DIRECCION X<br>(m)            | DIRECCION Y<br>(m) | DIRECCION Z<br>(RAD) |
| 1    | +0.00000000                   | +0.00000000        | +0.00000000          |
| 2    | +0.00000000                   | +0.00000000        | +0.00000000          |
| 3    | +0.00000000                   | +0.00000000        | +0.00000000          |
| 4    | +0.00000000                   | +0.00000000        | +0.00000000          |
| 5    | +0.00000000                   | +0.00000000        | +0.00000000          |
| 6    | +0.00000936                   | +0.00012819        | +0.00001527          |
| 7    | +0.00000427                   | +0.00024886        | +0.00000609          |
| 8    | -0.00000164                   | +0.00027668        | +0.00000128          |
| 9    | -0.00000713                   | +0.00027115        | +0.00000205          |
| 10   | -0.00001412                   | +0.00014610        | -0.00001785          |
| 11   | -0.00000203                   | +0.00024627        | +0.00001754          |
| 12   | -0.00000389                   | +0.00047615        | +0.00000950          |
| 13   | -0.00000843                   | +0.00053003        | +0.00000300          |
| 14   | -0.00001314                   | +0.00051901        | +0.00000085          |
| 15   | -0.00001525                   | +0.00028042        | -0.00001606          |
| 16   | -0.00001526                   | +0.00035392        | +0.00001945          |
| 17   | -0.00001671                   | +0.00068207        | +0.00001170          |
| 18   | -0.00001970                   | +0.00076005        | +0.00000444          |
| 19   | -0.00002247                   | +0.00074374        | +0.00000149          |
| 20   | -0.00002446                   | +0.00040279        | -0.00001469          |
| 21   | -0.00003637                   | +0.00045106        | +0.00002460          |
| 22   | -0.00003560                   | +0.00086679        | +0.00001489          |
| 23   | -0.00003520                   | +0.00096679        | +0.00000561          |
| 24   | -0.00003493                   | +0.00094546        | +0.00000211          |
| 25   | -0.00003307                   | +0.00051305        | -0.00001856          |
| 26   | -0.00004987                   | +0.00056453        | +0.00003263          |
| 27   | -0.00005145                   | +0.00108158        | +0.00001982          |
| 28   | -0.00005454                   | +0.00120761        | +0.00000795          |
| 29   | -0.00005746                   | +0.00118016        | +0.00000228          |
| 30   | -0.00005970                   | +0.00064174        | -0.00002517          |
| 31   | -0.00007408                   | +0.00066379        | +0.00003518          |
| 32   | -0.00007565                   | +0.00126891        | +0.00002265          |
| 33   | -0.00007866                   | +0.00141792        | +0.00000850          |
| 34   | -0.00008173                   | +0.00138494        | +0.00000205          |
| 35   | -0.00008315                   | +0.00075423        | -0.00002462          |
| 36   | -0.00010252                   | +0.00074862        | +0.00003764          |
| 37   | -0.00010396                   | +0.00142897        | +0.00002525          |
| 38   | -0.00010662                   | +0.00159779        | +0.00000972          |
| 39   | -0.00010908                   | +0.00155996        | +0.00000142          |
| 40   | -0.00011128                   | +0.00085035        | -0.00002454          |
| 41   | -0.00014333                   | +0.00081883        | +0.00004657          |

ESTADO DE CARGA No. 1 (CARGA VERTICAL)

| NUDO | D E S P L A Z A M I E N T O S |                    | ROTACION             |
|------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
|      | DIRECCION X<br>(m)            | DIRECCION Y<br>(m) | DIRECCION Z<br>(RAD) |
| 42   | -0.00014111                   | +0.00156192        | +0.00003024          |
| 43   | -0.00013760                   | +0.00174721        | +0.00001018          |
| 44   | -0.00013436                   | +0.00170533        | +0.00000022          |
| 45   | -0.00013045                   | +0.00092995        | -0.00003447          |
| 46   | -0.00016291                   | +0.00089501        | +0.00006044          |
| 47   | -0.00016556                   | +0.00170718        | +0.00003822          |
| 48   | -0.00016950                   | +0.00191038        | +0.00001062          |
| 49   | -0.00017314                   | +0.00186413        | -0.00000376          |
| 50   | -0.00017761                   | +0.00101641        | -0.00005036          |
| 51   | -0.00021439                   | +0.00095106        | +0.00007754          |
| 52   | -0.00021009                   | +0.00181541        | +0.00004635          |
| 53   | -0.00020313                   | +0.00203176        | +0.00001036          |
| 54   | -0.00019659                   | +0.00198238        | -0.00000739          |
| 55   | -0.00018952                   | +0.00108015        | -0.00007203          |
| 56   | -0.00022068                   | +0.00100357        | +0.00010112          |
| 57   | -0.00022683                   | +0.00191915        | +0.00006152          |
| 58   | -0.00023350                   | +0.00214771        | +0.00000967          |
| 59   | -0.00023989                   | +0.00209560        | -0.00002015          |
| 60   | -0.00025043                   | +0.00114008        | -0.00010190          |
| 61   | -0.00034133                   | +0.00102724        | +0.00019862          |
| 62   | -0.00031125                   | +0.00196856        | +0.00008837          |
| 63   | -0.00026119                   | +0.00220230        | +0.00000679          |
| 64   | -0.00021145                   | +0.00214940        | -0.00002933          |
| 65   | -0.00016659                   | +0.00116736        | -0.00023437          |

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F. AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1       | 6    | 0.000        | +0.347          | -5.165          | -5.264           |
|         |      | 3.000        | +0.347          | -0.065          | +2.582           |
| 1       | 7    | 6.000        | +0.347          | +5.035          | -4.872           |
|         |      |              |                 |                 |                  |
| 2       | 7    | 0.000        | +0.430          | -5.951          | -6.933           |
|         |      | 3.500        | +0.430          | -0.001          | +3.485           |
| 2       | 8    | 7.000        | +0.430          | +5.949          | -6.922           |
|         |      |              |                 |                 |                  |
| 3       | 8    | 0.000        | +0.399          | -5.938          | -6.900           |
|         |      | 3.500        | +0.399          | +0.012          | +3.469           |
| 3       | 9    | 7.000        | +0.399          | +5.962          | -6.988           |
|         |      |              |                 |                 |                  |
| 4       | 9    | 0.000        | +0.509          | -5.899          | -6.705           |
|         |      | 3.500        | +0.509          | +0.051          | +3.530           |
| 4       | 10   | 7.000        | +0.509          | +6.001          | -7.060           |
|         |      |              |                 |                 |                  |
| 5       | 11   | 0.000        | +0.158          | -5.272          | -5.588           |
|         |      | 3.000        | +0.158          | -0.172          | +2.578           |
| 5       | 12   | 6.000        | +0.158          | +4.928          | -4.556           |
|         |      |              |                 |                 |                  |

ESTADO DE CARGA No. 1 (CARGA VERTICAL)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F.AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 6       | 12   | 0.000        | +0.330         | -5.957          | -6.948           |
|         |      | 3.500        | +0.330         | -0.007          | +3.490           |
| 6       | 13   | 7.000        | +0.330         | +5.943          | -6.897           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 7       | 13   | 0.000        | +0.343         | -5.932          | -6.873           |
|         |      | 3.500        | +0.343         | +0.018          | +3.477           |
| 7       | 14   | 7.000        | +0.343         | +5.968          | -6.998           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 8       | 14   | 0.000        | +0.153         | -5.815          | -6.419           |
|         |      | 3.500        | +0.153         | +0.135          | +3.521           |
| 8       | 15   | 7.000        | +0.153         | +6.085          | -7.363           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 9       | 16   | 0.000        | +0.124         | -5.371          | -5.886           |
|         |      | 3.000        | +0.124         | -0.271          | +2.577           |
| 9       | 17   | 6.000        | +0.124         | +4.829          | -4.260           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 10      | 17   | 0.000        | +0.217         | -5.966          | -6.975           |
|         |      | 3.500        | +0.217         | -0.016          | +3.492           |
| 10      | 18   | 7.000        | +0.217         | +5.934          | -6.865           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 11      | 18   | 0.000        | +0.202         | -5.923          | -6.838           |
|         |      | 3.500        | +0.202         | +0.027          | +3.480           |
| 11      | 19   | 7.000        | +0.202         | +5.977          | -7.027           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 12      | 19   | 0.000        | +0.145         | -5.736          | -6.143           |
|         |      | 3.500        | +0.145         | +0.214          | +3.519           |
| 12      | 20   | 7.000        | +0.145         | +6.164          | -7.644           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 13      | 21   | 0.000        | -0.065         | -5.443          | -6.097           |
|         |      | 3.000        | -0.065         | -0.343          | +2.584           |
| 13      | 22   | 6.000        | -0.065         | +4.757          | -4.036           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 14      | 22   | 0.000        | -0.029         | -5.971          | -6.986           |
|         |      | 3.500        | -0.029         | -0.021          | +3.498           |
| 14      | 23   | 7.000        | -0.029         | +5.929          | -6.842           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 15      | 23   | 0.000        | -0.019         | -5.915          | -6.808           |
|         |      | 3.500        | -0.019         | +0.035          | +3.481           |
| 15      | 24   | 7.000        | -0.019         | +5.985          | -7.054           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 16      | 24   | 0.000        | -0.136         | -5.677          | -5.926           |
|         |      | 3.500        | -0.136         | +0.273          | +3.532           |
| 16      | 25   | 7.000        | -0.136         | +6.223          | -7.835           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 17      | 26   | 0.000        | +0.134         | -5.516          | -6.302           |
|         |      | 3.000        | +0.134         | -0.416          | +2.594           |
| 17      | 27   | 6.000        | +0.134         | +4.664          | -3.809           |
|         |      |              |                |                 |                  |
| 18      | 27   | 0.000        | +0.225         | -5.973          | -6.985           |
|         |      | 3.500        | +0.225         | -0.023          | +3.509           |

ESTADO DE CARGA No. 1 (CARGA VERTICAL)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F.AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 18      | 28   | 7.000        | +0.225         | +5.927          | -6.822           |
| 19      | 28   | 0.000        | +0.213         | -5.906          | -6.774           |
|         |      | 3.500        | +0.213         | +0.044          | +3.485           |
| 19      | 29   | 7.000        | +0.213         | +5.994          | -7.081           |
| 20      | 29   | 0.000        | +0.163         | -5.617          | -5.693           |
|         |      | 3.500        | +0.163         | +0.333          | +3.552           |
| 20      | 30   | 7.000        | +0.163         | +6.283          | -8.027           |
| 21      | 31   | 0.000        | +0.107         | -5.599          | -6.553           |
|         |      | 3.000        | +0.107         | -0.499          | +2.593           |
| 21      | 32   | 6.000        | +0.107         | +4.601          | -3.561           |
| 22      | 32   | 0.000        | +0.219         | -5.979          | -7.002           |
|         |      | 3.500        | +0.219         | -0.029          | +3.513           |
| 22      | 33   | 7.000        | +0.219         | +5.921          | -6.798           |
| 23      | 33   | 0.000        | +0.224         | -5.899          | -6.744           |
|         |      | 3.500        | +0.224         | +0.051          | +3.490           |
| 23      | 34   | 7.000        | +0.224         | +6.001          | -7.101           |
| 24      | 34   | 0.000        | +0.103         | -5.549          | -5.458           |
|         |      | 3.500        | +0.103         | +0.401          | +3.550           |
| 24      | 35   | 7.000        | +0.103         | +6.351          | -8.267           |
| 25      | 36   | 0.000        | +0.122         | -5.668          | -6.761           |
|         |      | 3.000        | +0.122         | -0.568          | +2.595           |
| 25      | 37   | 6.000        | +0.122         | +4.532          | -3.353           |
| 26      | 37   | 0.000        | +0.193         | -5.984          | -7.014           |
|         |      | 3.500        | +0.193         | -0.034          | +3.517           |
| 26      | 38   | 7.000        | +0.193         | +5.916          | -6.777           |
| 27      | 38   | 0.000        | +0.179         | -5.894          | -6.721           |
|         |      | 3.500        | +0.179         | +0.056          | +3.496           |
| 27      | 39   | 7.000        | +0.179         | +6.006          | -7.113           |
| 28      | 39   | 0.000        | +0.160         | -5.493          | -5.264           |
|         |      | 3.500        | +0.160         | +0.457          | +3.548           |
| 28      | 40   | 7.000        | +0.160         | +6.407          | -8.465           |
| 29      | 41   | 0.000        | -0.189         | -5.692          | -6.820           |
|         |      | 3.000        | -0.189         | -0.592          | +2.607           |
| 29      | 42   | 6.000        | -0.189         | +4.508          | -3.267           |
| 30      | 42   | 0.000        | -0.255         | -5.982          | -6.994           |
|         |      | 3.500        | -0.255         | -0.032          | +3.520           |
| 30      | 43   | 7.000        | -0.255         | +5.918          | -6.771           |

ESTADO DE CARGA No. 1 (CARGA VERTICAL)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F.AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 31      | 43   | 0.000        | -0.235         | -5.893          | -6.713           |
|         |      | 3.500        | -0.235         | +0.057          | +3.500           |
| 31      | 44   | 7.000        | -0.235         | +6.007          | -7.111           |
| 32      | 44   | 0.000        | -0.285         | -5.473          | -5.170           |
|         |      | 3.500        | -0.285         | +0.477          | +3.574           |
| 32      | 45   | 7.000        | -0.285         | +6.427          | -8.508           |
| 33      | 46   | 0.000        | +0.224         | -5.696          | -6.812           |
|         |      | 3.000        | +0.224         | -0.596          | +2.627           |
| 33      | 47   | 6.000        | +0.224         | +4.504          | -3.234           |
| 34      | 47   | 0.000        | +0.287         | -5.973          | -6.942           |
|         |      | 3.500        | +0.287         | -0.023          | +3.553           |
| 34      | 48   | 7.000        | +0.287         | +5.927          | -6.778           |
| 35      | 48   | 0.000        | +0.265         | -5.899          | -6.720           |
|         |      | 3.500        | +0.265         | +0.051          | +3.514           |
| 35      | 49   | 7.000        | +0.265         | +6.001          | -7.078           |
| 36      | 49   | 0.000        | +0.325         | -5.471          | -5.127           |
|         |      | 3.500        | +0.325         | +0.479          | +3.609           |
| 36      | 50   | 7.000        | +0.325         | +6.429          | -8.479           |
| 37      | 51   | 0.000        | -0.364         | -5.669          | -6.699           |
|         |      | 3.000        | -0.364         | -0.569          | +2.658           |
| 37      | 52   | 6.000        | -0.364         | +4.531          | -3.284           |
| 38      | 52   | 0.000        | -0.507         | -5.963          | -6.880           |
|         |      | 3.500        | -0.507         | -0.013          | +3.578           |
| 38      | 53   | 7.000        | -0.507         | +5.937          | -6.789           |
| 39      | 53   | 0.000        | -0.476         | -5.907          | -6.737           |
|         |      | 3.500        | -0.476         | +0.043          | +3.524           |
| 39      | 54   | 7.000        | -0.476         | +5.992          | -7.041           |
| 40      | 54   | 0.000        | -0.514         | -5.496          | -5.160           |
|         |      | 3.500        | -0.514         | +0.454          | +3.663           |
| 40      | 55   | 7.000        | -0.514         | +6.404          | -8.339           |
| 41      | 56   | 0.000        | +0.522         | -5.594          | -6.445           |
|         |      | 3.000        | +0.522         | -0.494          | +2.687           |
| 41      | 57   | 6.000        | +0.522         | +4.606          | -3.481           |
| 42      | 57   | 0.000        | +0.486         | -5.935          | -6.735           |
|         |      | 3.500        | +0.486         | +0.015          | +3.625           |
| 42      | 58   | 7.000        | +0.486         | +5.965          | -6.840           |
| 43      | 58   | 0.000        | +0.465         | -5.929          | -6.914           |
|         |      | 3.500        | +0.465         | +0.011          | +3.559           |

ESTADO DE CARGA No. 1 (CARGA VERTICAL)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F. AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 43      | 59   | 7.000        | +0.465          | +5.961          | -6.892           |
| 44      | 59   | 0.000        | +0.766          | -5.566          | -5.354           |
|         |      | 3.500        | +0.766          | +0.384          | +3.714           |
| 44      | 60   | 7.000        | +0.766          | +6.334          | -8.044           |
| 45      | 61   | 0.000        | -2.553          | -4.593          | -4.396           |
|         |      | 3.000        | -2.553          | -0.093          | +2.632           |
| 45      | 62   | 6.000        | -2.553          | +4.407          | -3.839           |
| 46      | 62   | 0.000        | -3.642          | -5.178          | -5.630           |
|         |      | 3.500        | -3.642          | +0.072          | +3.305           |
| 46      | 63   | 7.000        | -3.642          | +5.322          | -6.136           |
| 47      | 63   | 0.000        | -3.619          | -5.269          | -6.084           |
|         |      | 3.500        | -3.619          | -0.019          | +3.170           |
| 47      | 64   | 7.000        | -3.619          | +5.231          | -5.952           |
| 48      | 64   | 0.000        | -3.264          | -5.207          | -5.365           |
|         |      | 3.500        | -3.264          | +0.043          | +3.672           |
| 48      | 65   | 7.000        | -3.264          | +5.293          | -5.666           |
| 49      | 1    | 0.000        | -65.279         | +1.433          | +1.624           |
| 49      | 6    | 3.000        | -65.279         | +1.433          | -2.674           |
| 50      | 6    | 0.000        | -60.113         | +1.779          | +2.591           |
| 50      | 11   | 3.000        | -60.113         | +1.779          | -2.747           |
| 51      | 11   | 0.000        | -54.841         | +1.937          | +2.840           |
| 51      | 16   | 3.000        | -54.841         | +1.937          | -2.972           |
| 52      | 16   | 0.000        | -49.470         | +2.061          | +2.915           |
| 52      | 21   | 3.000        | -49.470         | +2.061          | -3.269           |
| 53      | 21   | 0.000        | -44.027         | +1.996          | +2.828           |
| 53      | 26   | 3.000        | -44.027         | +1.996          | -3.160           |
| 54      | 26   | 0.000        | -38.511         | +2.130          | +3.142           |
| 54      | 31   | 3.000        | -38.511         | +2.130          | -3.248           |
| 55      | 31   | 0.000        | -32.913         | +2.237          | +3.305           |
| 55      | 36   | 3.000        | -32.913         | +2.237          | -3.407           |
| 56      | 36   | 0.000        | -27.245         | +2.359          | +3.354           |
| 56      | 41   | 3.000        | -27.245         | +2.359          | -3.724           |
| 57      | 41   | 0.000        | -21.552         | +2.171          | +3.096           |
| 57      | 46   | 3.000        | -21.552         | +2.171          | -3.417           |
| 58      | 46   | 0.000        | -15.856         | +2.395          | +3.395           |



ESTADO DE CARGA No. 1 (CARGA VERTICAL)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F.AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 58      | 51   | 3.000        | -15.856        | +2.395          | -3.790           |
| 59      | 51   | 0.000        | -10.187        | +2.031          | +2.909           |
| 59      | 56   | 3.000        | -10.187        | +2.031          | -3.183           |
| 60      | 56   | 0.000        | -4.593         | +2.553          | +3.262           |
| 60      | 61   | 3.000        | -4.593         | +2.553          | -4.396           |
| 61      | 2    | 0.000        | -126.734       | +0.615          | +0.712           |
| 61      | 7    | 3.000        | -126.734       | +0.615          | -1.131           |
| 62      | 7    | 0.000        | -115.748       | +0.697          | +0.929           |
| 62      | 12   | 3.000        | -115.748       | +0.697          | -1.163           |
| 63      | 12   | 0.000        | -104.862       | +0.870          | +1.229           |
| 63      | 17   | 3.000        | -104.862       | +0.870          | -1.380           |
| 64      | 17   | 0.000        | -94.068        | +0.963          | +1.335           |
| 64      | 22   | 3.000        | -94.068        | +0.963          | -1.554           |
| 65      | 22   | 0.000        | -83.340        | +0.999          | +1.396           |
| 65      | 27   | 3.000        | -83.340        | +0.999          | -1.600           |
| 66      | 27   | 0.000        | -72.683        | +1.090          | +1.576           |
| 66      | 32   | 3.000        | -72.683        | +1.090          | -1.693           |
| 67      | 32   | 0.000        | -62.102        | +1.201          | +1.748           |
| 67      | 37   | 3.000        | -62.102        | +1.201          | -1.856           |
| 68      | 37   | 0.000        | -51.586        | +1.272          | +1.805           |
| 68      | 42   | 3.000        | -51.586        | +1.272          | -2.011           |
| 69      | 42   | 0.000        | -41.097        | +1.205          | +1.716           |
| 69      | 47   | 3.000        | -41.097        | +1.205          | -1.900           |
| 70      | 47   | 0.000        | -30.620        | +1.268          | +1.808           |
| 70      | 52   | 3.000        | -30.620        | +1.268          | -1.996           |
| 71      | 52   | 0.000        | -20.126        | +1.126          | +1.500           |
| 71      | 57   | 3.000        | -20.126        | +1.126          | -1.777           |
| 72      | 57   | 0.000        | -9.585         | +1.089          | +1.478           |
| 72      | 62   | 3.000        | -9.585         | +1.089          | -1.790           |
| 73      | 3    | 0.000        | -140.901       | +0.013          | -0.025           |
| 73      | 8    | 3.000        | -140.901       | +0.013          | -0.065           |
| 74      | 8    | 0.000        | -129.015       | -0.017          | -0.085           |
| 74      | 13   | 3.000        | -129.015       | -0.017          | -0.033           |

ESTADO DE CARGA No. 1 (CARGA VERTICAL)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F.AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 75      | 13   | 0.000        | -117.140       | -0.005          | -0.057           |
| 75      | 18   | 3.000        | -117.140       | -0.005          | -0.043           |
| 76      | 18   | 0.000        | -105.283       | -0.020          | -0.069           |
| 76      | 23   | 3.000        | -105.283       | -0.020          | -0.011           |
| 77      | 23   | 0.000        | -93.438        | -0.010          | -0.045           |
| 77      | 28   | 3.000        | -93.438        | -0.010          | -0.015           |
| 78      | 28   | 0.000        | -81.605        | -0.022          | -0.063           |
| 78      | 33   | 3.000        | -81.605        | -0.022          | +0.003           |
| 79      | 33   | 0.000        | -69.785        | -0.017          | -0.051           |
| 79      | 38   | 3.000        | -69.785        | -0.017          | +0.000           |
| 80      | 38   | 0.000        | -57.975        | -0.031          | -0.056           |
| 80      | 43   | 3.000        | -57.975        | -0.031          | +0.037           |
| 81      | 43   | 0.000        | -46.164        | -0.011          | -0.021           |
| 81      | 48   | 3.000        | -46.164        | -0.011          | +0.011           |
| 82      | 48   | 0.000        | -34.338        | -0.033          | -0.047           |
| 82      | 53   | 3.000        | -34.338        | -0.033          | +0.053           |
| 83      | 53   | 0.000        | -22.495        | -0.003          | +0.000           |
| 83      | 58   | 3.000        | -22.495        | -0.003          | +0.008           |
| 84      | 58   | 0.000        | -10.591        | -0.023          | -0.018           |
| 84      | 63   | 3.000        | -10.591        | -0.023          | +0.052           |
| 85      | 4    | 0.000        | -138.085       | -0.186          | -0.349           |
| 85      | 9    | 3.000        | -138.085       | -0.186          | +0.209           |
| 86      | 9    | 0.000        | -126.223       | -0.077          | -0.074           |
| 86      | 14   | 3.000        | -126.223       | -0.077          | +0.156           |
| 87      | 14   | 0.000        | -114.440       | -0.266          | -0.422           |
| 87      | 19   | 3.000        | -114.440       | -0.266          | +0.378           |
| 88      | 19   | 0.000        | -102.727       | -0.324          | -0.507           |
| 88      | 24   | 3.000        | -102.727       | -0.324          | +0.465           |
| 89      | 24   | 0.000        | -91.065        | -0.440          | -0.664           |
| 89      | 29   | 3.000        | -91.065        | -0.440          | +0.657           |
| 90      | 29   | 0.000        | -79.455        | -0.490          | -0.731           |
| 90      | 34   | 3.000        | -79.455        | -0.490          | +0.740           |
| 91      | 34   | 0.000        | -67.905        | -0.611          | -0.903           |
| 91      | 39   | 3.000        | -67.905        | -0.611          | +0.929           |

## ESTADO DE CARGA No. 1 (CARGA VERTICAL)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F.AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 92      | 39   | 0.000        | -56.407        | -0.630          | -0.920           |
| 92      | 44   | 3.000        | -56.407        | -0.630          | +0.969           |
| 93      | 44   | 0.000        | -44.927        | -0.679          | -0.973           |
| 93      | 49   | 3.000        | -44.927        | -0.679          | +1.055           |
| 94      | 49   | 0.000        | -33.454        | -0.619          | -0.886           |
| 94      | 54   | 3.000        | -33.454        | -0.619          | +0.930           |
| 95      | 54   | 0.000        | -21.965        | -0.657          | -0.911           |
| 95      | 59   | 3.000        | -21.965        | -0.657          | +1.059           |
| 96      | 59   | 0.000        | -10.438        | -0.355          | -0.479           |
| 96      | 64   | 3.000        | -10.438        | -0.355          | +0.586           |
| 97      | 5    | 0.000        | -74.402        | -1.874          | -2.198           |
| 97      | 10   | 3.000        | -74.402        | -1.874          | +3.425           |
| 98      | 10   | 0.000        | -68.401        | -2.383          | -3.636           |
| 98      | 15   | 3.000        | -68.401        | -2.383          | +3.513           |
| 99      | 15   | 0.000        | -62.317        | -2.526          | -3.851           |
| 99      | 20   | 3.000        | -62.317        | -2.526          | +3.757           |
| 100     | 20   | 0.000        | -56.152        | -2.681          | -3.888           |
| 100     | 25   | 3.000        | -56.152        | -2.681          | +4.154           |
| 101     | 25   | 0.000        | -49.929        | -2.945          | -3.681           |
| 101     | 30   | 3.000        | -49.929        | -2.945          | +3.954           |
| 102     | 30   | 0.000        | -43.646        | -2.708          | -4.073           |
| 102     | 35   | 3.000        | -43.646        | -2.708          | +4.050           |
| 103     | 35   | 0.000        | -37.295        | -2.811          | -4.218           |
| 103     | 40   | 3.000        | -37.295        | -2.811          | +4.214           |
| 104     | 40   | 0.000        | -30.887        | -2.971          | -4.251           |
| 104     | 45   | 3.000        | -30.887        | -2.971          | +4.662           |
| 105     | 45   | 0.000        | -24.460        | -2.686          | -3.846           |
| 105     | 50   | 3.000        | -24.460        | -2.686          | +4.213           |
| 106     | 50   | 0.000        | -18.031        | -3.011          | -4.266           |
| 106     | 55   | 3.000        | -18.031        | -3.011          | +4.767           |
| 107     | 55   | 0.000        | -11.627        | -2.497          | -3.572           |
| 107     | 60   | 3.000        | -11.627        | -2.497          | +3.920           |
| 108     | 60   | 0.000        | -5.293         | -3.264          | -4.124           |
| 108     | 65   | 3.000        | -5.293         | -3.264          | +5.666           |

ESTADO DE CARGA No. 1 (CARGA VERTICAL)

| NUDO | R E A C C I O N E S   E N   L O S |                    | A P O Y O S          |
|------|-----------------------------------|--------------------|----------------------|
|      | DIRECCION X<br>(T)                | DIRECCION Y<br>(T) | DIRECCION Z<br>(T*m) |
| 1    | -1.433                            | -65.279            | +1.624               |
| 2    | -0.615                            | -126.734           | +0.712               |
| 3    | -0.013                            | -140.901           | -0.025               |
| 4    | +0.186                            | -138.085           | -0.349               |
| 5    | +1.874                            | -74.402            | -2.198               |

ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

CARGAS AFLICADAS

| LC    | TF       | DR | Del | A1 | INC | PARAMETROS ( toneladas y metros ) |       |       |
|-------|----------|----|-----|----|-----|-----------------------------------|-------|-------|
| CARGA | ELEMENTO |    |     |    |     | Fx=                               | Fy=   | Mz=   |
| 1     | AN       | EE | 61  | 61 | 1   | 26.000                            | 0.000 | 0.000 |
| 2     | AN       | EE | 56  | 56 | 1   | 22.000                            | 0.000 | 0.000 |
| 3     | AN       | EE | 51  | 51 | 1   | 24.000                            | 0.000 | 0.000 |
| 4     | AN       | EE | 46  | 46 | 1   | 19.000                            | 0.000 | 0.000 |
| 5     | AN       | EE | 41  | 41 | 1   | 18.000                            | 0.000 | 0.000 |
| 6     | AN       | EE | 36  | 36 | 1   | 17.000                            | 0.000 | 0.000 |
| 7     | AN       | EE | 31  | 31 | 1   | 15.000                            | 0.000 | 0.000 |
| 8     | AN       | EE | 26  | 26 | 1   | 15.000                            | 0.000 | 0.000 |
| 9     | AN       | EE | 21  | 21 | 1   | 11.000                            | 0.000 | 0.000 |
| 10    | AN       | EE | 16  | 16 | 1   | 8.000                             | 0.000 | 0.000 |
| 11    | AN       | EE | 11  | 11 | 1   | 8.000                             | 0.000 | 0.000 |
| 12    | AN       | EE | 6   | 6  | 1   | 69.000                            | 0.000 | 0.000 |

| NUDO | D E S P L A Z A M I E N T O S |                    | ROTACION             |
|------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
|      | DIRECCION X<br>(m)            | DIRECCION Y<br>(m) | DIRECCION Z<br>(RAD) |
| 1    | +0.00000000                   | +0.00000000        | +0.00000000          |
| 2    | +0.00000000                   | +0.00000000        | +0.00000000          |
| 3    | +0.00000000                   | +0.00000000        | +0.00000000          |
| 4    | +0.00000000                   | +0.00000000        | +0.00000000          |
| 5    | +0.00000000                   | +0.00000000        | +0.00000000          |
| 6    | +0.00519137                   | +0.00033270        | -0.00257415          |
| 7    | +0.00485665                   | -0.00006393        | -0.00239672          |
| 8    | +0.00465313                   | -0.00000345        | -0.00237111          |
| 9    | +0.00453176                   | -0.00000635        | -0.00233947          |
| 10   | +0.00443511                   | -0.00025897        | -0.00243171          |
| 11   | +0.01411771                   | +0.00063247        | -0.00308040          |
| 12   | +0.01396035                   | -0.00011886        | -0.00302923          |
| 13   | +0.01379478                   | -0.00000652        | -0.00307928          |
| 14   | +0.01366800                   | -0.00001264        | -0.00309582          |
| 15   | +0.01358625                   | -0.00049445        | -0.00324630          |
| 16   | +0.02432804                   | +0.00089236        | -0.00335223          |
| 17   | +0.02426327                   | -0.00016461        | -0.00321460          |
| 18   | +0.02418080                   | -0.00000976        | -0.00324174          |
| 19   | +0.02411257                   | -0.00001909        | -0.00325933          |
| 20   | +0.02406827                   | -0.00069891        | -0.00340546          |
| 21   | +0.02493143                   | +0.00110996        | -0.00337760          |
| 22   | +0.03481149                   | -0.00020058        | -0.00318910          |
| 23   | +0.03472572                   | -0.00001298        | -0.00319922          |
| 24   | +0.03467939                   | -0.00002539        | -0.00320265          |
| 25   | +0.03467746                   | -0.00087101        | -0.00337797          |
| 26   | +0.04562946                   | +0.00134081        | -0.00321094          |
| 27   | +0.04549478                   | -0.00023350        | -0.00329227          |
| 28   | +0.04538367                   | -0.00001693        | -0.00299703          |
| 29   | +0.04531355                   | -0.00003328        | -0.00299711          |
| 30   | +0.04528067                   | -0.00105530        | -0.00321355          |
| 31   | +0.05552449                   | +0.00152102        | -0.00292849          |

ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

| NUDO | D E S P L A Z A M I E N T O S |                    | ROTACION             |
|------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
|      | DIRECCION X<br>(m)            | DIRECCION Y<br>(m) | DIRECCION Z<br>(RAD) |
| 32   | +0.05537061                   | -0.00025905        | -0.00273170          |
| 33   | +0.05524541                   | -0.00002052        | -0.00274047          |
| 34   | +0.05516630                   | -0.00004071        | -0.00274715          |
| 35   | +0.05513848                   | -0.00120074        | -0.00293883          |
| 36   | +0.06446559                   | +0.00165597        | -0.00262186          |
| 37   | +0.06430427                   | -0.00027389        | -0.00245063          |
| 38   | +0.06416834                   | -0.00002373        | -0.00245218          |
| 39   | +0.06408195                   | -0.00004730        | -0.00246254          |
| 40   | +0.06404373                   | -0.00131105        | -0.00245063          |
| 41   | +0.07241425                   | +0.00175136        | -0.00234679          |
| 42   | +0.07221757                   | -0.00028182        | -0.00214336          |
| 43   | +0.07206592                   | -0.00002651        | -0.00214396          |
| 44   | +0.07198300                   | -0.00005271        | -0.00215565          |
| 45   | +0.07197127                   | -0.00139032        | -0.00235420          |
| 46   | +0.07968406                   | +0.00183548        | -0.00196436          |
| 47   | +0.07950142                   | -0.00028523        | -0.00173672          |
| 48   | +0.07934315                   | -0.00002971        | -0.00172670          |
| 49   | +0.07923935                   | -0.00005866        | -0.00174080          |
| 50   | +0.07919002                   | -0.00146188        | -0.00195268          |
| 51   | +0.08558692                   | +0.00188292        | -0.00158691          |
| 52   | +0.08533660                   | -0.00028379        | -0.00135019          |
| 53   | +0.08514125                   | -0.00003221        | -0.00132934          |
| 54   | +0.08503370                   | -0.00006311        | -0.00125272          |
| 55   | +0.08501119                   | -0.00150382        | -0.00157780          |
| 56   | +0.09026390                   | +0.00191254        | -0.00107218          |
| 57   | +0.09015104                   | -0.00027823        | -0.00086939          |
| 58   | +0.08996954                   | -0.00003483        | -0.00083183          |
| 59   | +0.08984790                   | -0.00006756        | -0.00086095          |
| 60   | +0.08979308                   | -0.00153191        | -0.00105571          |
| 61   | +0.09330741                   | +0.00192051        | -0.00070249          |
| 62   | +0.09302681                   | -0.00027427        | -0.00047555          |
| 63   | +0.09279101                   | -0.00003631        | -0.00036550          |
| 64   | +0.09266459                   | -0.00006959        | -0.00044062          |
| 65   | +0.09263027                   | -0.00154034        | -0.00062172          |

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F.AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 1       | 6    | 0.000        | +28.409        | -16.769         | -50.923          |
|         |      | 3.000        | +28.409        | -16.769         | -0.615           |
| 1       | 7    | 6.000        | +28.409        | -16.769         | +49.694          |
| 2       | 7    | 0.000        | +14.806        | -12.184         | -42.720          |
|         |      | 3.500        | +14.806        | -12.184         | -0.076           |
| 2       | 8    | 7.000        | +14.806        | -12.184         | +42.568          |
| 3       | 8    | 0.000        | +8.830         | -11.992         | -42.067          |
|         |      | 3.500        | +8.830         | -11.992         | -0.094           |

ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

| NUDO | DESPLAZAMIENTOS    |                    | ROTACION             |
|------|--------------------|--------------------|----------------------|
|      | DIRECCION X<br>(m) | DIRECCION Y<br>(m) | DIRECCION Z<br>(RAD) |
| 32   | +0.05537061        | -0.00025905        | -0.00273170          |
| 33   | +0.05524541        | -0.00002052        | -0.00274047          |
| 34   | +0.05516630        | -0.00004071        | -0.00274715          |
| 35   | +0.05513848        | -0.00120074        | -0.00293883          |
| 36   | +0.06446559        | +0.00165597        | -0.00262186          |
| 37   | +0.06430427        | -0.00027389        | -0.00245063          |
| 38   | +0.06416834        | -0.00002373        | -0.00245218          |
| 39   | +0.06408195        | -0.00004730        | -0.00246254          |
| 40   | +0.06404373        | -0.00131105        | -0.00262741          |
| 41   | +0.07241425        | +0.00175136        | -0.00234679          |
| 42   | +0.07221757        | -0.00028182        | -0.00214336          |
| 43   | +0.07206592        | -0.00002651        | -0.00214396          |
| 44   | +0.07198370        | -0.00005271        | -0.00215565          |
| 45   | +0.07197127        | -0.00139032        | -0.00235420          |
| 46   | +0.07968406        | +0.00183548        | -0.00196436          |
| 47   | +0.07950142        | -0.00028523        | -0.00173672          |
| 48   | +0.07934315        | -0.00002971        | -0.00172630          |
| 49   | +0.07923935        | -0.00005866        | -0.00174080          |
| 50   | +0.07919002        | -0.00146188        | -0.00195268          |
| 51   | +0.08558692        | +0.00188292        | -0.00158691          |
| 52   | +0.08533660        | -0.00028379        | -0.00135019          |
| 53   | +0.08514125        | -0.00003221        | -0.00132934          |
| 54   | +0.08503370        | -0.00006311        | -0.00135272          |
| 55   | +0.08501119        | -0.00150382        | -0.00157780          |
| 56   | +0.09006390        | +0.00191254        | -0.00107218          |
| 57   | +0.09015104        | -0.00027823        | -0.00086939          |
| 58   | +0.08996954        | -0.00003483        | -0.00083183          |
| 59   | +0.08984790        | -0.00006756        | -0.00086095          |
| 60   | +0.08979338        | -0.00153191        | -0.00105571          |
| 61   | +0.09330741        | +0.00192051        | -0.00070249          |
| 62   | +0.09302681        | -0.00027427        | -0.00047555          |
| 63   | +0.09279101        | -0.00003631        | -0.00036550          |
| 64   | +0.09266459        | -0.00006959        | -0.00044062          |
| 65   | +0.09263037        | -0.00154034        | -0.00062172          |

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F. AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1       | 6    | 0.000        | +28.409         | -16.769         | -50.923          |
|         |      | 3.000        | +28.409         | -16.769         | -0.615           |
| 1       | 7    | 6.000        | +28.409         | -16.769         | +49.694          |
| 2       | 7    | 0.000        | +14.806         | -12.184         | -42.730          |
|         |      | 3.500        | +14.806         | -12.184         | -0.076           |
| 2       | 8    | 7.000        | +14.806         | -12.184         | +42.568          |
| 3       | 8    | 0.000        | +8.830          | -11.992         | -42.067          |
|         |      | 3.500        | +8.830          | -11.992         | -0.094           |

ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F.AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 3       | 9    | 7.000        | +8.830         | -11.992         | +41.879          |
| 4       | 9    | 0.000        | +7.031         | -11.965         | -41.603          |
|         |      | 3.500        | +7.031         | -11.965         | +0.274           |
|         |      | 7.000        | +7.031         | -11.965         | +42.151          |
| 5       | 11   | 0.000        | +13.356        | -20.306         | -61.096          |
|         |      | 3.000        | +13.356        | -20.306         | -0.177           |
| 5       | 12   | 6.000        | +13.356        | -20.306         | +60.742          |
| 6       | 12   | 0.000        | +12.045        | -15.636         | -54.576          |
|         |      | 3.500        | +12.045        | -15.636         | +0.149           |
| 6       | 13   | 7.000        | +12.045        | -15.636         | +54.873          |
| 7       | 13   | 0.000        | +9.223         | -15.719         | -54.967          |
|         |      | 3.500        | +9.223         | -15.719         | +0.049           |
| 7       | 14   | 7.000        | +9.223         | -15.719         | +55.065          |
| 8       | 14   | 0.000        | +5.947         | -15.798         | -54.846          |
|         |      | 3.500        | +5.947         | -15.798         | +0.447           |
| 8       | 15   | 7.000        | +5.947         | -15.798         | +55.740          |
| 9       | 16   | 0.000        | +5.583         | -21.538         | -65.090          |
|         |      | 3.000        | +5.583         | -21.538         | -0.477           |
| 9       | 17   | 6.000        | +5.583         | -21.538         | +64.136          |
| 10      | 17   | 0.000        | +5.927         | -16.552         | -57.852          |
|         |      | 3.500        | +5.927         | -16.552         | +0.081           |
| 10      | 18   | 7.000        | +5.927         | -16.552         | +58.013          |
| 11      | 18   | 0.000        | +4.964         | -16.547         | -57.861          |
|         |      | 3.500        | +4.964         | -16.547         | +0.052           |
| 11      | 19   | 7.000        | +4.964         | -16.547         | +57.965          |
| 12      | 19   | 0.000        | +3.223         | -16.476         | -57.231          |
|         |      | 3.500        | +3.223         | -16.476         | +0.424           |
| 12      | 20   | 7.000        | +3.223         | -16.476         | +58.099          |
| 13      | 21   | 0.000        | +10.180        | -21.244         | -64.387          |
|         |      | 3.000        | +10.180        | -21.244         | -0.653           |
| 13      | 22   | 6.000        | +10.180        | -21.244         | +63.080          |
| 14      | 22   | 0.000        | +6.240         | -16.403         | -57.379          |
|         |      | 3.500        | +6.240         | -16.403         | +0.030           |
| 14      | 23   | 7.000        | +6.240         | -16.403         | +57.440          |
| 15      | 23   | 0.000        | +3.370         | -16.292         | -57.011          |
|         |      | 3.500        | +3.370         | -16.292         | +0.010           |
| 15      | 24   | 7.000        | +3.370         | -16.292         | +57.021          |



ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F.AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 16      | 24   | 0.000        | +0.140         | -16.141         | -53.972          |
|         |      | 3.500        | +0.140         | -16.141         | +0.521           |
| 16      | 25   | 7.000        | +0.140         | -16.141         | +57.013          |
| 17      | 26   | 0.000        | +11.432        | -19.647         | -59.729          |
|         |      | 3.000        | +11.432        | -19.647         | -0.789           |
| 17      | 27   | 6.000        | +11.432        | -19.647         | +58.151          |
| 18      | 27   | 0.000        | +8.083         | -15.386         | -53.811          |
|         |      | 3.500        | +8.083         | -15.386         | +0.041           |
| 18      | 28   | 7.000        | +8.083         | -15.386         | +53.893          |
| 19      | 28   | 0.000        | +5.101         | -15.251         | -53.377          |
|         |      | 3.500        | +5.101         | -15.251         | +0.000           |
| 19      | 29   | 7.000        | +5.101         | -15.251         | +53.378          |
| 20      | 29   | 0.000        | +2.392         | -15.070         | -52.103          |
|         |      | 3.500        | +2.392         | -15.070         | +0.643           |
| 20      | 30   | 7.000        | +2.392         | -15.070         | +53.389          |
| 21      | 31   | 0.000        | +13.060        | -17.560         | -53.363          |
|         |      | 3.000        | +13.060        | -17.560         | -0.682           |
| 21      | 32   | 6.000        | +13.060        | -17.560         | +51.999          |
| 22      | 32   | 0.000        | +9.109         | -14.107         | -49.349          |
|         |      | 3.500        | +9.109         | -14.107         | +0.026           |
| 22      | 33   | 7.000        | +9.109         | -14.107         | +49.401          |
| 23      | 33   | 0.000        | +5.755         | -13.958         | -48.834          |
|         |      | 3.500        | +5.755         | -13.958         | +0.020           |
| 23      | 34   | 7.000        | +5.755         | -13.958         | +48.873          |
| 24      | 34   | 0.000        | +2.024         | -13.634         | -47.150          |
|         |      | 3.500        | +2.024         | -13.634         | +0.569           |
| 24      | 35   | 7.000        | +2.024         | -13.634         | +48.288          |
| 25      | 36   | 0.000        | +13.692        | -15.350         | -46.645          |
|         |      | 3.000        | +13.692        | -15.350         | -0.593           |
| 25      | 37   | 6.000        | +13.692        | -15.350         | +45.458          |
| 26      | 37   | 0.000        | +9.889         | -12.666         | -44.326          |
|         |      | 3.500        | +9.889         | -12.666         | +0.005           |
| 26      | 38   | 7.000        | +9.889         | -12.666         | +44.335          |
| 27      | 38   | 0.000        | +6.285         | -12.497         | -43.709          |
|         |      | 3.500        | +6.285         | -12.497         | +0.031           |
| 27      | 39   | 7.000        | +6.285         | -12.497         | +43.770          |
| 28      | 39   | 0.000        | +2.780         | -12.041         | -41.653          |
|         |      | 3.500        | +2.780         | -12.041         | +0.490           |

ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

| MIEMBRO | NUDD | DIST.<br>(m) | F. AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 28      | 40   | 7.000        | +2.780          | -12.041         | +42.633          |
| 29      | 41   | 0.000        | +16.693         | -13.213         | -40.344          |
|         |      | 3.000        | +16.693         | -13.213         | -0.705           |
| 29      | 42   | 6.000        | +16.693         | -13.213         | +38.934          |
| 30      | 42   | 0.000        | +11.033         | -11.102         | -38.856          |
|         |      | 3.500        | +11.033         | -11.102         | +0.002           |
| 30      | 43   | 7.000        | +11.033         | -11.102         | +38.860          |
| 31      | 43   | 0.000        | +6.011          | -10.929         | -38.216          |
|         |      | 3.500        | +6.011          | -10.929         | +0.035           |
| 31      | 44   | 7.000        | +6.011          | -10.929         | +38.286          |
| 32      | 44   | 0.000        | +0.875          | -10.510         | -36.195          |
|         |      | 3.500        | +0.875          | -10.510         | +0.570           |
| 32      | 45   | 7.000        | +0.875          | -10.510         | +37.375          |
| 33      | 46   | 0.000        | +15.502         | -10.377         | -31.920          |
|         |      | 3.000        | +15.502         | -10.377         | -0.789           |
| 33      | 47   | 6.000        | +15.502         | -10.377         | +30.342          |
| 34      | 47   | 0.000        | +11.514         | -9.005          | -31.546          |
|         |      | 3.500        | +11.514         | -9.005          | -0.030           |
| 34      | 48   | 7.000        | +11.514         | -9.005          | +31.486          |
| 35      | 48   | 0.000        | +7.552          | -8.808          | -30.786          |
|         |      | 3.500        | +7.552          | -8.808          | +0.042           |
| 35      | 49   | 7.000        | +7.552          | -8.808          | +30.870          |
| 36      | 49   | 0.000        | +3.589          | -8.384          | -28.713          |
|         |      | 3.500        | +3.589          | -8.384          | +0.629           |
| 36      | 50   | 7.000        | +3.589          | -8.384          | +29.972          |
| 37      | 51   | 0.000        | +21.246         | -7.676          | -23.849          |
|         |      | 3.000        | +21.246         | -7.676          | -0.820           |
| 37      | 52   | 6.000        | +21.246         | -7.676          | +22.208          |
| 38      | 52   | 0.000        | +14.212         | -7.006          | -24.582          |
|         |      | 3.500        | +14.212         | -7.006          | -0.062           |
| 38      | 53   | 7.000        | +14.212         | -7.006          | +24.458          |
| 39      | 53   | 0.000        | +7.824          | -6.807          | -23.754          |
|         |      | 3.500        | +7.824          | -6.807          | +0.069           |
| 39      | 54   | 7.000        | +7.824          | -6.807          | +23.893          |
| 40      | 54   | 0.000        | +1.638          | -6.414          | -21.779          |
|         |      | 3.500        | +1.638          | -6.414          | +0.669           |
| 40      | 55   | 7.000        | +1.638          | -6.414          | +22.117          |

ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F. AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 41      | 56   | 0.000        | +18.067         | -4.198          | -13.297          |
|         |      | 3.000        | +18.067         | -4.198          | -0.703           |
| 41      | 57   | 6.000        | +18.067         | -4.198          | +11.891          |
| 42      | 57   | 0.000        | +13.204         | -4.509          | -15.892          |
|         |      | 3.500        | +13.204         | -4.509          | -0.112           |
| 42      | 58   | 7.000        | +13.204         | -4.509          | +15.669          |
| 43      | 58   | 0.000        | +8.850          | -4.286          | -14.916          |
|         |      | 3.500        | +8.850          | -4.286          | +0.087           |
| 43      | 59   | 7.000        | +8.850          | -4.286          | +15.089          |
| 44      | 59   | 0.000        | +3.966          | -3.815          | -12.774          |
|         |      | 3.500        | +3.966          | -3.815          | +0.579           |
| 44      | 60   | 7.000        | +3.966          | -3.815          | +13.931          |
| 45      | 61   | 0.000        | +23.816         | -1.547          | -5.428           |
|         |      | 3.000        | +23.816         | -1.547          | -0.786           |
| 45      | 62   | 6.000        | +23.816         | -1.547          | +3.855           |
| 46      | 62   | 0.000        | +17.155         | -2.315          | -8.428           |
|         |      | 3.500        | +17.155         | -2.315          | -0.327           |
| 46      | 63   | 7.000        | +17.155         | -2.315          | +7.774           |
| 47      | 63   | 0.000        | +9.197          | -2.028          | -6.876           |
|         |      | 3.500        | +9.197          | -2.028          | +0.222           |
| 47      | 64   | 7.000        | +9.197          | -2.028          | +7.322           |
| 48      | 64   | 0.000        | +2.490          | -1.635          | -5.185           |
|         |      | 3.500        | +2.490          | -1.635          | +0.538           |
| 48      | 65   | 7.000        | +2.490          | -1.635          | +6.261           |
| 49      | 1    | 0.000        | -169.427        | +60.964         | +179.931         |
| 49      | 6    | 3.000        | -169.427        | +60.964         | -2.961           |
| 50      | 6    | 0.000        | -152.657        | +20.373         | +47.962          |
| 50      | 11   | 3.000        | -152.657        | +20.373         | -13.158          |
| 51      | 11   | 0.000        | -132.351        | +25.729         | +47.938          |
| 51      | 16   | 3.000        | -132.351        | +25.729         | -29.250          |
| 52      | 16   | 0.000        | -110.813        | +23.312         | +35.840          |
| 52      | 21   | 3.000        | -110.813        | +23.312         | -34.096          |
| 53      | 21   | 0.000        | -89.569         | +22.493         | +30.290          |
| 53      | 26   | 3.000        | -89.569         | +22.493         | -37.188          |
| 54      | 26   | 0.000        | -69.922         | +18.924         | +22.541          |
| 54      | 31   | 3.000        | -69.922         | +18.924         | -34.231          |

ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F.AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| 55      | 31   | 0.000        | -52.362        | +16.984         | +19.132          |
| 55      | 36   | 3.000        | -52.362        | +16.984         | -31.822          |
| 56      | 36   | 0.000        | -37.011        | +13.676         | +14.823          |
| 56      | 41   | 3.000        | -37.011        | +13.676         | -26.207          |
| 57      | 41   | 0.000        | -23.798        | +12.370         | +14.137          |
| 57      | 46   | 3.000        | -23.798        | +12.370         | -22.973          |
| 58      | 46   | 0.000        | -13.421        | +8.872          | +8.947           |
| 58      | 51   | 3.000        | -13.421        | +8.872          | -17.668          |
| 59      | 51   | 0.000        | -5.745         | +6.118          | +6.181           |
| 59      | 56   | 3.000        | -5.745         | +6.118          | -12.172          |
| 60      | 56   | 0.000        | -1.547         | +2.184          | +1.125           |
| 60      | 61   | 3.000        | -1.547         | +2.184          | -5.428           |
| 61      | 2    | 0.000        | +32.557        | +57.821         | +169.117         |
| 61      | 7    | 3.000        | +32.557        | +57.821         | -4.345           |
| 62      | 7    | 0.000        | +27.972        | +44.218         | +88.069          |
| 62      | 12   | 3.000        | +27.972        | +44.218         | -44.585          |
| 63      | 12   | 0.000        | +23.301        | +42.907         | +70.733          |
| 63      | 17   | 3.000        | +23.301        | +42.907         | -57.988          |
| 64      | 17   | 0.000        | +18.315        | +43.251         | +64.000          |
| 64      | 22   | 3.000        | +18.315        | +43.251         | -65.753          |
| 65      | 22   | 0.000        | +13.473        | +39.310         | +54.706          |
| 65      | 27   | 3.000        | +13.473        | +39.310         | -63.225          |
| 66      | 27   | 0.000        | +9.213         | +35.962         | +48.737          |
| 66      | 32   | 3.000        | +9.213         | +35.962         | -59.148          |
| 67      | 32   | 0.000        | +5.760         | +32.010         | +42.199          |
| 67      | 37   | 3.000        | +5.760         | +32.010         | -53.832          |
| 68      | 37   | 0.000        | +3.075         | +28.207         | +35.952          |
| 68      | 42   | 3.000        | +3.075         | +28.207         | -48.669          |
| 69      | 42   | 0.000        | +0.965         | +22.546         | +29.121          |
| 69      | 47   | 3.000        | +0.965         | +22.546         | -38.517          |
| 70      | 47   | 0.000        | -0.408         | +18.558         | +23.372          |
| 70      | 52   | 3.000        | -0.408         | +18.558         | -32.302          |
| 71      | 52   | 0.000        | -1.078         | +11.524         | +14.488          |
| 71      | 57   | 3.000        | -1.078         | +11.524         | -20.084          |

ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F. AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 72      | 57   | 0.000        | -0.767          | +6.661          | +7.699           |
| 72      | 62   | 3.000        | -0.767          | +6.661          | -12.284          |
| 73      | 3    | 0.000        | +1.756          | +50.254         | +156.886         |
| 73      | 8    | 3.000        | +1.756          | +50.254         | +6.124           |
| 74      | 8    | 0.000        | +1.564          | +44.277         | +90.759          |
| 74      | 13   | 3.000        | +1.564          | +44.277         | -42.073          |
| 75      | 13   | 0.000        | +1.648          | +41.455         | +67.767          |
| 75      | 18   | 3.000        | +1.648          | +41.455         | -56.598          |
| 76      | 18   | 0.000        | +1.642          | +40.492         | +59.276          |
| 76      | 23   | 3.000        | +1.642          | +40.492         | -62.200          |
| 77      | 23   | 0.000        | +1.531          | +37.623         | +52.250          |
| 77      | 28   | 3.000        | +1.531          | +37.623         | -60.618          |
| 78      | 28   | 0.000        | +1.395          | +34.640         | +46.652          |
| 78      | 33   | 3.000        | +1.395          | +34.640         | -57.270          |
| 79      | 33   | 0.000        | +1.247          | +31.287         | +40.965          |
| 79      | 38   | 3.000        | +1.247          | +31.287         | -52.896          |
| 80      | 38   | 0.000        | +1.078          | +27.684         | +35.147          |
| 80      | 43   | 3.000        | +1.078          | +27.684         | -47.904          |
| 81      | 43   | 0.000        | +0.904          | +22.662         | +29.172          |
| 81      | 48   | 3.000        | +0.904          | +22.662         | -38.813          |
| 82      | 48   | 0.000        | +0.708          | +18.700         | +23.450          |
| 82      | 53   | 3.000        | +0.708          | +18.700         | -32.641          |
| 83      | 53   | 0.000        | +0.509          | +12.312         | +19.572          |
| 83      | 58   | 3.000        | +0.509          | +12.312         | -21.363          |
| 84      | 58   | 0.000        | +0.286          | +7.958          | +9.222           |
| 84      | 63   | 3.000        | +0.286          | +7.958          | -14.651          |
| 85      | 4    | 0.000        | +3.232          | +46.866         | +150.717         |
| 85      | 9    | 3.000        | +3.232          | +46.866         | +10.119          |
| 86      | 9    | 0.000        | +3.204          | +45.968         | +93.600          |
| 86      | 14   | 3.000        | +3.204          | +45.968         | -41.600          |
| 87      | 14   | 0.000        | +3.283          | +41.792         | +68.306          |
| 87      | 19   | 3.000        | +3.283          | +41.792         | -57.968          |
| 88      | 19   | 0.000        | +3.212          | +40.051         | +58.129          |
| 88      | 24   | 3.000        | +3.212          | +40.051         | -62.925          |

ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F. AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 89      | 24   | 0.000        | +3.061          | +36.821         | +50.978          |
| 89      | 29   | 3.000        | +3.061          | +36.821         | -59.485          |
| 90      | 29   | 0.000        | +2.881          | +34.112         | +45.996          |
| 90      | 34   | 3.000        | +2.881          | +34.112         | -56.341          |
| 91      | 34   | 0.000        | +2.557          | +30.381         | +39.682          |
| 91      | 39   | 3.000        | +2.557          | +30.381         | -51.461          |
| 92      | 39   | 0.000        | +2.101          | +26.876         | +33.963          |
| 92      | 44   | 3.000        | +2.101          | +26.876         | -46.664          |
| 93      | 44   | 0.000        | +1.682          | +21.740         | +27.817          |
| 93      | 49   | 3.000        | +1.682          | +21.740         | -37.402          |
| 94      | 49   | 0.000        | +1.258          | +17.776         | +22.181          |
| 94      | 54   | 3.000        | +1.258          | +17.776         | -31.148          |
| 95      | 54   | 0.000        | +0.865          | +11.591         | +14.524          |
| 95      | 59   | 3.000        | +0.865          | +11.591         | -20.249          |
| 96      | 59   | 0.000        | +0.393          | +6.707          | +7.614           |
| 96      | 64   | 3.000        | +0.393          | +6.707          | -12.507          |
| 97      | 5    | 0.000        | +131.882        | +36.095         | +137.731         |
| 97      | 10   | 3.000        | +131.882        | +36.095         | +29.446          |
| 98      | 10   | 0.000        | +119.917        | +29.064         | +71.597          |
| 98      | 15   | 3.000        | +119.917        | +29.064         | -15.595          |
| 99      | 15   | 0.000        | +104.119        | +23.116         | +40.146          |
| 99      | 20   | 3.000        | +104.119        | +23.116         | -29.204          |
| 100     | 20   | 0.000        | +87.644         | +19.894         | +38.895          |
| 100     | 25   | 3.000        | +87.644         | +19.894         | -30.786          |
| 101     | 25   | 0.000        | +71.503         | +19.753         | +26.228          |
| 101     | 30   | 3.000        | +71.503         | +19.753         | -33.032          |
| 102     | 30   | 0.000        | +56.432         | +17.361         | +20.357          |
| 102     | 35   | 3.000        | +56.432         | +17.361         | -31.727          |
| 103     | 35   | 0.000        | +42.798         | +15.337         | +16.562          |
| 103     | 40   | 3.000        | +42.798         | +15.337         | -29.451          |
| 104     | 40   | 0.000        | +30.757         | +12.557         | +13.182          |
| 104     | 45   | 3.000        | +30.757         | +12.557         | -24.490          |
| 105     | 45   | 0.000        | +20.247         | +11.682         | +12.885          |
| 105     | 50   | 3.000        | +20.247         | +11.682         | -22.162          |

ESTADO DE CARGA No. 2 (SISMO)

| MIEMBRO | NUDO | DIST.<br>(m) | F. AXIAL<br>(T) | CORTANTE<br>(T) | MOMENTO<br>(T*m) |
|---------|------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 106     | 50   | 0.000        | +11.864         | +8.094          | +7.810           |
| 106     | 55   | 3.000        | +11.864         | +8.094          | -16.471          |
| 107     | 55   | 0.000        | +5.450          | +6.456          | +6.645           |
| 107     | 60   | 3.000        | +5.450          | +6.456          | -12.722          |
| 108     | 60   | 0.000        | +1.635          | +2.490          | +1.209           |
| 108     | 65   | 3.000        | +1.635          | +2.490          | -6.261           |

| NUDO | REACCIONES EN LOS APOYOS |                    |                      |
|------|--------------------------|--------------------|----------------------|
|      | DIRECCION X<br>(T)       | DIRECCION Y<br>(T) | DIRECCION Z<br>(T*m) |
| 1    | -60.964                  | -169.427           | +179.931             |
| 2    | -57.821                  | +32.557            | +169.117             |
| 3    | -50.254                  | +1.756             | +156.886             |
| 4    | -46.866                  | +3.232             | +150.717             |
| 5    | -36.095                  | +131.882           | +137.731             |

### 3.2.6 Comentarios:

Queremos insistir que dentro de éste trabajo no presentamos todos los marcos para los diferentes factores de comportamiento sísmico, pues redundaría únicamente en páginas inútiles, por lo que hemos considerado que basta con éste ejemplo para comprender la totalidad del proceso de análisis que hemos seguido.

Así pues, en este punto tenemos ya analizados la totalidad de los marcos para los factores de comportamiento sísmico de 2, 3 y 4, faltando únicamente, para entrar de lleno a la parte substancial de éste trabajo, la determinación de los aceros de refuerzo tanto para traveses y losas como para la columnas.

### 3.3 Superposición del efecto sísmico al de cargas verticales:

Para el diseño de la cuantía del refuerzo en cada uno de los elementos resistentes de ésta estructura, es necesario tomar en consideración tanto el efecto de la carga vertical, como aquel producido por las fuerzas horizontales debidas al sismo.

Para ello, el Reglamento de las Construcciones nos impone ciertos factores de carga, ya sea para la sola acción de la carga vertical o la combinación de ésta con el efecto sísmico ( o cualquier otra carga accidental). Estos factores son de:

1.4 Para carga vertical actuando sola

1.1 Para la combinación de carga vertical y sismo.



Así mismo se impone, a su vez, otros factores de resistencia o de reducción, dependiendo del tipo de diseño sobre el cual se trate. Por ejemplo, para el diseño de las columnas existe el factor de reducción de 0.8, 0.7 y 0.6 dependiendo de ciertas características que mencionaremos más adelante; para flexión es de 0.9 ; para fuerza cortante es de 0.8 y 0.6 ; etc.. No insistimos más en éste capítulo sobre los diferentes factores de resistencia pues sobre ellos hablaremos en el capítulo correspondiente al diseño de cada uno de los elementos estructurales: losas, trabes y columnas, proponiendo en cada caso la explicación y comentarios del caso.

#### 4.- CRITERIO DE DISEÑO.

##### 4.1 Columnas:

Estos elementos se diseñan básicamente para los efectos de carga vertical y de momento flexionante. Aunque no ha de olvidarse una revisión por fuerza cortante, aunque ésta última en muy raras ocasiones es de tomarse en consideración dadas las características de armados, estribos y la propia fuerza axial en la misma, la cual incrementa en ocasiones, substancialmente, la resistencia a la fuerza cortante. A continuación, daremos una breve explicación del procedimiento general de diseño de las columnas para, posteriormente, particularizar para cada uno de los factores de comportamiento sísmico.

Como ya hemos mencionado en el párrafo anterior, las columnas se dimensionarán para efectos de carga axial y momento flexionante. Estas dos solicitaciones pueden originar que la columna tenga una falla en flexo-compresión o en flexo-tensión, esto es, en breves palabras, cuando una columna tiene una carga axial muy elevada comparada con la acción del momento flexionante, seguramente su falla será del tipo de flexo-compresión, por el contrario, cuando la carga axial es muy pequeña en comparación con los momento flexionantes que actúan en ella, la falla será en flexo-tensión. Aún más, las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Estructuras de Concreto admite que, cuando en una

columna el esfuerzo de compresión debido a la carga axial sea menor de  $0.1f'c$ , podrá considerarse a ésta como un elemento de flexión pura y, analizarse con el factor de resistencia de 0.9, que es el considerado para flexión pura.

Para el diseño de las columnas, con ayuda de procesamiento electrónico, se acude a las gráficas de interacción propuestas por el Instituto de Ingeniería para éste propósito. Dichas gráficas tienen como parámetros: en las abscisas, el valor de:

$$K = \frac{P_u}{FR*b*h*f'c}$$

y, en las ordenadas, el correspondiente a éste mismo valor, pero multiplicado por la relación "e/t", o sea, excentricidad entre dimensión de la columna. Esto quiere decir que las abscisas toman en cuenta la acción de la carga vertical y las ordenadas aquella correspondiente al momento flexionante.

Existen también factores de carga para el diseño de las columnas, los cuales son idénticos a los mencionados en capítulos anteriores para el efecto de cargas verticales únicamente o, para la combinación de éstas con cargas accidentales, sismo en nuestro caso:

1.4 Para cargas verticales

1.1 Para carga vertical más sismo.

Esto quiere decir que tanto la acción de la carga axial como la de los momentos flexionantes han de multiplicarse por el factor

antes anotado para entrar en el diseño de este tipo de elemento.

Existen además otra serie de limitaciones en cuanto al refuerzo de estribos en una columna. Estas limitaciones y especificaciones las veremos en el subcapítulo correspondiente al diseño de una columna ya con su factor de comportamiento sísmico adecuado.

También se habla en las Normas Técnicas Complementarias de Concreto de porcentajes de refuerzo mínimos y máximos, dependiendo éstos del factor "Q".

En cuanto a los paquetes de varilla, no se admiten más de dos varillas en uno de ellos. Anteriormente se admitían hasta tres varillas en una sola esquina o amarrada con un solo juego de estribos. El reglamento actual únicamente permite el uso de paquetes de dos varillas.

#### 4.1.1 Columnas con $Q=2$ :

Debido a que con éste factor de comportamiento sísmico, las sollicitaciones de éste tipo son las más fuertes para una estructura, las limitaciones para el diseño de éstos elementos son, por el contrario, las más benévolas, comparadas con los factores  $Q=3$  ó  $Q=4$ .

Las características, especificaciones y limitaciones de las columnas diseñadas con  $Q=2$ , se pueden ver en las Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Concreto en sus páginas 38 y siguientes, capítulo 4.2 (de 4.2.1 a 4.2.3).

Estas hablan del acero mínimo y máximo (0.005 a 0.06 aproximadamente); del refuerzo transversal de estribos, diámetro mínimo y separaciones; forma y localización de los estribos; etc..

Para el diseño de las columnas con éste factor de comportamiento sísmico, se usarán los factores de resistencia  $FR=0.8$  ó  $FR=0.7$  de acuerdo a las indicaciones del capítulo no. 1 de las Normas para Concreto en el inciso 1.6. En él se menciona que cuando el núcleo esté confinado de acuerdo a 4.2.4 o de acuerdo a 5.3.4 o cuando falle por tensión, se podrá utilizar  $FR=0.8$  . Si la columna falla a flexo-compresión, se usará  $FR=0.7$  .

#### 4.1.2 Columnas con $Q=3$ ó $Q=4$ :

Contrariamente a lo dispuesto en el capítulo anterior, debido a que las sollicitaciones sísmicas para estos valores de "Q" son de intensidad menor a las tratadas para  $Q=2$ , las características de refuerzo por estribos son más severas, esto es, se requiere una cuantía de acero en estribos bastante más elevada que aquella que se requiere para  $Q=2$ , con el objeto de inducir una ductilidad mayor en el comportamiento de la estructura.

Así, para poder utilizar  $Q=3$  ó  $Q=4$  en el diseño de las columnas y, en general de la estructura, hay necesidad de satisfacer las condiciones de diseño para lo que se ha denominado en las Normas Técnicas un "marco dúctil" (pag. 47 y siguientes de las Normas Técnicas de Concreto).

Las características de diseño para este tipo de columnas se leen en el capítulo no. 5 (5.3.1 a 5.3.5) página 49 y siguiente de las mismas Normas.

En nuestro caso podríamos decir que las que afectan el diseño son únicamente las que se refieren al factor de resistencia y a la cuantía de estribos. Las demás restricciones y especificaciones se cumplen muy sobradamente, como es la de una dimensión mínima de 30 cm, la relación entre la dimensión del lado de la columna y la altura de la misma, la relación entre la dimensión máxima y mínima de la columna, etc..

En lo que se refiere al factor de resistencia, éste debe ser  $FR=0.6$  o bien, dar cumplimiento a unas fórmulas especificadas en el inciso 5.3.2 . En nuestro caso hemos escogido diseñar con  $FR=0.6$  a todas las columnas, así mismo, en lo tocante al refuerzo transversal, o sea, los estribos, acudimos a 5.3.4 en donde se indica, mediante una fórmula a la cuantía mínima de estribos de una columna en sus extremos. Dicha fórmula es la siguiente:

$$0.3(Ag/Ac - 1)f'c/fy sh$$

pero sin ser menor que:

$$0.12 f'c/fy sh$$

donde:

Ac= área transversal del núcleo, hasta la orilla exterior del refuerzo transversal.

Ag= área transversal de la columna.

fy= esfuerzo de fluencia del refuerzo transversal.

h= dimensión del núcleo, normal al refuerzo de área Ash

s= separación del refuerzo transversal.

Para las dimensiones de las columnas que se manejan en este proyecto, éstas separaciones son las siguientes:

| DIMENSION | DIAMETRO | SEPARACION |
|-----------|----------|------------|
| 90        | 3 # 4    | @ 10       |
| 80        | 3 # 4    | @ 10       |
| 70        | 3 # 4    | @ 10       |
| 60        | 2 # 4    | @ 10       |
| 50        | 2 # 4    | @ 10       |
| 40        | 2 # 4    | @ 10       |

Y estos estribos se colocarán en una longitud no menor que la mayor dimensión de la columna, un sexto de la altura libre, ó 60 cm.

Esto quiere decir que para las columnas de 80 cm, habrá necesidad de colocar 9 estribos a cada 10 cm (la mayor dimensión

de la columna) que es lo que rige contra las otras dos especificaciones.

A continuación mostraremos los resultados de armados en columnas para cada valor de "Q".



ARMADO EN COLUMNAS ( Longitudinal)

| ICOL. | INIVEL | I 1 a 3 | I 4 a 5  | I 6 a 7  | I 8 a 9 | I 10 a 11 | I 12 a 13 |
|-------|--------|---------|----------|----------|---------|-----------|-----------|
| I     | I      | I 70x90 | I 70x90  | I 60x80  | I 60x80 | I 50x70   | I 40x60   |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I Q=4  | I 18 #  | 12I 16 # | 8I 8 #   | 8I 8 #  | 8I 8 #    | 8I 4 #    |
| I     | I      | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #  | 6I        | I 4 #     |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I K1   | I Q=3   | I 20 #   | 12I 16 # | 8I 16 # | 8I 12 #   | 8I 12 #   |
| I     | I      | I       | I        | I        | I 4 #   | 6I 4 #    | 6I 4 #    |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I Q=2   | I 22 #   | 12I 20 # | 8I 20 # | 8I 16 #   | 8I 16 #   |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I 4 #     |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I Q=4   | I 16 #   | 12I 16 # | 8I 16 # | 8I 8 #    | 8I 8 #    |
| I     | I      | I       | I        | I        | I 4 #   | 6I 4 #    | 6I        |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I K2   | I Q=3   | I 20 #   | 12I 20 # | 8I 20 # | 8I 16 #   | 8I 16 #   |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I Q=2   | I 22 #   | 12I 8 #  | 12I 8 # | 12I 6 #   | 12I 6 #   |
| I     | I      | I       | I 8 #    | 8I 8 #   | 8I 6 #  | 8I 6 #    | 8I 12 #   |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I Q=4   | I 16 #   | 12I 16 # | 8I 12 # | 8I 12 #   | 8I 8 #    |
| I     | I      | I       | I        | I 4 #    | 6I      | I 4 #     | 6I 4 #    |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I K3   | I Q=3   | I 20 #   | 12I 6 #  | 12I 6 # | 12I 16 #  | 8I 16 #   |
| I     | I      | I       | I 10 #   | 8I 10 #  | 8I      | I         | I 4 #     |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I Q=2   | I 22 #   | 12I 6 #  | 12I 6 # | 12I 4 #   | 12I 4 #   |
| I     | I      | I       | I 12 #   | 8I 12 #  | 8I 12 # | 8I 12 #   | 8I 16 #   |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I Q=4   | I 16 #   | 12I 16 # | 8I 8 #  | 8I 8 #    | 8I 6 #    |
| I     | I      | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #  | 6I 4 #    | 6I 4 #    |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I K4   | I Q=3   | I 20 #   | 12I 16 # | 8I 8 #  | 8I 8 #    | 8I 6 #    |
| I     | I      | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #  | 6I 4 #    | 6I 2 #    |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I Q=2   | I 22 #   | 12I 16 # | 8I 12 # | 8I 12 #   | 8I 12 #   |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I Q=4   | I 16 #   | 12I 16 # | 8I 8 #  | 8I 8 #    | 8I 6 #    |
| I     | I      | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #  | 6I 2 #    | 6I        |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I K5   | I Q=3   | I 20 #   | 12I 16 # | 8I 8 #  | 8I 8 #    | 8I 6 #    |
| I     | I      | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #  | 6I 2 #    | 6I        |
| I     | I      | I       | I        | I        | I       | I         | I         |
| I     | I      | I Q=2   | I 20 #   | 12I 16 # | 8I 8 #  | 8I 8 #    | 8I 6 #    |
| I     | I      | I       | I 4 #    | 8I       | I 4 #   | 6I 4 #    | 6I 2 #    |

| I     | INIVEL    | I 1 a 3 | I 4 a 5  | I 6 a 7  | I 8 a 9  | I 10 a 11 | I 12 a 13 | I   |
|-------|-----------|---------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----|
| ICOL. | I         | I 70x90 | I 70x90  | I 60x80  | I 60x80  | I 50x70   | I 40x60   | I   |
| I     | I Q=4     | I 14 #  | 12I 16 # | 8I 8 #   | 8I 8 #   | 8I 6 #    | 8 I 6 #   | 8 I |
| I     | I         | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #   | 6I 4 #    | 6 I 4 #   | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | K6 I Q=3  | I 18 #  | 12I 16 # | 8I 12 #  | 8I 12 #  | 8I 12 #   | 8 I 6 #   | 8 I |
| I     | I         | I       | I        | I 4 #    | 6I       | I         | I 4 #     | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=2     | I 22 #  | 12I 20 # | 8I 20 #  | 8I 16 #  | 8I 16 #   | 8 I 8 #   | 8 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I 4 #     | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=4     | I 14 #  | 12I 16 # | 8I 16 #  | 8I 12 #  | 8I 12 #   | 8 I 10 #  | 8 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I 4 #    | 6I 4 #    | 6 I       | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | K7 I Q=3  | I 16 #  | 12I 8 #  | 12I 8 #  | 12I 8 #  | 12I 8 #   | 12 I 14 # | 8 I |
| I     | I         | I       | I 4 #    | 8I 4 #   | 8I 4 #   | 8I 4 #    | 8 I       | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=2     | I 20 #  | 12I 10 # | 12I 10 # | 12I 8 #  | 12I 8 #   | 12 I 12 # | 8 I |
| I     | I         | I       | I 6 #    | 8I 6 #   | 8I 4 #   | 8I 4 #    | 8 I 4 #   | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=4     | I 12 #  | 12I 16 # | 8I 8 #   | 8I 8 #   | 8I 6 #    | 8 I 8 #   | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #   | 6I 2 #    | 6 I       | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | K8 I Q=3  | I 16 #  | 12I 16 # | 8I 8 #   | 8I 8 #   | 8I 6 #    | 8 I 4 #   | 8 I |
| I     | I         | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #   | 6I 4 #    | 6 I 4 #   | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=2     | I 20 #  | 12I 16 # | 8I 12 #  | 8I 8 #   | 8I 8 #    | 8 I 8 #   | 8 I |
| I     | I         | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #   | 6I 4 #    | 6 I       | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=4     | I 12 #  | 12I 16 # | 8I 8 #   | 8I 8 #   | 8I 6 #    | 8 I 8 #   | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #   | 6I 2 #    | 6 I       | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | K9 I Q=3  | I 16 #  | 12I 16 # | 8I 8 #   | 8I 8 #   | 8I 6 #    | 8 I 8 #   | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #   | 6I 2 #    | 6 I       | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=2     | I 20 #  | 12I 16 # | 8I 8 #   | 8I 8 #   | 8I 6 #    | 8 I 4 #   | 8 I |
| I     | I         | I       | I        | I 4 #    | 6I 4 #   | 6I 2 #    | 6 I 4 #   | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=4     | I 16 #  | 8I 16 #  | 8I 16 #  | 8I 8 #   | 8I 4 #    | 8 I 8 #   | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I 4 #    | 6I 6 #    | 6 I       | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | K10 I Q=3 | I 6 #   | 12I 6 #  | 12I 6 #  | 12I 12 # | 8I 12 #   | 8 I 8 #   | 8 I |
| I     | I         | I 10 #  | 8I 10 #  | 8I 10 #  | 8I 4 #   | 6I        | I         | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=2     | I 6 #   | 12I 6 #  | 12I 6 #  | 12I 16 # | 8I 12 #   | 8 I 10 #  | 8 I |
| I     | I         | I 10 #  | 8I 10 #  | 8I 10 #  | 8I       | I 4 #     | 6 I       | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=4     | I 16 #  | 8I 16 #  | 8I 16 #  | 8I 8 #   | 8I 4 #    | 8 I 10 #  | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I 4 #    | 6I 6 #    | 6 I       | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | K11 I Q=3 | I 20 #  | 8I 20 #  | 8I 20 #  | 8I 12 #  | 8I 8 #    | 8 I 12 #  | 6 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I 4 #    | 6I 4 #    | 6 I       | I   |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I         | I         | I   |
| I     | I Q=2     | I 22 #  | 8I 22 #  | 8I 22 #  | 8I 16 #  | 8I 12 #   | 8 I 4 #   | 8 I |
| I     | I         | I       | I        | I        | I        | I 4 #     | 6 I 8 #   | 6 I |

LONGITUD DE ESTRIBOS EN COLUMNAS

| I     |   | NIVEL 1       |       |       | I 2     |    |       | I 3     |    |       | I 4     |    |       | I     |    |     |   |
|-------|---|---------------|-------|-------|---------|----|-------|---------|----|-------|---------|----|-------|-------|----|-----|---|
| I     |   | SECCION 70X90 |       |       | I 70X90 |    |       | I 70X90 |    |       | I 70X90 |    |       | I     |    |     |   |
| ICOLI | Q | I             | DIAMI | #     | long.   | I  | #     | long.   | I  | #     | long.   | I  | #     | long. | I  |     |   |
| I     | I | I             | VAR.  | ESTR. | (cm)    | I  | ESTR. | (cm)    | I  | ESTR. | (cm)    | I  | ESTR. | (cm)  | I  |     |   |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 710   | I       | 25 | 710   | I       | 23 | 710   | I     | 23 | 640 | I |
| IK1   | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 710   | I       | 20 | 710   | I       | 17 | 710   | I     | 17 | 640 | I |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| IK2   | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 710   | I       | 20 | 710   | I       | 17 | 710   | I     | 17 | 640 | I |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| IK3   | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 710   | I       | 20 | 710   | I       | 17 | 710   | I     | 17 | 710 | I |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| IK4   | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 710   | I       | 20 | 710   | I       | 17 | 710   | I     | 17 | 640 | I |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| IK5   | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 640   | I       | 20 | 640   | I       | 17 | 640   | I     | 17 | 640 | I |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 710   | I       | 25 | 710   | I       | 23 | 710   | I     | 23 | 640 | I |
| IK6   | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 710   | I       | 25 | 710   | I       | 23 | 710   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 710   | I       | 20 | 710   | I       | 17 | 710   | I     | 17 | 640 | I |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 710   | I       | 25 | 710   | I       | 23 | 710   | I     | 23 | 640 | I |
| IK7   | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 640   | I       | 20 | 640   | I       | 17 | 640   | I     | 17 | 640 | I |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| IK8   | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 640   | I       | 20 | 640   | I       | 17 | 640   | I     | 17 | 640 | I |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| IK9   | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 640   | I       | 20 | 640   | I       | 17 | 640   | I     | 17 | 640 | I |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| IK10  | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 640   | I       | 20 | 640   | I       | 17 | 640   | I     | 17 | 640 | I |
| I     | I | 4             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| IK11  | I | 3             | I     | 4     | I       | 28 | 640   | I       | 25 | 640   | I       | 23 | 640   | I     | 23 | 640 | I |
| I     | I | 2             | I     | 3     | I       | 17 | 710   | I       | 20 | 710   | I       | 17 | 710   | I     | 17 | 710 | I |

LONGITUD DE ESTRIBOS EN COLUMNAS

|       |   | NIVEL 5       |       |   |       | 6     |     |       |      | 7     |       |      |     | 8     |      |     |       |      |     |
|-------|---|---------------|-------|---|-------|-------|-----|-------|------|-------|-------|------|-----|-------|------|-----|-------|------|-----|
|       |   | SECCION 70X90 |       |   |       | 60X80 |     |       |      | 60X80 |       |      |     | 60X80 |      |     |       |      |     |
| ICOLI | Q | I             | DIAMI | # | long. | I     | #   | long. | I    | #     | long. | I    | #   | long. | I    | #   | long. |      |     |
| I     | I | I             | VAR.  | I | ESTR. | (cm)  | I   | ESTR. | (cm) | I     | ESTR. | (cm) | I   | ESTR. | (cm) | I   | ESTR. | (cm) |     |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK1   | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 640 | I     | 17   | 560   | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK2   | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 640 | I     | 17   | 560   | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK3   | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 710 | I     | 17   | 620   | I     | 17   | 620 | I     | 17   | 620 | I     | 17   | 560 |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK4   | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 640 | I     | 17   | 560   | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK5   | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 640 | I     | 17   | 560   | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK6   | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 640 | I     | 17   | 560   | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK7   | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 640 | I     | 17   | 560   | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK8   | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 640 | I     | 17   | 560   | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK9   | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 640 | I     | 17   | 560   | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK10  | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 640 | I     | 17   | 560   | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 | I     | 17   | 560 |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| IK11  | I | 3             | I     | 4 | I     | 23    | 640 | I     | 21   | 560   | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 | I     | 21   | 560 |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17    | 710 | I     | 17   | 620   | I     | 17   | 620 | I     | 17   | 620 | I     | 17   | 560 |

LONGITUD DE ESTRIBOS EN COLUMNAS

| I     |   | NIVEL 9       |       |   |       | I 10    |       |       |    | I 11    |       |    |       | I 12    |    |       |       | I |  |
|-------|---|---------------|-------|---|-------|---------|-------|-------|----|---------|-------|----|-------|---------|----|-------|-------|---|--|
| I     |   | SECCION 60X80 |       |   |       | I 50X70 |       |       |    | I 50X70 |       |    |       | I 40X60 |    |       |       | I |  |
| ICOLI | Q | I             | DIAMI | # | long. | I       | #     | long. | I  | #       | long. | I  | #     | long.   | I  | #     | long. | I |  |
| I     | I | I             | VAR.  | I | ESTR. | I       | ESTR. | (cm)  | I  | ESTR.   | (cm)  | I  | ESTR. | (cm)    | I  | ESTR. | (cm)  | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 360     | I     | 21 | 360   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| IK1   | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| IK2   | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| IK3   | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| IK4   | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 360     | I     | 21 | 360   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| IK5   | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 360     | I     | 21 | 360   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 360     | I     | 21 | 360   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| IK6   | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| IK7   | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| IK8   | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 360     | I     | 21 | 360   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| IK9   | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 360     | I     | 21 | 360   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 360     | I     | 21 | 360   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| IK10  | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 300   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 4             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| IK11  | I | 3             | I     | 4 | I     | 21      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |
| I     | I | 2             | I     | 3 | I     | 17      | 560   | I     | 21 | 480     | I     | 21 | 480   | I       | 22 | 400   | I     | I |  |

LONGITUD DE ESTRIBOS EN COLUMNAS

| I    | NIVEL   |   | 13    |       | I     | L     | I   | P    | I    |   |      |   |
|------|---------|---|-------|-------|-------|-------|-----|------|------|---|------|---|
| I    | SECCION |   | 40X60 |       | I     | (m)   | I   | (kg) | I    |   |      |   |
| I    | ICOLI   | Q | I     | DIAMI | #     | long. | I   | I    | I    |   |      |   |
| I    | I       | I | I     | VAR.I | ESTR. | (cm)  | I   | I    | I    |   |      |   |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1588 | I | 1588 | I |
| IK1  | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1585 | I | 1585 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 400 | I    | 1359 | I | 748  | I |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1585 | I | 1585 | I |
| IK2  | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1585 | I | 1585 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 400 | I    | 1359 | I | 748  | I |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1585 | I | 1585 | I |
| IK3  | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 400 | I    | 1629 | I | 1629 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 400 | I    | 1404 | I | 772  | I |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1585 | I | 1585 | I |
| IK4  | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1585 | I | 1585 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 400 | I    | 1359 | I | 748  | I |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1534 | I | 1534 | I |
| IK5  | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1534 | I | 1534 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 300 | I    | 1227 | I | 675  | I |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 400 | I    | 1682 | I | 1682 | I |
| IK6  | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 400 | I    | 1682 | I | 1682 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 400 | I    | 1359 | I | 748  | I |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 400 | I    | 1682 | I | 1682 | I |
| IK7  | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 400 | I    | 1629 | I | 1629 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 400 | I    | 1322 | I | 727  | I |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1585 | I | 1585 | I |
| IK8  | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1585 | I | 1585 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 300 | I    | 1278 | I | 703  | I |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1534 | I | 1534 | I |
| IK9  | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1534 | I | 1534 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 300 | I    | 1227 | I | 675  | I |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1585 | I | 1585 | I |
| IK10 | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 300 | I    | 1585 | I | 1585 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 400 | I    | 1322 | I | 727  | I |
| I    | I       | 4 | I     | 4     | I     | 22    | 400 | I    | 1629 | I | 1629 | I |
| IK11 | I       | 3 | I     | 4     | I     | 22    | 400 | I    | 1629 | I | 1629 | I |
| I    | I       | 2 | I     | 3     | I     | 22    | 400 | I    | 1404 | I | 772  | I |

## 4.2 Trabes:

### 4.2.1 Trabes con Q=2:

Básicamente el Reglamento no tiene restricciones para estribos o armados cuando se utiliza el factor de ductilidad  $Q=2$ . No existen cambios con respecto al Reglamento anterior de 1976. El factor de resistencia para flexión se ha conservado como  $FR=0.9$ , el factor de resistencia para fuerza cortante sigue siendo el mismo  $FR=0.8$  y, las fórmulas para el diseño de acero de refuerzo o de estribos también son las mismas.

En general se puede consultar la página 20 y siguientes de las Normas Técnicas Complementarias para Concreto, en lo que respecta al capítulo de flexión (2.1.2). Como ejemplo, citamos los refuerzos mínimos en trabes de sección rectangular que es el siguiente:

$$A_s \text{ min} = 0.7 \sqrt{f'c} b d / f_y$$

que en nuestro caso, en el cual utilizamos concreto con una resistencia de  $300 \text{ Kg/cm}^2$  y acero con un límite elástico de  $4200 \text{ Kg/cm}^2$ , nos da un porcentaje de  $0.00288$ , lo que quiere decir que para una trabe de  $40 \times 80 \text{ cm}$ , el acero mínimo deberá ser de  $9.2 \text{ cm}^2$ , aproximadamente 3 varillas del número 6.

En lo que respecta a refuerzos máximos, el capítulo mencionado nos indica que éste deberá ser el correspondiente al 75 % del momento correspondiente a la falla balanceada, ya que todas las trabes que nos ocuparán, serán diseñadas para efecto combinado de carga vertical y de sismo, siendo éste último efecto muy superior al primero. La falla balanceada ocurre de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\frac{f''c}{f_y} = \frac{4800}{f_y + 6000} bd$$

o lo que es lo mismo en nuestro caso y para trabes de 40x80 cm de sección:

$$M = 64.5 \text{ Ton-m}$$

Esto quiere decir que para momentos superiores a éste valor, habrá necesidad de tener armado por compresión en la sección considerada.

Las fórmulas utilizadas para la determinación de los aceros de refuerzo, son las siguientes: la primera de ellas para acero de tensión sin acero de compresión y; la segunda con acero de compresión:

$$MR = Fr A_s f_y d (1 - 0.5q)$$

y

$$MR = Fr((A_s - A'_s) f_y (d - a/2) + A'_s f_y (d - d'))$$



Debido a lo complicado en la aplicación de estas fórmulas en cada una de las trabes, se elaboró un programa de computadora, el cual simplemente consiste en las fórmulas antes propuestas, teniendo como datos de entrada la sección de la trabe, la resistencia del concreto, el límite elástico del acero por utilizar y, el momento actuante multiplicado por su correspondiente factor de carga, sobre el cual ya hemos discutido en párrafos anteriores.

#### 4.2.2 Trabes con $Q=3$ ó $Q=4$ :

En lo que respecta a este capítulo, el nuevo Reglamento se ha comportado más severamente que para el correspondiente  $Q=2$ . Las fórmulas a utilizar, tanto para la determinación del acero de refuerzo principal como para los estribos, son exactamente las mismas, pero las restricciones son las que se indican en las Normas Técnicas de Concreto en la página 47 y siguientes, en el capítulo de marcos dúctiles (capítulo 5).

No juzgamos necesario el transcribir las páginas del Reglamento a este trabajo, en caso de cualquier duda o consulta, podemos acudir a las mencionadas Normas Técnicas de Concreto. Únicamente mencionaremos aquellos cambios substanciales con respecto al Reglamento anterior de 1976.

De los principales cambios está la distribución de estribos, pues ahora es necesario considerar una zona igual a dos peraltes de la trabe en la cual hay necesidad de considerar una severa reducción en la separación de los estribos. Aún más, para la determinación de la separación de los mismos, debemos utilizar un factor de resistencia de 0.6 en vez de 0.8 que se venía utilizando hasta la fecha del actual Reglamento y, que aún se utiliza para el diseño con  $Q=2$ .

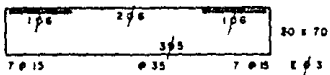
A continuación mostraremos los resultados de armados en trabes para cada valor de "Q".

MARCO 1

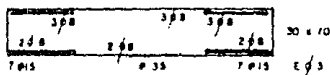
Q = 2

- NIVELES -

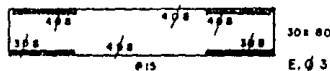
N - 13



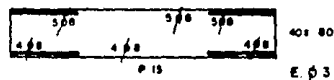
N - 10, 11 y 12



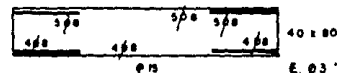
N - 7, 8 y 9



N - 4, 5 y 6



N - 1, 2 y 3



MARCO 2

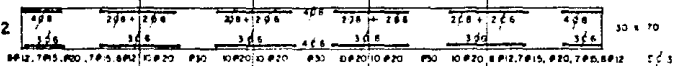
Q = 2

- NIVELES -

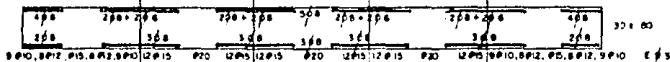
N - 13



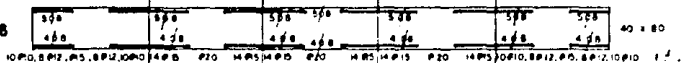
N - 10, 11 y 12



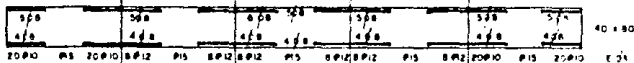
N - 7, 8 y 9



N - 4, 5 y 6



N - 1, 2 y 3



MARCO 3 y 4

Q = 2

VIVELES -

V - 13

|      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 206  | 206  | 206  | 206  | 206  | 206  | 206  | 206  |
| 6015 | 6050 | 6065 | 6015 | 6050 | 6065 | 6015 | 6050 |

30 x 70  
E 3

N - 10, 11 y 12

|                             |                             |                             |                             |                             |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 408                         | 408                         | 408                         | 408                         | 408                         | 408                         | 408                         |
| 1000, 7015, 020, 7015, 1000 | 1000, 7015, 020, 7015, 1000 | 1000, 7015, 020, 7015, 1000 | 1000, 7015, 020, 7015, 1000 | 1000, 7015, 020, 7015, 1000 | 1000, 7015, 020, 7015, 1000 | 1000, 7015, 020, 7015, 1000 |

30 x 70  
E 3

N - 7, 8 y 9

|       |     |       |       |     |       |       |
|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|
| 508   | 508 | 508   | 508   | 508 | 508   | 508   |
| 20010 | 015 | 20010 | 20010 | 015 | 20010 | 20010 |

30 x 80  
E 3

N - 4, 5 y 6

|       |     |       |       |     |       |       |
|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|
| 608   | 608 | 608   | 608   | 608 | 608   | 608   |
| 20010 | 015 | 20010 | 20010 | 015 | 20010 | 20010 |

40 x 80  
E 3

N - 1, 2 y 3

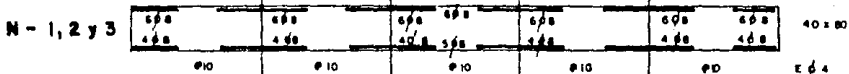
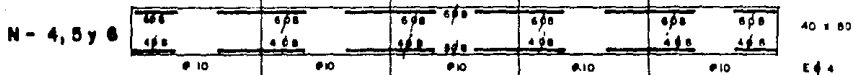
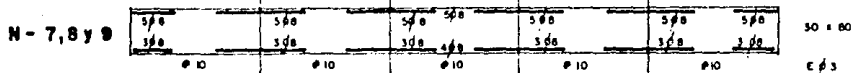
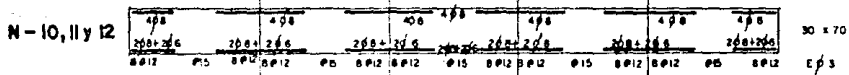
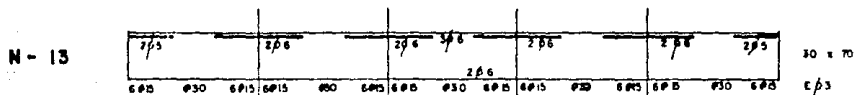
|       |     |       |       |     |       |       |
|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|
| 608   | 608 | 608   | 608   | 608 | 608   | 608   |
| 20010 | 015 | 20010 | 20010 | 015 | 20010 | 20010 |

40 x 80  
E 3

MARCO 5

Q = 2

- NIVELES -



MARCO A y F

Q = 2

- NIVELES -

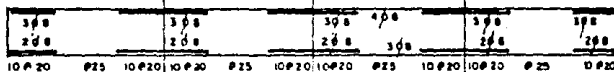
N - 13



30 x 70

E β 3

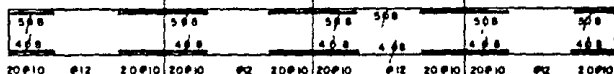
N - 10, 11 y 12



30 x 70

E β 3

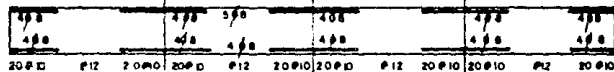
N - 7, 8 y 9



30 x 80

E β 3

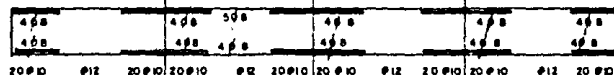
N - 4, 5 y 6



40 x 80

E β 3

N - 1, 2 y 3

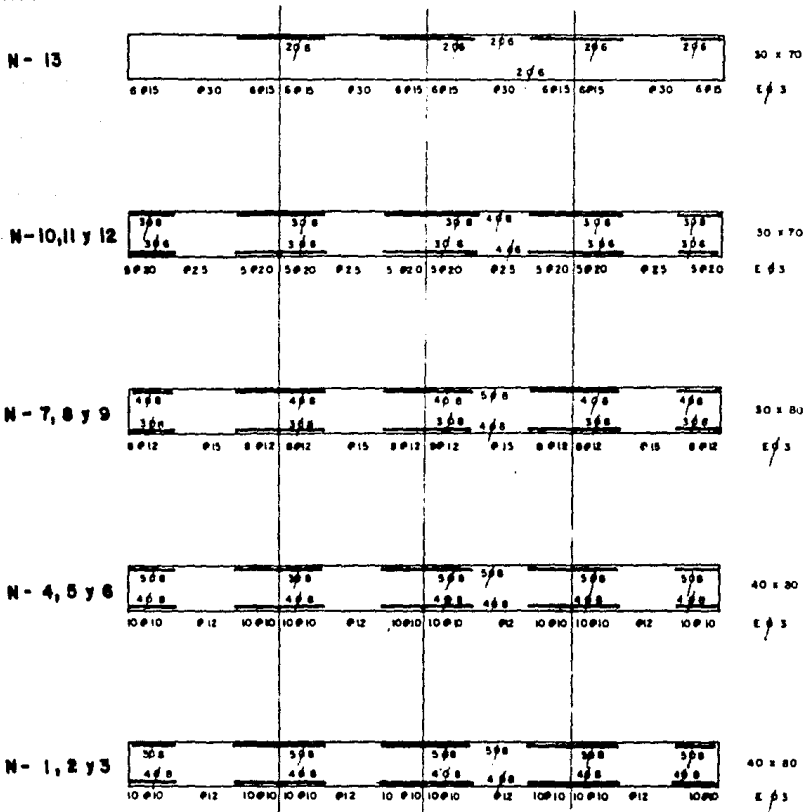


40 x 80

E β 3

MARCO B y E  
Q = 2

NIVELES



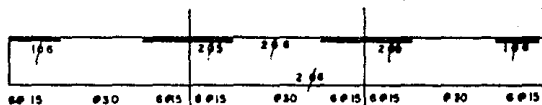


MARCO C y D

Q = 2

-NIVELES-

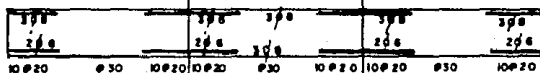
N - 13



30 x 70

Eφ3

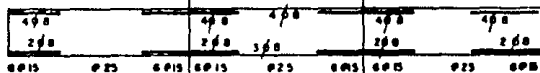
N - 10, 11 y 12



30 x 70

Eφ3

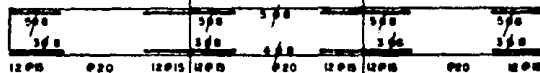
N - 7, 8 y 9



30 x 80

Eφ3

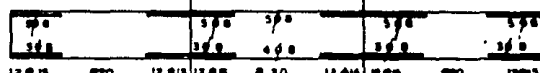
N - 4, 5 y 6



40 x 80

Eφ3

N - 1, 2 y 3



40 x 80

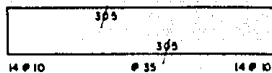
Eφ3

MARCO 1

Q = 3

- NIVELES -

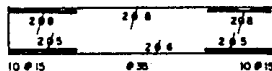
N - 13



30 x 70

E. 03

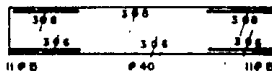
N - 10, 11 y 12



30 x 70

E. 03

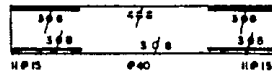
N - 7, 8 y 9



30 x 80

E. 03

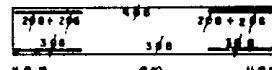
N - 4, 5 y 6



40 x 80

E. 03

N - 1, 2 y 3



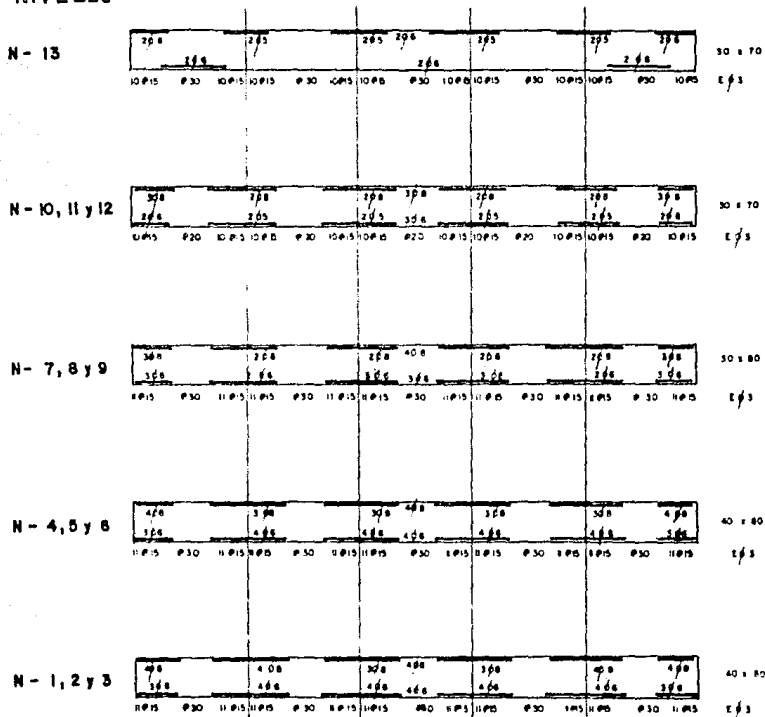
40 x 80

E. 03

MARCO 2

Q = 3

-NIVELES-

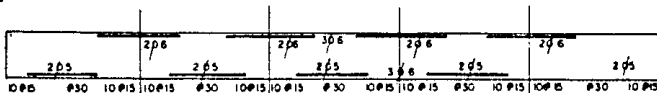


MARCO 3 y 4

Q = 3

-NIVELES-

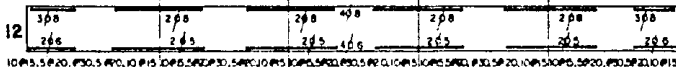
N - 13



30 x 70

E 3

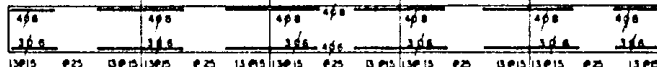
N - 10, 11 y 12



30 x 70

E 3

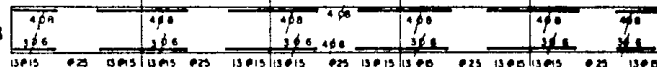
N - 7, 8 y 9



30 x 80

E 3

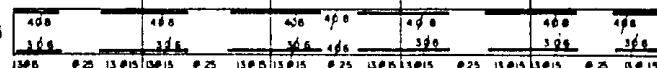
N - 4, 5 y 8



40 x 80

E 3

N - 1, 2 y 3



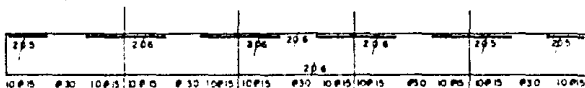
40 x 80

E 3

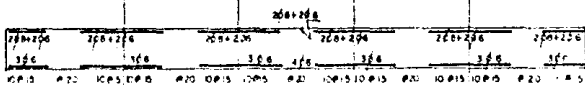
MARCO 5  
Q = 3

-NIVELES-

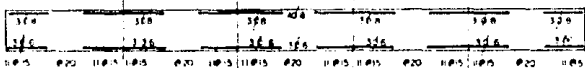
N - 15



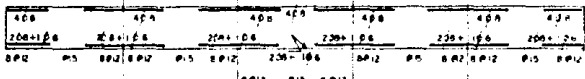
N - 10, 11 y 12



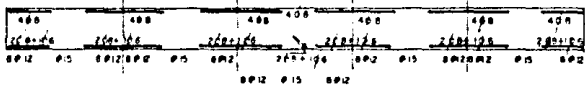
N - 7, 8 y 9



N - 4, 5 y 6



N - 1, 2 y 3



MARCO A y F  
Q = 3

- NIVELES -

N - 13



30 x 70

E β 3

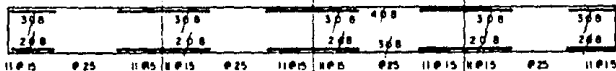
N - 10, 11 y 12



30 x 70

E β 3

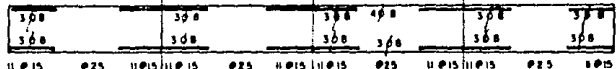
N - 7, 8 y 9



30 x 60

E β 3

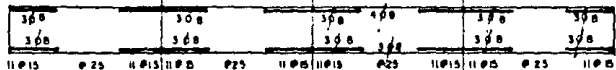
N - 4, 5 y 6



40 x 60

E β 3

N - 1, 2 y 3



40 x 60

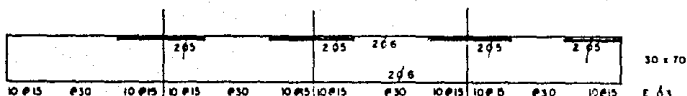
E β 3

MARCO B y E

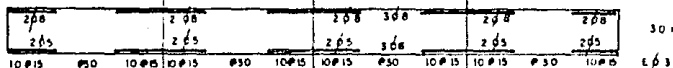
Q = 3

- NIVELES -

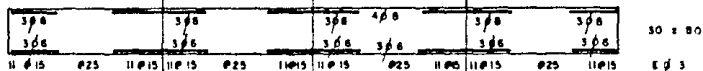
N - 13



N - 10, 11 y 12



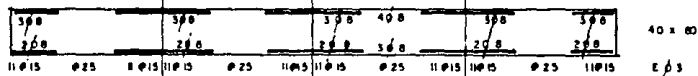
N - 7, 8 y 9



N - 4, 5 y 6



N - 1, 2 y 3

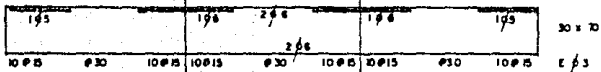


MARCO C y D

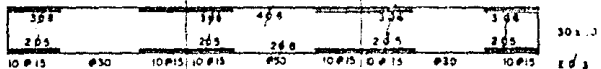
Q = 3

- NIVELES -

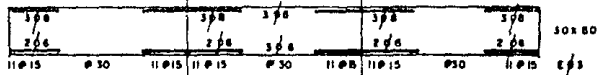
N - 13



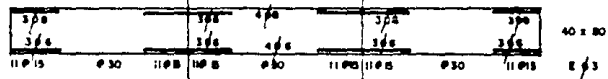
N - 10, 11 y 12



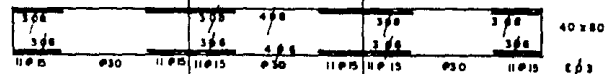
N - 7, 8 y 9



N - 4, 5 y 6



N - 1, 2 y 3



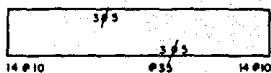


MARCO 1

Q = 4

- NIVELES -

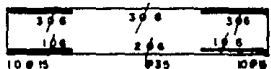
N - 13



30 x 70

E. 03

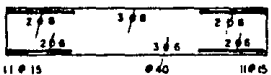
N - 10, 11 y 12



30 x 70

E. 03

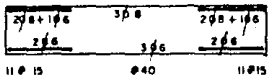
N - 7, 8 y 9



30 x 80

E. 03

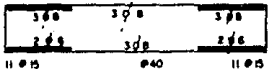
N - 4, 5 y 6



40 x 80

E. 03

N - 1, 2 y 3



40 x 80

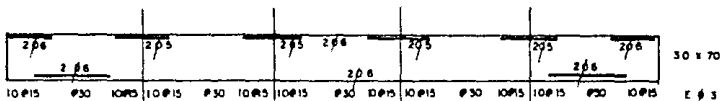
E. 03

MARCO 2

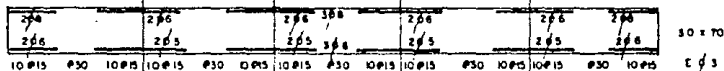
Q = 4

-NIVELES-

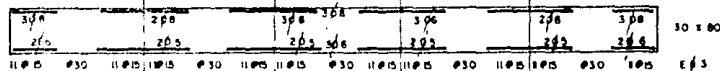
N - 13



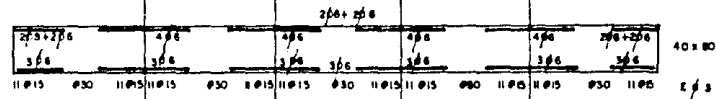
N - 10, 11 y 12



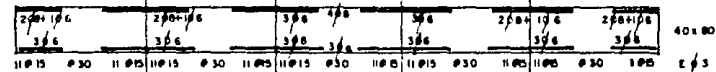
N - 7, 8 y 9



N - 4, 5 y 6



N - 1, 2 y 3

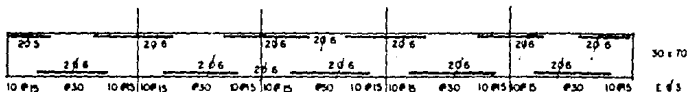


MARCO 3 y 4

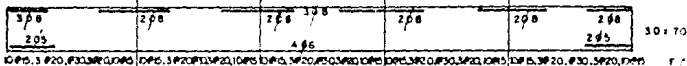
Q = 4

- NIVELES -

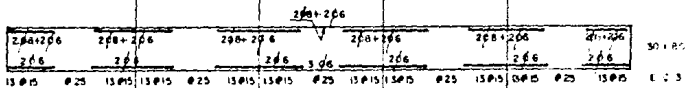
N - 13



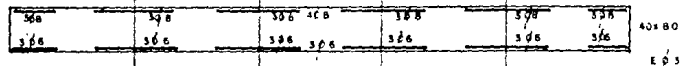
N - 10, 11 y 12



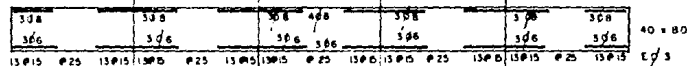
N - 7, 8 y 9



N - 4, 5 y 6



N - 1, 2 y 3



MARCO 5

Q = 4

- NIVELES -

N - 13

|       |     |       |       |     |       |       |
|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|
| 105   | 08  | 178   | 160   | 260 | 190   | 185   |
| 10P15 | P15 | 10P15 | 10P15 | 260 | 10P15 | 10P15 |

30 x 70

E 3

N - 10, 11 y 12

|         |      |         |         |      |         |         |
|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|
| 208     | 288  | 298     | 208     | 388  | 278     | 278     |
| 268     | 268  | 268     | 268     | 368  | 268     | 268     |
| 10 P 15 | P 25 | 10 P 15 | 10 P 15 | P 25 | 10 P 15 | 10 P 15 |

30 x 70

E 3

N - 7, 8 y 9

|         |      |         |      |         |      |         |
|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| 408     | 438  | 438     | 408  | 468     | 478  | 478     |
| 468     | 468  | 468     | 468  | 468     | 468  | 468     |
| 11 P 15 | P 20 | 11 P 15 | P 20 | 11 P 15 | P 20 | 11 P 15 |

30 x 80

E 3

N - 4, 5 y 6

|      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 308  | 308  | 308  | 308  | 308  | 308  | 308  |
| 368  | 368  | 368  | 368  | 368  | 368  | 368  |
| P 15 | P 15 | P 15 | P 15 | P 15 | P 15 | P 15 |

40 x 80

E 3

N - 1, 2 y 3

|      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 308  | 308  | 308  | 308  | 308  | 308  | 308  |
| 368  | 368  | 368  | 368  | 368  | 368  | 368  |
| P 15 | P 15 | P 15 | P 15 | P 15 | P 15 | P 15 |

40 x 80

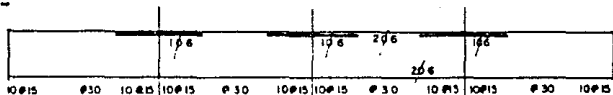
E 3

MARCO A y F

Q = 4

NIVELES -

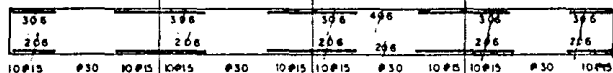
N - 13



30 x 70

E 3

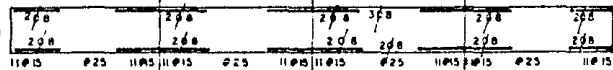
N - 10, 11 y 12



30 x 70

E 3

N - 7, 8 y 9



30 x 80

E 3

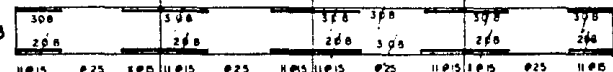
N - 4, 5 y 6



40 x 80

E 3

N - 1, 2 y 3



40 x 80

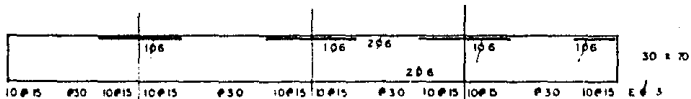
E 3

MARCO B y E

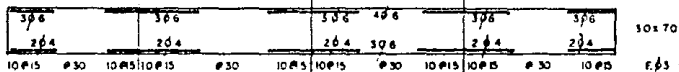
Q = 4

- NIVELES -

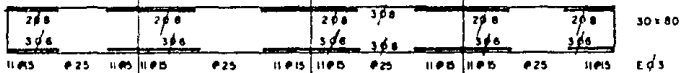
N - 13



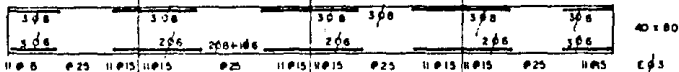
N - 10, 11 y 12



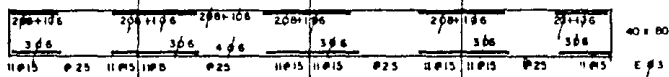
N - 7, 8 y 9



N - 4, 5 y 6



N - 1, 2 y 3

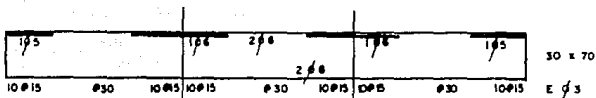


MARCO C y D

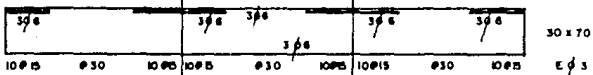
Q = 4

- NIVELES -

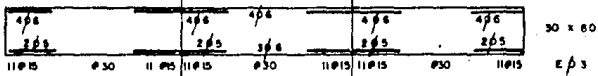
N - 13



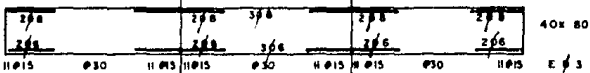
N - 10, 11 y 12



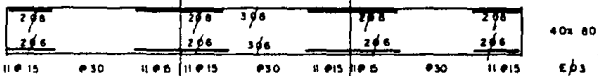
N - 7, 8 y 9



N - 4, 5 y 6



N - 1, 2 y 3



#### 4.3 Losas.

En el diseño de una estructura es ésta la parte más sencilla. En ella no actúan fuerzas sísmicas que pudiesen causar una combinación de éstas con las cargas verticales. Unicamente, en lo que respecta al sismo, habría que considerar que son éstos elementos, las losas, las que transmiten de un marco a otro la diferencia de cortantes entre un trabajo de conjunto y el trabajo aislado de cada marco. El diseñador de estructuras no debe olvidar nunca este concepto, ya que si no existiera la losa, no sería posible hablar de una distribución de los cortantes sísmicos entre los diferentes marcos de una estructura, considerándolos proporcional a sus rigideces de piso. Generalmente los esfuerzos en el plano de las losas son de consecuencias despreciables en términos de ingeniería pues, los esfuerzos debido a la transmisión o repartición de los cortantes entre los diferentes marcos son sumamente pequeños. Consideremos una losa de 21 m como es el caso de nuestro edificio, de 10 cm de espesor. Tenemos una área resistente de  $2100 \times 10 = 21,000 \text{ cm}^2$  sin considerar el armado de éste, el cual, indudablemente, la hace más resistente a una falla por esfuerzo cortante, bajo un esfuerzo de  $10 \text{ Kg/cm}^2$  ésta losa es capaz de transmitir entre marco y marco, una fuerza cortante de 210 toneladas. Unicamente en edificios muy irregulares en cuanto a rigideces, quizá con fuertes muros de cortante, es posible ésta condición. Normalmente, en edificios comunes, éste esfuerzo no rebasa los 3 ó 4  $\text{Kg/cm}^2$  razón por la cual se omite esta revisión en casi todos análisis de edificios ante sismo. Sin embargo, de



acuerdo a la experiencia del proyectista estructural, en ocasiones, es recomendable proceder a esta revisión si se previenen esfuerzos mayores a los comentados. Esto puede ocurrir cuando hay muros de cortante, como ya se indicó o, zonas en el edificio en que las losas son de dimensión pequeña (tipo "puente" para unir dos cuerpos de edificios).

Por lo antes comentado, únicamente se procede al diseño de las losas por el efecto de la carga vertical. En las Normas Técnicas Complementarias de Concreto, se presenta un método sancionado por el Reglamento de las Construcciones del Distrito Federal, mediante el cual se pueden analizar las losas en cuestión. En nuestro caso no hemos tomado estas tablas ni el método propuesto por el Reglamento.

Para el análisis de las losas, hemos considerado que éstas son "trabes" de 10 cm de peralte y 100 cm de ancho. Así, mediante el simple método de Cross, todavía válido para éste caso o, por medio de procesamiento electrónico, se procede a analizar a dichas trabes de 100 x 10 cm.

Cabe mencionar que como las losas trabajan en dos direcciones, es necesario proceder a determinar el porcentaje de la carga que actúa en cada sentido principal de análisis. Esto se hace, en forma aproximada, proporcionalmente a la deformación de las losas al centro del claro. Es obvio que en cualquiera de los dos sentidos de análisis, la deformación al centro del claro y, en

cualquier punto de la losa, deberá ser la misma. Por consiguiente, la carga que actuará en cada uno de los sentidos principales de análisis, será proporcional a la deformación de la losa. En nuestro caso se toma esta deformación al centro del claro.

Se elaboró un programa de computadora el cual considera el efecto antes anotado de las deformaciones al centro del claro para la repartición de la carga en los dos sentidos de análisis y, mediante la aplicación del método de Cross para vigas continuas, se obtienen los momentos y fuerzas cortantes en cada uno de los apoyos y al centro de los claros considerados.

Manejando también por el programa de computadora la determinación del acero de refuerzo teniendo los momentos flexionantes, se obtiene, directamente, la separación de la varilla al centro de los claros y, en cada uno de los apoyos.

Como resumen se puede mencionar que se alimenta a la computadora con la carga de diseño, el número de apoyos, el diámetro de la varilla a utilizar, las dimensiones del claro principal y secundario de la losa en cuestión y, el peralte de la misma. El programa distribuye la carga en las dos direcciones de análisis. Elabora un "Cross" considerando a la losa como una trabe continua, determina los momentos finales en cada apoyo y al centro del claro, determina el área de acero en estas secciones y, obtiene la separación de la varilla de acuerdo al diámetro de la misma.

Se acompaña un ejemplo de dicho procedimiento.

Cabe mencionar que hemos hecho comparaciones entre este método para analizar las losas y el propuesto por el Departamento del Distrito Federal en sus Normas Técnicas Complementarias, obteniendo valores muy parecidos en las separaciones de las varillas, por lo cual preferimos en general la utilización del método de "trabe continua" por la sencillez del mismo comparado con el propuesto en las Normas Técnicas.

DISEÑO ESTRUCTURAL.-  
ANÁLISIS DE LOSAS PLANAS  
OBRA: TESIS ANA

=====

DATOS :

-----

=====

LOSA ENTRE EJES A Y B Y B

=====

RESISTENCIA DEL CONCRETO  $F^*C=$  300 (KG/CM<sup>2</sup>)  
LIMITE ELASTICO DEL ACERO  $FY=$  4200 (KG/CM<sup>2</sup>)  
PERALTE DE LA LOSA  $h=$  10 (CM)  
CARGA UNIFORME DE DISEÑO  $W=$  1 (TON/M<sup>2</sup>)  
REFUERZO CON VARILLA DEL  $No.=$  3

DIMENSIONES DE LOS TABLEROS DE LA LOSA Y CARGA ( 1 TON/M2)

|               |   |   |   |   |     |       |     |        |
|---------------|---|---|---|---|-----|-------|-----|--------|
| TABLERO ( 1 ) | = | 6 | X | 3 | (M) | CARGA | .05 | TON/M2 |
| TABLERO ( 2 ) | = | 7 | X | 3 | (M) | CARGA | .03 | TON/M2 |
| TABLERO ( 3 ) | = | 7 | X | 3 | (M) | CARGA | .03 | TON/M2 |
| TABLERO ( 4 ) | = | 7 | X | 3 | (M) | CARGA | .03 | TON/M2 |

RESULTADOS :

-----

ARMADOS POR MOMENTO NEGATIVO :

SEPARACIONES

APOYO 0 A CADA = 71  
APOYO 1 A CADA = 48  
APOYO 2 A CADA = 86  
APOYO 3 A CADA = 56  
APOYO 4 A CADA = 71

ARMADOS POR MOMENTO POSITIVO :

SEPARACIONES

CLARO 1 A CADA = 75  
CLARO 2 A CADA = 267  
CLARO 3 A CADA = 207  
CLARO 4 A CADA = 109

AREAS DE ACERO

PARA MOMENTOS NEGATIVOS

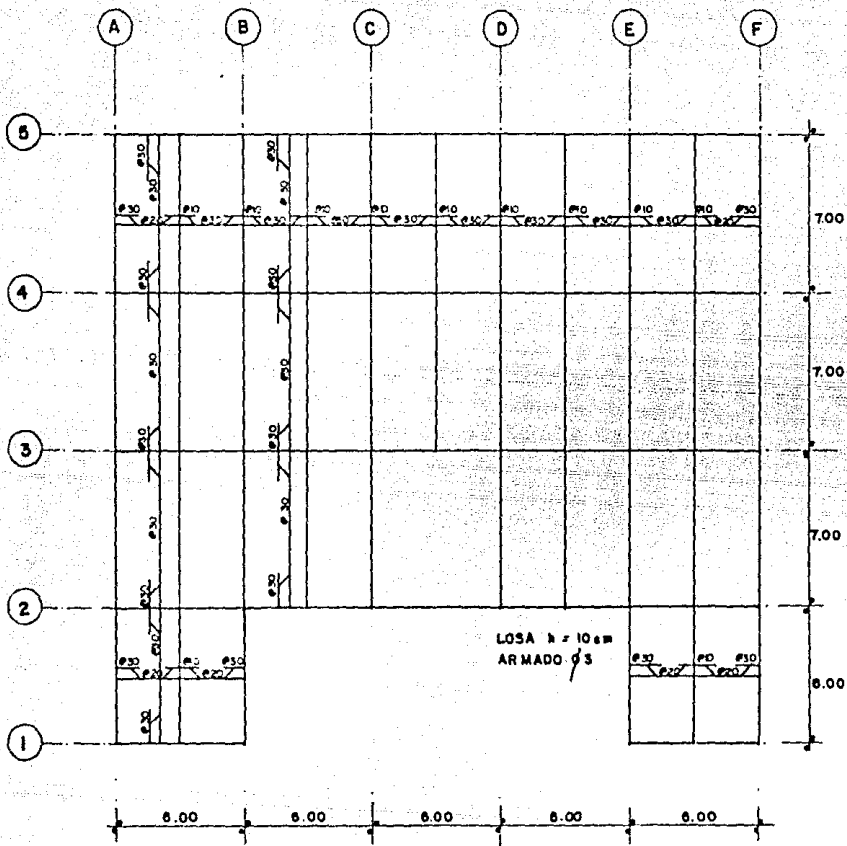
APOYO 0 AS = 1  
APOYO 1 AS = 1.458593  
APOYO 2 AS = .8198968  
APOYO 3 AS = 1.253562  
APOYO 4 AS = 1

DISEÑO ESTRUCTURAL.-  
ANÁLISIS DE LOSAS PLANAS  
OBRA: TESIS ANA

=====

PARA MOMENTOS POSITIVOS

|         |      |          |
|---------|------|----------|
| CLARO 1 | AS = | .9359716 |
| CLARO 2 | AS = | .2653922 |
| CLARO 3 | AS = | .3422789 |
| CLARO 4 | AS = | .6497403 |



ARMADO DE LOSA

## 5.- Cimentación.

### 5.1 Comentarios generales sobre la estructura de cimentación.

Aunque la finalidad de este trabajo es el estudio comparativo de costos para los diferentes valores del factor de comportamiento sísmico en la superestructura, hemos querido incluir en él, unos breves comentarios sobre la cimentación.

Los lineamientos de diseño con el Reglamento de 1987 han cambiado en varios aspectos con aquel de 1976, principalmente en la verificación de la seguridad de las cimentaciones (Normas Técnicas Complementarias capítulo 3, página 11). No estamos aquí para mencionar los factores de resistencia de zapatas o de pilotes, pue como ya indicamos anteriormente, no es la finalidad de este trabajo. Unicamente comentamos el principal cambio en la revisión de las cimentaciones con respecto a los reglamentos de 1976 y 1987.

La costumbre (Reglamento 1976) ampliamente seguida por los diseñadores de cimentaciones era, para este tipo de edificio, el tomar una parte del peso del mismo ( más o menos de una a una y media tonelada por metro cuadrado) con la fuerza de contacto entre terreno y cimentación . Otra parte del peso se tomaba con la substitución por medio de excavación. Por ejemplo, una excavación de 300 cm considerando un peso volumétrico del terreno de 1.5 ton/m<sup>3</sup> , nos da una compensación de 4.5 ton/m<sup>2</sup>. Hasta este

punto tendríamos aproximadamente unas 6 ton/m<sup>2</sup> tomadas con el terreno y con la compensación. El resto del peso del edificio se tomaba con pilotes. Por ejemplo, en nuestro caso, que el edificio nos da una presión bruta sobre el terreno de aproximadamente 12.8 ton/m<sup>2</sup>, habría necesidad de tomar con pilotes el equivalente a 6.8 ton/m<sup>2</sup>, o sea, un valor total de 5,508 ton, considerando pilotes de una longitud de 25 metros y, de 50 cm de diámetro, tendríamos una capacidad por pilote de 78 ton . Así pues, necesitaríamos  $5,508/78 = 70$  pilotes, los cuales se distribuyen de tal manera de conservar al máximo la coincidencia entre el centro de cargas y el centro de reacciones.

El cambio substancial en la revisión de las cimentaciones como ya hemos mencionado, se describe en las mencionadas Normas, capítulo 3.5.1 .

### **3.5.1 Estados límites de falla**

Para comprobar la estabilidad de las cimentaciones con pilotes de fricción, se verificará, para la cimentación en su conjunto, para cada uno de los diversos grupos de pilotes y para cada pilote individual, el cumplimiento de la desigualdad siguiente para las distintas combinaciones de acciones verticales consideradas:

$$E Q F_c < R$$



donde:

$E Q F_c$  = suma de los incrementos netos de carga debidos a las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada, afectadas de sus correspondientes factores de carga. Las acciones incluirán el peso propio de los pilotes o pilas y el efecto de la fricción negativa que pudiera desarrollarse sobre el fuste de los mismos o sobre su envolvente.

$R$  = capacidad de carga del sistema constituido por pilotes de fricción más losa o zapatas de cimentación, que se considerarán igual al mayor de los dos valores siguientes:

a) Capacidad de carga del sistema suelo-zapatas o suelo-losa de cimentación, despreciando el efecto de los pilotes. Si este es el valor que rige, la losa o zapatas y las contratraves deberán diseñarse estructuralmente para soportar las presiones de contacto suelo-zapata o suelo-losa máximas calculadas, más la concentración de carga total de cada pilote dada por la ecuación:

$$C_f = AL f FR$$

donde:

$FR = 0.7 (1 - s/2)$ , factor de resistencia.

$s$  = relación entre los máximos de la sollicitación sísmica y la sollicitación total que actúan sobre el pilote.

$C_f$  = capacidad por adherencia, t.

$AL$  = área lateral del pilote, m<sup>2</sup>.

$f$  = adherencia lateral media pilote-suelo, t/m<sup>2</sup>.

pero con  $FR=1.0$ . En este caso la capacidad de carga suelo-losa o

suelo-zapata se calculará como lo señala el inciso 3.3.

b) Capacidad de carga del sistema suelo-pilotes de fricción que se considerará igual a la suma de las capacidades de carga de punta de los pilotes individuales más el menor de los siguientes valores:

- Suma de las capacidades de adherencia de los pilotes individuales.
- Capacidad de adherencia de una pila de geometría igual a la envolvente del conjunto de pilotes.
- Suma de las capacidades de adherencia de los diversos subgrupos de pilotes en que pueda subdividirse la cimentación.

Como se pueda deducir fácilmente, las cimentaciones con el nuevo Reglamento deben ser más costosas que las anteriores pues ahora, las acciones en la estructura deben ser resistidas prácticamente, o por el sistema "suelo-losa" o por el sistema "pilotes-losa".

Sin embargo, dado que no es el punto central de este trabajo la comparación de costos entre los diferentes Reglamentos, sino únicamente entre los diferentes valores del factor de comportamiento sísmico, no abundaremos más sobre este punto.

Establecido lo anterior, pasemos ahora a estimar en forma aproximada, las diferencias en la cimentación de acuerdo a los diferentes valores de "Q".

El peso por cargas verticales del edificio es independiente del factor de comportamiento sísmico, por lo que para los tres valores en estudio, se conserva constante. Únicamente los efectos de incrementos de carga en columnas y momentos de volteo sísmico serán los que afecten directamente al diseño de la cimentación.

Los incrementos de carga sísmico en las columnas del centro del edificio, prácticamente no varían en forma significativa por el cambio de "Q", pues, dado que los claros son muy parecidos, este incremento es del todo despreciable comparado con las más de 500 ton de carga vertical, no así, en las columnas extremas, cuyo valor, obviamente, es proporcional a la relación de los factores utilizados. Sin embargo, de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias de Cimentación, lo más significativo es el momento de volteo sísmico del edificio, dado que la excentricidad que produce cada uno de ellos, nos hace variar el ancho teórico para el diseño de la cimentación. (Página 14 de las Normas).

$$B' = B - 2e$$

Por ejemplo, en el sentido de análisis "x-x" no hay excentricidad por cargas verticales puesto que el edificio es simétrico con respecto a su marco o eje central. Así pues, únicamente trabajaríamos con la excentricidad sísmica. Ya comentamos que el peso de edificio es de aproximadamente 9,194 ton.

Tomemos por ahora el momento sísmico para el valor de  $Q=2$ .  
Este es de 36,357 ton-m. Así, la excentricidad será de:

$$e = 36,357 / 9,194 = 3.95$$

y la dimensión teórica de diseño en el sentido "x-x" será de:

$$B' = 30 - 7.9 = 22.1$$

así, el área de contacto para revisión será de:

$$A = 27 \times 22.1 = 596.7 \text{ m}^2$$

lo que nos da una presión de contacto de:

$$W = 9,194 / 596.7 \text{ m}^2$$

$$W = 15.41 \text{ ton/m}^2$$

En igual forma, para los valores de  $Q=3$  y de  $Q=4$ , tendríamos los siguientes valores de presión en el terreno, ya considerando las excentricidades que da cada caso.

Para  $Q=3$ :

$$\text{Momento de volteo} = 24,626 \text{ ton-m}$$

$$\text{Excentricidad} = 2.68 \text{ m}$$

$$B' = 24.64 \text{ m}$$

$$A = 665.28 \text{ m}^2$$

$$W = 13.81 \text{ ton/m}^2$$

Para Q=4:

Momento de volteo = 18,823 ton-m  
Excentricidad = 2.04 m  
B' = 25.92 m  
A = 699.84 m<sup>2</sup>  
W = 13.13 ton/m<sup>2</sup>

Resumiendo:

| Q | W (ton/m <sup>2</sup> ) |
|---|-------------------------|
| 2 | 15.41                   |
| 3 | 13.81                   |
| 4 | 13.13                   |

Como se puede apreciar en esta pequeña tabulación, la diferencia de presiones en el terreno entre el Q = 2 y el Q = 4 es de 2.28 ton/m<sup>2</sup>.

Debido a que las características del terreno nada tienen que ver con los diferentes factores de comportamiento sísmico, podemos decir que esta diferencia de presiones brutas sobre el terreno, tendrá que ser tomada con más excavación, ya que, como lo indica las Normas Técnicas de Cimentación, no podemos tomar esta diferencia con la misma excavación y más pilotes, como se hacía hasta julio de 1987, o bien, de 3.5.1.b, toda la carga es tomada con los pilotes, por lo que, en este caso, las excavaciones serían

a una misma profundidad, variando el número de pilotes en cuestión.

Insistimos que el punto central de este trabajo no es de ninguna manera el diseño de la cimentación. Únicamente hemos querido cerrar este capítulo con una pequeña exposición de las condiciones que rigen el diseño de la misma.

A grandes rasgos, la diferencia entre los tres valores del factor de comportamiento sísmico en estudio, nos arroja, por un lado, una mayor excavación en la estructura de cimentación, o, por el otro, un incremento en el número de pilotes, condiciones las dos, que obviamente nos elevan el costo de la cimentación en función de los valores de  $Q=2$ ,  $Q=3$  y  $Q=4$ .

## 6.- CUBICACION DE MATERIALES:

Este capítulo carece de una extensa explicación sobre el proceso de cubicación, pues a todas luces, este proceso resulta un tanto obvio. Se trata únicamente de obtener el volumen de concreto en los tres elementos principales resistentes: columnas, trabes y losas, los correspondientes metros cuadrados de cimbra en cada uno de ellos y, finalmente, la cantidad de acero en los mismos.

### 6.1 Concreto.

En lo que respecta al volumen de concreto estimado, éste es exactamente igual para cualquiera de los factores de comportamiento sísmico en estudio, ya que precisamente se decidió conservar las secciones de las columnas y trabes y, obviamente de la losa, para hacer variar únicamente el acero de refuerzo. Así mismo, en el caso de la cimbra, ésta será exactamente la misma para los tres casos considerados.

Para la cubicación del concreto en columnas, simplemente se ha procedido de acuerdo a la tabulación que se presentará a continuación.

Consideramos primeramente la sección de las columnas, la cual permanece igual en un nivel en todas las columnas. Posteriormente, consideramos la altura libre del entrepiso, la cual es de 300 cm en todos los niveles a excepción de la planta baja, la cual es de 400 cm . Tomando en cuenta el número de

columnas por planta, el cual es de 28, de la tabulación que mencionamos, tenemos en forma inmediata el volumen de concreto en cada nivel y, consecuentemente, de la suma de ellos, el total de concreto en las columnas de éste edificio.

| NIVEL | SECCION | ALTURA<br>(cm) | VOLUMEN<br>(m3) | VOL. TOTAL<br>(m3) |
|-------|---------|----------------|-----------------|--------------------|
| 13    | 40x60   | 300            | 0.72            | 20.16              |
| 12    | 50x70   | 300            | 1.05            | 29.40              |
| 11    | 50x70   | 300            | 1.05            | 29.40              |
| 10    | 50x70   | 300            | 1.05            | 29.40              |
| 9     | 60x80   | 300            | 1.44            | 40.32              |
| 8     | 60x80   | 300            | 1.44            | 40.32              |
| 7     | 60x80   | 300            | 1.44            | 40.32              |
| 6     | 60x80   | 300            | 1.44            | 40.32              |
| 5     | 70x90   | 300            | 1.89            | 52.92              |
| 4     | 70x90   | 300            | 1.89            | 52.92              |
| 3     | 70x90   | 300            | 1.89            | 52.92              |
| 2     | 70x90   | 400            | 2.52            | 70.56              |
| 1     | 70x90   | 230            | 1.89            | 52.92              |

VOLUMEN TOTAL = 551.88 m3

En idéntica forma se procede para la determinación del volumen de concreto en las trabes. Para considerar la longitud de las trabes correctamente, hay necesidad de descontar el espesor de las columnas de la longitud a ejes de las mismas, pues de lo contrario estaríamos repitiendo la cubicación del concreto ya tomado en consideración en las columnas.

La longitud a ejes en el sentido "x-x" de análisis es de:

$$\text{Long. } x = 132 \text{ m}$$



y en el sentido "y-y":

Long. y = 150 m (en trabes principales)

Long. y = 110 m (en trabes secundarias)

Como se podrá apreciar en la tabla que a continuación se describe, el peralte de las trabes se ha reducido en diez centímetros debido a que dicho es el espesor de la losa y, en la cuantificación del concreto de la misma, será tomada en cuenta.

Descontando el espesor de las columnas tendremos:

| NIVEL | LONG.X<br>(m) | SECC. | LONG.Y<br>(m) | SECUND.<br>(m) | SECC. | VOLUMEN<br>(m3) |
|-------|---------------|-------|---------------|----------------|-------|-----------------|
| 13    | 121.4         | 30x60 | 138.0         | 103.6          | 30x60 | 65.34           |
| 12    | 117.7         | 30x60 | 135.8         | 103.6          | 30x60 | 64.28           |
| 11    | 117.7         | 30x60 | 135.8         | 103.6          | 30x60 | 64.28           |
| 10    | 117.7         | 30x60 | 135.8         | 103.6          | 30x60 | 64.28           |
| 9     | 115.7         | 30x70 | 133.6         | 103.6          | 30x60 | 71.00           |
| 8     | 115.7         | 30x70 | 133.6         | 103.6          | 30x60 | 71.00           |
| 7     | 115.7         | 30x70 | 133.6         | 103.6          | 30x60 | 71.00           |
| 6     | 115.7         | 40x70 | 133.6         | 102.1          | 30x60 | 88.18           |
| 5     | 114.8         | 40x70 | 131.4         | 102.1          | 30x60 | 87.31           |
| 4     | 114.8         | 40x70 | 131.4         | 102.1          | 30x60 | 87.31           |
| 3     | 114.8         | 40x70 | 131.4         | 102.1          | 30x60 | 87.31           |
| 2     | 114.8         | 40x70 | 131.4         | 102.1          | 30x60 | 87.31           |
| 1     | 114.8         | 40x70 | 131.4         | 102.1          | 30x60 | 87.31           |

VOLUMEN TOTAL = 995.91 m3

Para la cubicación del concreto en la losa, simplemente se multiplica la superficie de cada nivel, la cual, en nuestro caso, es la misma, por el espesor propuesto de 10 cm, multiplicada por trece niveles. Así pues, tenemos:

Superficie = 702 m2  
Espesor de la losa = 0.1 m  
Número de losas = 13  
Volumen de concreto = 912.6 m3  
=====

Así pues, resumiendo la cubicación del concreto en este edificio tenemos:

Volumen en columnas = 551.88 m3  
Volumen en trabes = 995.91 m3  
Volumen en losas = 912.60 m3  
-----

VOLUMEN TOTAL DE CONCRETO = 2,460.39 m3  
=====

Debido a que éste estudio, más que ser de costos en forma precisa, es un estudio de comparación de costos, hemos considerado que no es necesario proceder a una aproximación más allá de la que hemos presentado en párrafos e incisos anteriores.

## 6.2 Cimbra.

Como se comentó en párrafos anteriores, el área de cimbra es exactamente igual para cualquiera de los valores del factor de comportamiento sísmico.

En cuanto al procedimiento para la cubicación de ésta, es prácticamente igual que en el caso de concreto.

Comenzando con las columnas, hemos considerado la sección de las mismas, la altura libre de entrepiso, así como el número de columnas por planta y, procedemos a hacer una tabulación para, posteriormente, realizadas las operaciones respectivas, dar el área total de cimbra en columnas.

A continuación se muestra la tabla correspondiente a columnas:

| NIVEL | SECCION | ALTURA<br>(cm) | No. COL. | AREA TOTAL<br>(m2) |
|-------|---------|----------------|----------|--------------------|
| 13    | 40x60   | 300            | 28       | 168.00             |
| 12    | 50x70   | 300            | 28       | 201.60             |
| 11    | 50x70   | 300            | 28       | 201.60             |
| 10    | 50x70   | 300            | 28       | 201.60             |
| 9     | 60x80   | 300            | 28       | 235.20             |
| 8     | 60x80   | 300            | 28       | 235.20             |
| 7     | 60x80   | 300            | 28       | 235.20             |
| 6     | 60x80   | 300            | 28       | 235.20             |
| 5     | 70x90   | 300            | 28       | 268.80             |
| 4     | 70x90   | 300            | 28       | 268.80             |
| 3     | 70x90   | 300            | 28       | 268.80             |
| 2     | 70x90   | 400            | 28       | 358.40             |
| 1     | 70x90   | 230            | 28       | 202.20             |

AREA TOTAL DE CIMBRA = 3,080.60 m2

Una vez obtenida el área de cimbra en columnas, procedemos a la cubicación de la misma en trabes, tanto principales como secundarias.

Para este caso tomamos las mismas consideraciones que en el caso de concreto.

Así, tenemos la siguiente tabla:

| NIVEL | LONG.X<br>(m) | SECC. | LONG.Y<br>(m) | SECUND.<br>(m) | SECC. | AREA TOTAL<br>(m2) |
|-------|---------------|-------|---------------|----------------|-------|--------------------|
| 13    | 121.4         | 30x60 | 138.0         | 103.6          | 30x60 | 544.50             |
| 12    | 117.7         | 30x60 | 135.8         | 103.6          | 30x60 | 535.65             |
| 11    | 117.7         | 30x60 | 135.8         | 103.6          | 30x60 | 535.65             |
| 10    | 117.7         | 30x60 | 135.8         | 103.6          | 30x60 | 535.65             |
| 9     | 115.7         | 30x70 | 133.6         | 103.6          | 30x60 | 579.21             |
| 8     | 115.7         | 30x70 | 133.6         | 103.6          | 30x60 | 579.21             |
| 7     | 115.7         | 30x70 | 133.6         | 103.6          | 30x60 | 579.21             |
| 6     | 115.7         | 40x70 | 133.6         | 102.1          | 30x60 | 601.89             |
| 5     | 114.8         | 40x70 | 131.4         | 102.1          | 30x60 | 596.31             |
| 4     | 114.8         | 40x70 | 131.4         | 102.1          | 30x60 | 596.31             |
| 3     | 114.8         | 40x70 | 131.4         | 102.1          | 30x60 | 596.31             |
| 2     | 114.8         | 40x70 | 131.4         | 102.1          | 30x60 | 596.31             |
| 1     | 114.8         | 40x70 | 131.4         | 102.1          | 30x60 | 596.31             |

AREA TOTAL DE CIMBRA = 7,472.52 m2  
 =====

En lo que respecta a la cubicación de cimbra en las losas, hemos elaborado cuatro tablas, en las cuales, obtenemos el total de área de cimbra a descontar tanto en columnas como en trabes, al total de la superficie de la losa por planta.

De esta manera tenemos:

Columnas:

| NIVEL | SECCION | No.COL. | AREA A DESCONTAR |
|-------|---------|---------|------------------|
| 13    | 40x60   | 28      | 6.72             |
| 12    | 50x70   | 28      | 9.80             |
| 11    | 50x70   | 28      | 9.80             |
| 10    | 50x70   | 28      | 9.80             |
| 9     | 60x80   | 28      | 13.44            |
| 8     | 60x80   | 28      | 13.44            |
| 7     | 60x80   | 28      | 13.44            |
| 6     | 60x80   | 28      | 13.44            |
| 5     | 70x90   | 28      | 17.64            |
| 4     | 70x90   | 28      | 17.64            |
| 3     | 70x90   | 28      | 17.64            |
| 2     | 70x90   | 28      | 17.64            |
| 1     | 70x90   | 28      | 17.64            |

Trabes Principales:

| NIVEL | SECC. | LONG.  | AREA A DESCONTAR |
|-------|-------|--------|------------------|
| 13    | 30x60 | 259.40 | 77.82            |
| 12    | 30x60 | 253.50 | 76.05            |
| 11    | 30x60 | 253.50 | 76.05            |
| 10    | 30x60 | 253.50 | 76.05            |
| 9     | 30x70 | 249.30 | 74.79            |
| 8     | 30x70 | 249.30 | 74.79            |
| 7     | 30x70 | 249.30 | 74.79            |
| 6     | 40x70 | 249.30 | 99.72            |
| 5     | 40x70 | 246.20 | 98.48            |
| 4     | 40x70 | 246.20 | 98.48            |
| 3     | 40x70 | 246.20 | 98.48            |
| 2     | 40x70 | 246.20 | 98.48            |
| 1     | 40x70 | 246.20 | 98.48            |

Trabes Secundarias:

| NIVEL | SECC. | LONG.  | AREA A DESCONTAR |
|-------|-------|--------|------------------|
| 13    | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 12    | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 11    | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 10    | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 9     | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 8     | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 7     | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 6     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |
| 5     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |
| 4     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |
| 3     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |
| 2     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |
| 1     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |

Area total en losas:

| NIVEL | AREA<br>LOSA | AREA<br>COL. | AREA<br>T.P. | AREA<br>T.S. | AREA TOTAL<br>LOSA |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| 13    | 702          | 6.72         | 77.82        | 31.08        | 586.38             |
| 12    | 702          | 9.80         | 76.05        | 31.08        | 585.07             |
| 11    | 702          | 9.80         | 76.05        | 31.08        | 585.07             |
| 10    | 702          | 9.80         | 76.05        | 31.08        | 585.07             |
| 9     | 702          | 13.44        | 74.79        | 31.08        | 582.69             |
| 8     | 702          | 13.44        | 74.79        | 31.08        | 582.69             |
| 7     | 702          | 13.44        | 74.79        | 31.08        | 582.69             |
| 6     | 702          | 13.44        | 99.72        | 30.63        | 558.45             |
| 5     | 702          | 17.64        | 98.48        | 30.63        | 555.25             |
| 4     | 702          | 17.64        | 98.48        | 30.63        | 555.25             |
| 3     | 702          | 17.64        | 98.48        | 30.63        | 555.25             |
| 2     | 702          | 17.64        | 98.48        | 30.63        | 555.25             |
| 1     | 702          | 17.64        | 98.48        | 30.63        | 555.25             |

AREA TOTAL DE CIMBRA = 8,243.36 m2  
=====

Trabes Secundarias:

| NIVEL | SECC. | LONG.  | AREA A DESCONTAR |
|-------|-------|--------|------------------|
| 13    | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 12    | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 11    | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 10    | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 9     | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 8     | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 7     | 30x60 | 259.40 | 31.08            |
| 6     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |
| 5     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |
| 4     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |
| 3     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |
| 2     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |
| 1     | 30x60 | 102.10 | 30.63            |

Area total en losas:

| NIVEL | AREA<br>LOSA | AREA<br>COL. | AREA<br>T.P. | AREA<br>T.S. | AREA TOTAL<br>LOSA |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| 13    | 702          | 6.72         | 77.82        | 31.08        | 586.38             |
| 12    | 702          | 9.80         | 76.05        | 31.08        | 585.07             |
| 11    | 702          | 9.80         | 76.05        | 31.08        | 585.07             |
| 10    | 702          | 9.80         | 76.05        | 31.08        | 585.07             |
| 9     | 702          | 13.44        | 74.79        | 31.08        | 582.69             |
| 8     | 702          | 13.44        | 74.79        | 31.08        | 582.69             |
| 7     | 702          | 13.44        | 74.79        | 31.08        | 582.69             |
| 6     | 702          | 13.44        | 99.72        | 30.63        | 558.45             |
| 5     | 702          | 17.64        | 98.48        | 30.63        | 555.25             |
| 4     | 702          | 17.64        | 98.48        | 30.63        | 555.25             |
| 3     | 702          | 17.64        | 98.48        | 30.63        | 555.25             |
| 2     | 702          | 17.64        | 98.48        | 30.63        | 555.25             |
| 1     | 702          | 17.64        | 98.48        | 30.63        | 555.25             |

AREA TOTAL DE CIMBRA = 8,243.36 m2

Así pues, resumiendo la cubicación de cimbra en el edificio tenemos:

AREA EN COLUMNAS = 3,080.60 m<sup>2</sup>

AREA EN TRABES = 7,472.52 m<sup>2</sup>

AREA EN LOSAS = 8,243.36 m<sup>2</sup>

=====

AREA TOTAL DE CIMBRA = 18,796.48 m<sup>2</sup>

=====

Como comentamos anteriormente, no es necesario proceder a una aproximación más allá de la que se ha presentado.

### 6.3 Acero.

En lo que respecta a la cuantificación de acero, tomando como base las tablas mostradas en el capítulo de criterio de diseño, elaboramos unas tablas en las que consideramos el peso de las varillas y la longitud de las mismas, para así, obtener el total del peso para cada valor correspondiente de "Q".

A continuación mostraremos las tablas correspondientes a columnas y trabes.



AREA TOTAL DE ACERO EN COLUMNAS

| I | I      | I     | EST     | I       | LONG    | I   | SUMA | I     | I | TOTAL  | I |
|---|--------|-------|---------|---------|---------|-----|------|-------|---|--------|---|
| I | COL    | I Q   | I P     | I P     | I P     | I P | I P  | I #   | I |        | I |
| I | I      | I     | (kg)    | I       | (kg)    | I   | (kg) | I COL | I |        | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1588  | I 2948  | I 4536  | I   | I    | I     | I | 9071   | I |
| I | I K1   | I Q=3 | I 1585  | I 3523  | I 5108  | I   | I 2  | I     | I | 10216  | I |
| I | I      | I Q=2 | I 748   | I 4105  | I 4853  | I   | I    | I     | I | 9705   | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1585  | I 2916  | I 4501  | I   | I    | I     | I | 9002   | I |
| I | I K2   | I Q=3 | I 1585  | I 3861  | I 5446  | I   | I 2  | I     | I | 10892  | I |
| I | I      | I Q=2 | I 748   | I 4654  | I 5402  | I   | I    | I     | I | 10803  | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1585  | I 2959  | I 4544  | I   | I    | I     | I | 9088   | I |
| I | I K3   | I Q=3 | I 1629  | I 4105  | I 5734  | I   | I 2  | I     | I | 11468  | I |
| I | I      | I Q=2 | I 772   | I 4792  | I 5564  | I   | I    | I     | I | 11128  | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1585  | I 2767  | I 4352  | I   | I    | I     | I | 8704   | I |
| I | I K4   | I Q=3 | I 1585  | I 3165  | I 4750  | I   | I 2  | I     | I | 9500   | I |
| I | I      | I Q=2 | I 748   | I 3652  | I 4400  | I   | I    | I     | I | 8799   | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1534  | I 2696  | I 4230  | I   | I    | I     | I | 8461   | I |
| I | I K5   | I Q=3 | I 1534  | I 3099  | I 4633  | I   | I 2  | I     | I | 9267   | I |
| I | I      | I Q=2 | I 675   | I 3277  | I 3952  | I   | I    | I     | I | 7904   | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1682  | I 2629  | I 4311  | I   | I    | I     | I | 17244  | I |
| I | I K6   | I Q=3 | I 1682  | I 3239  | I 4921  | I   | I 4  | I     | I | 19684  | I |
| I | I      | I Q=2 | I 748   | I 4104  | I 4852  | I   | I    | I     | I | 19407  | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1682  | I 3063  | I 4745  | I   | I    | I     | I | 9490   | I |
| I | I K7   | I Q=3 | I 1629  | I 4071  | I 5700  | I   | I 2  | I     | I | 11400  | I |
| I | I      | I Q=2 | I 727   | I 4780  | I 5507  | I   | I    | I     | I | 11014  | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1585  | I 2321  | I 3906  | I   | I    | I     | I | 7812   | I |
| I | I K8   | I Q=3 | I 1585  | I 2767  | I 4352  | I   | I 2  | I     | I | 8704   | I |
| I | I      | I Q=2 | I 703   | I 3335  | I 4038  | I   | I    | I     | I | 8075   | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1534  | I 2321  | I 3855  | I   | I    | I     | I | 7711   | I |
| I | I K9   | I Q=3 | I 1534  | I 2696  | I 4230  | I   | I 2  | I     | I | 8461   | I |
| I | I      | I Q=2 | I 675   | I 3115  | I 3790  | I   | I    | I     | I | 7580   | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1585  | I 1996  | I 3581  | I   | I    | I     | I | 14323  | I |
| I | I K10  | I Q=3 | I 1585  | I 3001  | I 4586  | I   | I 4  | I     | I | 18343  | I |
| I | I      | I Q=2 | I 727   | I 3150  | I 3877  | I   | I    | I     | I | 15508  | I |
| I | I      | I Q=4 | I 1629  | I 2024  | I 3653  | I   | I    | I     | I | 14611  | I |
| I | I K11  | I Q=3 | I 1629  | I 2584  | I 4213  | I   | I 4  | I     | I | 16851  | I |
| I | I      | I Q=2 | I 772   | I 2950  | I 3722  | I   | I    | I     | I | 14888  | I |
| I | I      | I Q=4 | I 17573 | I 28640 | I 46213 | I   | I    | I     | I | 115516 | I |
| I | I SUMA | I Q=3 | I 17561 | I 36111 | I 53672 | I   | I    | I     | I | 134784 | I |
| I | I      | I Q=2 | I 8041  | I 41914 | I 49955 | I   | I    | I     | I | 124811 | I |

ACERO EN TRABES (ESTRIBOS Y ARMADO LONGITUDINAL)

| I NIVEL   | I     | 1      | I     | 2      | I     | 3      | I     | 4      | I     |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| I SECCION | I     | 40X80  | I     | 40X80  | I     | 40X80  | I     | 40X80  | I     |
| I TRABE   | Q     | E      | L     | E      | L     | E      | L     | E      | L     |
| I I       | I     | (Kg)   | (Kg)  | (Kg)   | (Kg)  | (Kg)   | (Kg)  | (Kg)   | (Kg)  |
| I T1      | I Q=4 | I 81   | 387   | I 81   | 387   | I 81   | 387   | I 81   | 300   |
| I         | I Q=3 | I 81   | 480   | I 81   | 480   | I 81   | 480   | I 81   | 480   |
| I         | I Q=2 | I 105  | 648   | I 105  | 648   | I 105  | 648   | I 105  | 648   |
| I T2      | I Q=4 | I 204  | 898   | I 204  | 898   | I 204  | 898   | I 204  | 810   |
| I         | I Q=3 | I 204  | 1096  | I 204  | 1096  | I 204  | 1096  | I 204  | 1096  |
| I         | I Q=2 | I 336  | 1620  | I 336  | 1620  | I 336  | 1620  | I 336  | 1620  |
| I T3      | I Q=4 | I 237  | 965   | I 237  | 965   | I 237  | 965   | I 237  | 965   |
| I         | I Q=3 | I 223  | 1093  | I 223  | 1093  | I 223  | 1093  | I 223  | 1093  |
| I         | I Q=2 | I 348  | 1740  | I 348  | 1740  | I 348  | 1740  | I 348  | 1740  |
| I T4      | I Q=4 | I 223  | 965   | I 223  | 965   | I 223  | 965   | I 223  | 965   |
| I         | I Q=3 | I 223  | 1093  | I 223  | 1093  | I 223  | 1093  | I 223  | 1093  |
| I         | I Q=2 | I 348  | 1740  | I 348  | 1740  | I 348  | 1740  | I 348  | 1740  |
| I T5      | I Q=4 | I 263  | 913   | I 263  | 913   | I 263  | 913   | I 263  | 913   |
| I         | I Q=3 | I 283  | 1232  | I 283  | 1232  | I 283  | 1232  | I 283  | 1232  |
| I         | I Q=2 | I 394  | 1920  | I 394  | 1920  | I 394  | 1920  | I 394  | 1920  |
| I TA      | I Q=4 | I 184  | 920   | I 184  | 920   | I 184  | 920   | I 184  | 920   |
| I         | I Q=3 | I 184  | 1080  | I 184  | 1080  | I 184  | 1080  | I 184  | 1080  |
| I         | I Q=2 | I 330  | 1404  | I 330  | 1404  | I 330  | 1404  | I 330  | 1404  |
| I TB      | I Q=4 | I 184  | 797   | I 184  | 797   | I 184  | 797   | I 184  | 876   |
| I         | I Q=3 | I 184  | 1024  | I 184  | 1024  | I 184  | 1024  | I 184  | 1024  |
| I         | I Q=2 | I 310  | 1458  | I 310  | 1458  | I 310  | 1458  | I 310  | 1458  |
| I TC      | I Q=4 | I 134  | 510   | I 134  | 510   | I 134  | 510   | I 134  | 510   |
| I         | I Q=3 | I 135  | 726   | I 135  | 726   | I 135  | 726   | I 135  | 726   |
| I         | I Q=2 | I 162  | 1092  | I 162  | 1092  | I 162  | 1092  | I 162  | 1092  |
| I TD      | I Q=4 | I 134  | 510   | I 134  | 510   | I 134  | 510   | I 134  | 510   |
| I         | I Q=3 | I 135  | 726   | I 135  | 726   | I 135  | 726   | I 135  | 726   |
| I         | I Q=2 | I 162  | 1092  | I 162  | 1092  | I 162  | 1092  | I 162  | 1092  |
| I TE      | I Q=4 | I 184  | 797   | I 184  | 797   | I 184  | 797   | I 184  | 876   |
| I         | I Q=3 | I 184  | 1024  | I 184  | 1024  | I 184  | 1024  | I 184  | 1024  |
| I         | I Q=2 | I 310  | 1458  | I 310  | 1458  | I 310  | 1458  | I 310  | 1458  |
| I TF      | I Q=4 | I 184  | 920   | I 184  | 920   | I 184  | 920   | I 184  | 920   |
| I         | I Q=3 | I 184  | 1080  | I 184  | 1080  | I 184  | 1080  | I 184  | 1080  |
| I         | I Q=2 | I 330  | 1404  | I 330  | 1404  | I 330  | 1404  | I 330  | 1404  |
| I S       | I Q=4 | I 2013 | 8581  | I 2013 | 8581  | I 2013 | 8581  | I 2013 | 8564  |
| I         | I Q=3 | I 2021 | 10654 | I 2021 | 10654 | I 2021 | 10654 | I 2021 | 10654 |
| I         | I Q=2 | I 3135 | 15576 | I 3135 | 15576 | I 3135 | 15576 | I 3135 | 15576 |

ACERO EN TRABES (ESTRIBOS Y ARMADO LONGITUDINAL)

| I NIVEL   |       | I 5     |         | I 6     |         | I 7     |         | I 8     |         | I |
|-----------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
| I SECCION |       | I 40X80 |         | I 40X80 |         | I 30X80 |         | I 30X80 |         | I |
| I         | I     | I       | I       | I       | I       | I       | I       | I       | I       | I |
| I TRABE   | I Q   | I E     | I L     | I E     | I L     | I E     | I L     | I E     | I L     | I |
| I         | I     | I (Kg)  | I (Kg)  | I (Kg)  | I (Kg)  | I (Kg)  | I (Kg)  | I (Kg)  | I (Kg)  | I |
| I T1      | I Q=4 | I 81    | I 300   | I 81    | I 300   | I 75    | I 300   | I 75    | I 300   | I |
|           | I Q=3 | I 81    | I 480   | I 81    | I 480   | I 75    | I 365   | I 75    | I 365   | I |
|           | I Q=2 | I 105   | I 648   | I 105   | I 648   | I 96    | I 552   | I 96    | I 552   | I |
| I T2      | I Q=4 | I 204   | I 810   | I 204   | I 810   | I 187   | I 739   | I 187   | I 739   | I |
|           | I Q=3 | I 204   | I 1096  | I 204   | I 1096  | I 187   | I 917   | I 187   | I 917   | I |
|           | I Q=2 | I 336   | I 1620  | I 336   | I 1620  | I 248   | I 1320  | I 248   | I 1320  | I |
| I T3      | I Q=4 | I 237   | I 965   | I 237   | I 965   | I 205   | I 811   | I 205   | I 811   | I |
|           | I Q=3 | I 223   | I 1093  | I 223   | I 1093  | I 205   | I 1093  | I 205   | I 1093  | I |
|           | I Q=2 | I 348   | I 1740  | I 348   | I 1740  | I 319   | I 1307  | I 319   | I 1307  | I |
| I T4      | I Q=4 | I 223   | I 965   | I 223   | I 965   | I 205   | I 811   | I 205   | I 811   | I |
|           | I Q=3 | I 223   | I 1093  | I 223   | I 1093  | I 205   | I 1093  | I 205   | I 1093  | I |
|           | I Q=2 | I 348   | I 1740  | I 348   | I 1740  | I 319   | I 1307  | I 319   | I 1307  | I |
| I T5      | I Q=4 | I 263   | I 913   | I 263   | I 913   | I 211   | I 1127  | I 211   | I 1127  | I |
|           | I Q=3 | I 283   | I 1232  | I 283   | I 1232  | I 211   | I 965   | I 211   | I 965   | I |
|           | I Q=2 | I 394   | I 1920  | I 394   | I 1920  | I 361   | I 1560  | I 361   | I 1560  | I |
| I TA      | I Q=4 | I 184   | I 920   | I 184   | I 920   | I 169   | I 756   | I 169   | I 756   | I |
|           | I Q=3 | I 184   | I 1080  | I 184   | I 1080  | I 169   | I 1024  | I 169   | I 1024  | I |
|           | I Q=2 | I 330   | I 1404  | I 330   | I 1404  | I 292   | I 1460  | I 292   | I 1460  | I |
| I TB      | I Q=4 | I 184   | I 876   | I 184   | I 876   | I 169   | I 708   | I 169   | I 708   | I |
|           | I Q=3 | I 184   | I 1024  | I 184   | I 1024  | I 169   | I 1093  | I 169   | I 1093  | I |
|           | I Q=2 | I 310   | I 1458  | I 310   | I 1458  | I 229   | I 1352  | I 229   | I 1352  | I |
| I TC      | I Q=4 | I 134   | I 510   | I 134   | I 510   | I 123   | I 460   | I 123   | I 460   | I |
|           | I Q=3 | I 135   | I 726   | I 135   | I 726   | I 123   | I 570   | I 123   | I 570   | I |
|           | I Q=2 | I 162   | I 1092  | I 162   | I 1092  | I 116   | I 840   | I 116   | I 840   | I |
| I TD      | I Q=4 | I 134   | I 510   | I 134   | I 510   | I 123   | I 460   | I 123   | I 460   | I |
|           | I Q=3 | I 135   | I 726   | I 135   | I 726   | I 123   | I 570   | I 123   | I 570   | I |
|           | I Q=2 | I 162   | I 1092  | I 162   | I 1092  | I 116   | I 840   | I 116   | I 840   | I |
| I TE      | I Q=4 | I 184   | I 876   | I 184   | I 876   | I 169   | I 708   | I 169   | I 708   | I |
|           | I Q=3 | I 184   | I 1024  | I 184   | I 1024  | I 169   | I 1093  | I 169   | I 1093  | I |
|           | I Q=2 | I 310   | I 1458  | I 310   | I 1458  | I 229   | I 1352  | I 229   | I 1352  | I |
| I TF      | I Q=4 | I 184   | I 920   | I 184   | I 920   | I 169   | I 756   | I 169   | I 756   | I |
|           | I Q=3 | I 184   | I 1080  | I 184   | I 1080  | I 169   | I 1024  | I 169   | I 1024  | I |
|           | I Q=2 | I 330   | I 1404  | I 330   | I 1404  | I 292   | I 1460  | I 292   | I 1460  | I |
| I S       | I Q=4 | I 2013  | I 8564  | I 2013  | I 8564  | I 1802  | I 7636  | I 1802  | I 7636  | I |
|           | I Q=3 | I 2021  | I 10654 | I 2021  | I 10654 | I 1804  | I 9807  | I 1804  | I 9807  | I |
|           | I Q=2 | I 3135  | I 15576 | I 3135  | I 15576 | I 2615  | I 13350 | I 2615  | I 13350 | I |

**ACERO EN TRABES (ESTRIBOS Y ARMADO LONGITUDINAL)**

| I NIVEL   |       | I 9     |       | I 10    |      | I 11    |      | I 12    |      |
|-----------|-------|---------|-------|---------|------|---------|------|---------|------|
| I SECCION |       | I 30X80 |       | I 30X70 |      | I 30X70 |      | I 30X70 |      |
| I TRABE   | Q     | I E     | L     | I E     | L    | I E     | L    | I E     | L    |
| I I       | I     | I (Kg)  | (Kg)  | I (Kg)  | (Kg) | I (Kg)  | (Kg) | I (Kg)  | (Kg) |
| I T1      | I Q=4 | I 75    | 300   | I 65    | 190  | I 65    | 190  | I 65    | 190  |
|           | I Q=3 | I 75    | 365   | I 72    | 217  | I 72    | 217  | I 72    | 217  |
|           | I Q=2 | I 96    | 552   | I 59    | 360  | I 59    | 360  | I 59    | 360  |
| I T2      | I Q=4 | I 187   | 739   | I 164   | 693  | I 164   | 693  | I 164   | 693  |
|           | I Q=3 | I 187   | 917   | I 191   | 746  | I 191   | 746  | I 191   | 746  |
|           | I Q=2 | I 248   | 1320  | I 171   | 1045 | I 171   | 1045 | I 171   | 1045 |
| I T3      | I Q=4 | I 205   | 811   | I 175   | 773  | I 175   | 773  | I 175   | 773  |
|           | I Q=3 | I 205   | 1093  | I 180   | 954  | I 180   | 954  | I 180   | 954  |
|           | I Q=2 | I 319   | 1307  | I 235   | 991  | I 235   | 991  | I 235   | 991  |
| I T4      | I Q=4 | I 205   | 811   | I 175   | 773  | I 175   | 773  | I 175   | 773  |
|           | I Q=3 | I 205   | 1093  | I 180   | 954  | I 180   | 954  | I 180   | 954  |
|           | I Q=2 | I 319   | 1307  | I 235   | 991  | I 235   | 991  | I 235   | 991  |
| I T5      | I Q=4 | I 211   | 1127  | I 175   | 751  | I 175   | 751  | I 175   | 751  |
|           | I Q=3 | I 211   | 965   | I 191   | 913  | I 191   | 913  | I 191   | 913  |
|           | I Q=2 | I 361   | 1560  | I 235   | 1260 | I 235   | 1260 | I 235   | 1260 |
| I TA      | I Q=4 | I 169   | 756   | I 141   | 520  | I 141   | 520  | I 141   | 520  |
|           | I Q=3 | I 169   | 1024  | I 141   | 934  | I 141   | 934  | I 141   | 934  |
|           | I Q=2 | I 292   | 1460  | I 136   | 1028 | I 136   | 1028 | I 136   | 1028 |
| I TB      | I Q=4 | I 169   | 708   | I 141   | 547  | I 141   | 547  | I 141   | 547  |
|           | I Q=3 | I 169   | 1093  | I 141   | 657  | I 141   | 657  | I 141   | 657  |
|           | I Q=2 | I 229   | 1352  | I 127   | 933  | I 127   | 933  | I 127   | 933  |
| I TC      | I Q=4 | I 123   | 460   | I 108   | 357  | I 108   | 357  | I 108   | 357  |
|           | I Q=3 | I 123   | 570   | I 108   | 390  | I 108   | 390  | I 108   | 390  |
|           | I Q=2 | I 116   | 840   | I 98    | 570  | I 98    | 570  | I 98    | 570  |
| I TD      | I Q=4 | I 123   | 460   | I 108   | 357  | I 108   | 357  | I 108   | 357  |
|           | I Q=3 | I 123   | 570   | I 108   | 390  | I 108   | 390  | I 108   | 390  |
|           | I Q=2 | I 116   | 840   | I 98    | 570  | I 98    | 570  | I 98    | 570  |
| I TE      | I Q=4 | I 169   | 708   | I 141   | 547  | I 141   | 547  | I 141   | 547  |
|           | I Q=3 | I 169   | 1093  | I 141   | 657  | I 141   | 657  | I 141   | 657  |
|           | I Q=2 | I 229   | 1352  | I 127   | 933  | I 127   | 933  | I 127   | 933  |
| I TF      | I Q=4 | I 169   | 756   | I 141   | 520  | I 141   | 520  | I 141   | 520  |
|           | I Q=3 | I 169   | 1024  | I 141   | 934  | I 141   | 934  | I 141   | 934  |
|           | I Q=2 | I 292   | 1460  | I 136   | 1028 | I 136   | 1028 | I 136   | 1028 |
| I TG      | I Q=4 | I 1802  | 7636  | I 1537  | 6026 | I 1537  | 6026 | I 1537  | 6026 |
|           | I Q=3 | I 1804  | 9807  | I 1598  | 7746 | I 1598  | 7746 | I 1598  | 7746 |
|           | I Q=2 | I 2815  | 13350 | I 1659  | 9708 | I 1659  | 9708 | I 1659  | 9708 |

ACERO EN TRABES (ESTRIBOS Y ARMADO LONGITUDINAL)

| I NIVEL   | I     | 13     | I      | P       | I        | P    | I |
|-----------|-------|--------|--------|---------|----------|------|---|
| I SECCION | I     | 30X70  | I      | (kg)    | I        | (Kg) | I |
| I TRABEI  | Q     | E      | L      | E       | L        |      |   |
| I         | I     | (Kg)   | (Kg)   | I       | I        |      |   |
| I T1      | I Q=4 | I 65   | I 112  | I 975   | I 3646   |      |   |
| I         | I Q=3 | I 83   | I 112  | I 1012  | I 4739   |      |   |
| I         | I Q=2 | I 59   | I 124  | I 1157  | I 6748   |      |   |
| I T2      | I Q=4 | I 165  | I 366  | I 2440  | I 9783   |      |   |
| I         | I Q=3 | I 164  | I 365  | I 2520  | I 11932  |      |   |
| I         | I Q=2 | I 143  | I 433  | I 3412  | I 17248  |      |   |
| I T3      | I Q=4 | I 165  | I 443  | I 2723  | I 10985  |      |   |
| I         | I Q=3 | I 164  | I 536  | I 2659  | I 13234  |      |   |
| I         | I Q=2 | I 143  | I 511  | I 3896  | I 17845  |      |   |
| I T4      | I Q=4 | I 165  | I 443  | I 2643  | I 10985  |      |   |
| I         | I Q=3 | I 164  | I 536  | I 2660  | I 13234  |      |   |
| I         | I Q=2 | I 143  | I 511  | I 3896  | I 17845  |      |   |
| I T5      | I Q=4 | I 165  | I 303  | I 2899  | I 11414  |      |   |
| I         | I Q=3 | I 164  | I 335  | I 3067  | I 13361  |      |   |
| I         | I Q=2 | I 143  | I 403  | I 4299  | I 20383  |      |   |
| I TA      | I Q=4 | I 141  | I 267  | I 2177  | I 9614   |      |   |
| I         | I Q=3 | I 141  | I 269  | I 2177  | I 12622  |      |   |
| I         | I Q=2 | I 124  | I 297  | I 3386  | I 16185  |      |   |
| I TB      | I Q=4 | I 141  | I 271  | I 2177  | I 9052   |      |   |
| I         | I Q=3 | I 141  | I 282  | I 2177  | I 11677  |      |   |
| I         | I Q=2 | I 124  | I 298  | I 3053  | I 15901  |      |   |
| I TC      | I Q=4 | I 108  | I 211  | I 1607  | I 5720   |      |   |
| I         | I Q=3 | I 108  | I 212  | I 1612  | I 7448   |      |   |
| I         | I Q=2 | I 95   | I 220  | I 1707  | I 11001  |      |   |
| I TD      | I Q=4 | I 108  | I 211  | I 1607  | I 5720   |      |   |
| I         | I Q=3 | I 108  | I 212  | I 1612  | I 7448   |      |   |
| I         | I Q=2 | I 95   | I 220  | I 1707  | I 11001  |      |   |
| I TE      | I Q=4 | I 141  | I 271  | I 2177  | I 9052   |      |   |
| I         | I Q=3 | I 141  | I 282  | I 2177  | I 11677  |      |   |
| I         | I Q=2 | I 124  | I 298  | I 3053  | I 15901  |      |   |
| I TF      | I Q=4 | I 141  | I 267  | I 2177  | I 9614   |      |   |
| I         | I Q=3 | I 141  | I 269  | I 2177  | I 12622  |      |   |
| I         | I Q=2 | I 124  | I 297  | I 3386  | I 16185  |      |   |
| I S       | I Q=4 | I 1508 | I 3165 | I 23603 | I 95587  |      |   |
| I         | I Q=3 | I 1522 | I 3409 | I 23851 | I 119993 |      |   |
| I         | I Q=2 | I 1316 | I 3612 | I 32951 | I 166242 |      |   |

En lo que respecta a la cubicación de acero en losas, se cuantificó según las especificaciones mostradas en el armado de las mismas, en el capítulo de diseño. Así, obtuvimos una longitud igual a 6,268 m de varilla del No. 3 que, multiplicado por el peso respectivo, el cual es de 0.56 Kg/m , obtuvimos el siguiente resultado:

$$P = 3,510 \text{ Kg/losa}$$

que a su vez, multiplicado por los trece niveles que consta el edificio en estudio, nos da como resultado un total de:

$$P = 45,631 \text{ Kg}$$

Así pues, resumiendo la cubicación de acero en este edificio tenemos:

|               | Q=4     | Q=3     | Q=2     |
|---------------|---------|---------|---------|
| COLUMNAS      | 115,516 | 134,784 | 124,811 |
| TRABES PRINC. | 119,190 | 143,844 | 199,193 |
| TRABES SEC.   | 22,818  | 22,818  | 22,818  |
| LOSAS         | 45,631  | 45,631  | 45,631  |
| SUMA (kg)     | 303,155 | 347,077 | 392,453 |

## 7.- COSTOS

### 7.1 Formación de los Precios Unitarios.

En los inicios de la construcción, el éxito de un constructor frecuentemente dependía de su habilidad para manejar, guiado únicamente por la intuición y sus experiencias personales; elemento humano, materiales y equipo, en función de ejecutar la obra en el menor tiempo al más bajo costo. Hoy en día, este sistema ha sido reemplazado casi en su totalidad por la planeación minuciosa de cada paso de la obra antes de que ésta se inicie, escogiendo los recursos idóneos para realizar un proyecto definido, previo análisis exhaustivo del mismo. Se determinan así, los mejores métodos constructivos para su correcta ejecución, manteniendo controles adecuados mediante reportes periódicos del avance de la obra, de los costos presupuestados y, en general, de parámetros que puedan ayudar a corregir desviaciones y a perfeccionar el plan original.

Si un proyecto se puede ejecutar siguiendo dos métodos distintos, o usando dos equipos diferentes, el método y el equipo más económico para realizar la obra, serán los adecuados. Lo anterior nos lleva a incrementar el número de análisis de costos para determinar qué método y qué recursos debemos emplear.

Dentro de los múltiples problemas que se presentan en el ramo de la construcción, el establecimiento de los precios unitarios equitativos a que debe pagarse un trabajo, ha sido

tradicionalmente un punto de divergencia de opiniones entre las empresas contratistas y los órganos oficiales o particulares encargados de la realización de obras, lo que ha constituido motivo de discusiones, creando en muchos casos fricciones entre el personal encargado de los trabajos, originando pérdidas de tiempo y dinero que entorpecen el desarrollo de las obras.

Cuando con anticipación se establecen en forma perfectamente definidas las normas, especificaciones y criterios generales que servirán de base para el cálculo de los precios unitarios, los puntos de divergencia pueden reducirse al mínimo.

La elaboración de los precios unitarios, no es más que una etapa dentro del proceso constructivo general, que se inicia con la investigación o estudio de la factibilidad de realizar una obra, y que termina con la construcción de la misma.

No es posible calcular precios unitarios sin el apoyo de las especificaciones, ya que son éstas precisamente las que definen la obra que se requiere y la manera en que debe ejecutarse, lo que indudablemente constituye la base para determinar los precios unitarios de los conceptos de esa obra.

Previo a la elaboración de estos precios unitarios, es absolutamente indispensable, conocer a fondo la naturaleza de los recursos, tanto humanos como de maquinaria y materiales, así como la disponibilidad de los mismos.



Antes de exponer los precios unitarios, es necesario establecer las siguientes definiciones:

**Precio Unitario:** es la remuneración o pago de moneda, que el contratante cubre al contratista, por unidad de obra y por concepto de trabajo que ejecute, de acuerdo a las especificaciones.

**Unidad de obra:** es la unidad de medición señalada en las especificaciones, para cuantificar el concepto de trabajo con fines de medición y de pago.

**Concepto de trabajo:** es el conjunto de operaciones manuales y mecánicas que el contratista realiza durante la ejecución de la obra, de acuerdo a planos y especificaciones, divididas convencionalmente para fines de medición y pago, incluyendo el suministro de los materiales correspondientes cuando éstos sean necesarios.

**Especificaciones:** son el conjunto de requerimientos exigidos en los proyectos y presupuestos para definir con precisión y claridad el alcance de los conceptos de trabajo. Las especificaciones de un concepto en particular, deben contener las siguientes definiciones:

- a) Descripción del concepto
- b) Materiales que intervienen y su calidad
- c) Alcance de la ejecución del concepto
- d) Mediciones para fines de pago
- e) Cargos que incluyen los precios unitarios.

En términos generales, los elementos que componen un precio unitario son:

$$\text{COSTO UNITARIO} + \text{UTILIDAD} = \text{PRECIO UNITARIO}$$

donde:

$$\text{COSTOS DIRECTOS} + \text{COSTOS INDIRECTOS} = \text{COSTO UNITARIO}$$

donde:

$$\text{COSTOS DIRECTOS} = \text{Materiales} + \text{Mano de Obra} + \text{Equipo}$$

$$\text{COSTOS INDIRECTOS} = \text{Admon. en obra} + \text{Admon. central} + \text{Financiamiento} + \text{Fianzas y Seguros} + \text{Imprevistos.}$$

Esto es, podemos clasificar dentro de los costos directos de un concepto de trabajo, todas aquellas erogaciones efectuadas exclusivamente para realizar dicho concepto de trabajo, y todos aquellos gastos generales, necesarios para la construcción del proyecto, que no han sido considerados dentro de los costos indirectos. La suma de ambos será el costo unitario de dicho concepto.

La utilidad será entonces, la ganancia que debe considerar cada empresa contratista, como resultado a sus esfuerzos técnicos, administrativos y económicos, para cumplir con la realización de un proyecto. La suma del costo unitario más la utilidad será el precio unitario de un concepto de obra.

Existen variaciones de criterio en cuanto a la forma de integrar tanto los costos directos como los costos indirectos, con respecto al criterio establecido anteriormente.

Cabe mencionar que únicamente presentaremos la formación de costos directos, ya que como la finalidad de este trabajo es la comparación de los costos con los diferentes valores de "Q", es innecesario presentar la formación del precio unitario completo, es decir, costos directos más indirectos más utilidad, ya que estos dos últimos pasarían a ser parámetros constantes, los cuales no son de la incumbencia de este trabajo.

Por otro lado, los precios utilizados en dichos costos, están actualizados al mes de julio de 1990.

### 7.1.1.1 Concreto.

A continuación presentamos el precio del concreto con sus respectivas especificaciones.

Así mismo cabe mencionar que estamos presentando dos precios distintos, uno para columnas y muros y otro para trabes y losas. Esto es debido a que existe una variación en cuanto al rendimiento de la mano de obra en ambos.

Así tenemos:

LISTADO DE PRECIOS UNITARIOS

| Descripción  | Un. | Cantidad            | Precio    | Importe |
|--|-----|---------------------|-----------|---------|
| CONCRETO EN ESTRUCTURA   |     |                     |           |         |
| Conc.Pre.f'c=300 tra-losa 3/4  | m3  |                     | \$193,985 |         |
| Concreto premezclado R.N. vaciado con carretilla y botes.<br>f'c=300 kg/cm2 T.M.A.=3/4". En trabes y losas. ---<br>Se incluye materiales, elaboración, bombeo, vaciado, ---<br>vibrado y curado. |     |                     |           |         |
| MATERIALES -----   |     |                     |           |         |
| Concreto nor f'c=300 de 20mm   | m3  | 1.0400              | 152,700   | 158,808 |
| Agua   | m3  | 0.0600              | 2,208     | 132     |
|  |     | SUMA .....          |           | 158,940 |
| MANO DE OBRA ----  |     |                     |           |         |
| Cuad.6: 1 albanil+ 4 peones  | jor | 0.0822              | 154,766   | 12,722  |
|  |     | SUMA .....          |           | 12,722  |
| MAQUINARIA -----   |     |                     |           |         |
| Vibrador para concreto   | m3  | 1.0000              | 458       | 458     |
| Bombeo de concreto prem.   | m3  | 1.0000              | 21,865    | 21,865  |
|  |     | SUMA .....          |           | 22,323  |
|  |     | COSTO DIRECTO ..... |           | 193,985 |

Precio: Ciento noventa y tres mil novecientos ochenta y cinco pesos.

LISTADO DE PRECIOS UNITARIOS

| Descripción  | Un. | Cantidad             | Precio    | Importe        |
|--|-----|----------------------|-----------|----------------|
| <b>CONCRETO EN ESTRUCTURA</b>  |     |                      |           |                |
| Conc.Pre.f'c=300 col-mur 3/4   | m3  |                      | \$218,098 |                |
| Concreto premezclado R.N. vaciado con carretilla y botes.<br>f'c=300 kg/cm2 T.M.A.=3/4". En columnas y muros. ---<br>Se incluye materiales, elaboración, bombeo, vaciado, ---<br>vibrado y curado. |     |                      |           |                |
| <b>MATERIALES -----</b>  |     |                      |           |                |
| Concreto nor f'c=300 de 20mm   | m3  | 1.0400               | 152,700   | 158,808        |
| Agua   | m3  | 0.0600               | 2,208     | 132            |
|  |     | <b>SUMA</b>          |           | <b>158,940</b> |
| <b>MANO DE OBRA ----</b>   |     |                      |           |                |
| Cuad.6: 1 albanil+ 4 peones  | jor | 0.2380               | 154,766   | 36,834         |
|  |     | <b>SUMA</b>          |           | <b>36,834</b>  |
| <b>MAQUINARIA -----</b>  |     |                      |           |                |
| Vibrador para concreto   | m3  | 1.0000               | 458       | 458            |
| Bombeo de concreto prem.   | m3  | 1.0000               | 21,865    | 21,865         |
|  |     | <b>SUMA</b>          |           | <b>22,323</b>  |
|  |     | <b>COSTO DIRECTO</b> |           | <b>218,098</b> |

Precio: Doscientos diez y ocho mil noventa y ocho pesos.

### **7.1.2 Cimbra.**

A continuación, presentamos los precios de cimbra para losas, columnas y trabes respectivamente.

Como se mencionó en el caso del concreto, se presentan por separado ya que difieren en cuanto a materiales y mano de obra.

Así tenemos:

LISTADO DE PRECIOS UNITARIOS

-----  
 Descripción Un. Cantidad Precio Importe  
 -----

CIMBRA

Cimbra común en columna. m2 \$19,964  
 Cimbrado y descimbrado en columnas.

MATERIALES -----

|                             |    |        |       |       |
|-----------------------------|----|--------|-------|-------|
| Pino de 3a. Duela 1" x 4"   | PT | 2.2900 | 1,500 | 3,435 |
| Pino de 3a. Barrote 2" x 4" | PT | 1.7300 | 1,500 | 2,595 |
| Pino de 3a. Polín 4" x 4"   | PT | 0.9400 | 1,500 | 1,410 |
| Pino de 3a. Duela 1" x 4"   | PT | 0.1600 | 1,500 | 240   |
| Pino de 3a. Barrote 2" x 4" | PT | 0.1700 | 1,500 | 255   |
| Pino de 3a. Chaflán 1"      | m  | 2.0000 | 1,000 | 2,000 |
| Clavo de 2 1/2" - 3 1/2"    | kg | 0.0900 | 1,826 | 164   |
| Alambre recocido No. 18     | kg | 0.0500 | 1,605 | 80    |
| Diesel                      | lt | 0.5000 | 241   | 121   |

SUMA ..... 10,300

MANO DE OBRA ----

|                              |     |        |        |       |
|------------------------------|-----|--------|--------|-------|
| Cuad.3: 1 carpintero + lay.B | jor | 0.0180 | 67,583 | 1,216 |
| Cuad.3: 1 carpintero + lay.B | jor | 0.1250 | 67,583 | 8,448 |

SUMA ..... 9,664

COSTO DIRECTO ..... 19,964

Precio: Diecinueve mil novecientos sesenta y cuatro pesos.



LISTADO DE PRECIOS UNITARIOS

| Descripción | Un. | Cantidad | Precio | Importe |
|-------------|-----|----------|--------|---------|
|-------------|-----|----------|--------|---------|

CIMBRA

|                                   |    |  |          |  |
|-----------------------------------|----|--|----------|--|
| Cimbra común en trabes.           | m2 |  | \$20,621 |  |
| Cimbrado y descimbrado en trabes. |    |  |          |  |

MATERIALES -----

|                             |    |        |       |       |
|-----------------------------|----|--------|-------|-------|
| Pino de 3a. Duela 1" x 4"   | PT | 2.3200 | 1,500 | 3,480 |
| Pino de 3a. Barrote 2" x 4" | PT | 1.1100 | 1,500 | 1,665 |
| Pino de 3a. Polín 4" x 4"   | PT | 0.6500 | 1,500 | 975   |
| Pino de 3a. Polín 4" x 4"   | PT | 0.4500 | 1,500 | 675   |
| Pino de 3a. Duela 1" x 4"   | PT | 0.9900 | 1,500 | 1,485 |
| Pino de 3a. Polín 4" x 4"   | PT | 0.9700 | 1,500 | 1,455 |
| Pino de 3a. Chaflán 1"      | m  | 1.2500 | 1,000 | 1,250 |
| Clavo de 2 1/2" - 3 1/2"    | kg | 0.2100 | 1,826 | 383   |
| Alambre recocido No. 18     | kg | 0.0800 | 1,605 | 128   |
| Diesel                      | lt | 0.5000 | 241   | 121   |

SUMA ..... 11,497

MANO DE OBRA ----

|                              |     |        |        |       |
|------------------------------|-----|--------|--------|-------|
| Cuad.3: 1 carpintero + lay.B | jor | 0.0180 | 67,583 | 1,216 |
| Cuad.3: 1 carpintero + lay.B | Jor | 0.1170 | 67,583 | 7,907 |

SUMA ..... 9,124

COSTO DIRECTO ..... 20,621

Precio: Veinte mil seiscientos veintiun pesos.

## LISTADO DE PRECIOS UNITARIOS

| Descripción | Un. | Cantidad | Precio | Importe |
|-------------|-----|----------|--------|---------|
|-------------|-----|----------|--------|---------|

## CIMBRA

|                        |    |  |          |  |
|------------------------|----|--|----------|--|
| Cimbra común en losas. | m2 |  | \$16,930 |  |
|------------------------|----|--|----------|--|

Cimbra común en losas, de madera de 3a. en 5 usos.  
Incluye cimbrado y descimbrado.

## MATERIALES -----

|                             |    |        |       |       |
|-----------------------------|----|--------|-------|-------|
| Pino de 3a. Duela 1" x 4"   | PT | 2.1800 | 1,500 | 3,270 |
| Pino de 3a. Polín 4" x 4"   | PT | 0.4700 | 1,500 | 705   |
| Pino de 3a. Polín 4" x 4"   | PT | 1.1000 | 1,500 | 1,650 |
| Pino de 3a. Duela 1" x 4"   | PT | 0.6500 | 1,500 | 975   |
| Pino de 3a. Barrote 2" x 4" | PT | 0.2600 | 1,500 | 390   |
| Pino de 3a. Polín 4" x 4"   | PT | 0.4700 | 1,500 | 705   |
| Pino de 3a. Duela 1" x 4"   | PT | 0.3600 | 1,500 | 540   |
| Pino de 3a. Chaflán 1"      | m  | 0.2500 | 1,000 | 250   |
| Clavo de 2 1/2" - 3 1/2"    | kg | 0.3500 | 1,826 | 639   |
| Diesel                      | lt | 0.7000 | 241   | 169   |
| SUMA .....                  |    |        |       | 9,293 |

## MANO DE OBRA ----

|                              |     |        |        |       |
|------------------------------|-----|--------|--------|-------|
| Cuad.3: 1 carpintero + lay.B | jor | 0.0130 | 67,583 | 879   |
| Cuad.3: 1 carpintero + lay.B | jor | 0.1000 | 67,583 | 6,758 |
| SUMA .....                   |     |        |        | 7,637 |

COSTO DIRECTO ..... 16,930

Precio: Diceseis mil novecientos treinta pesos.

### 7.1.3 Acero.

Se calculó con anterioridad la cuantificación de acero en kilos, sin hacer una especificación exacta en cuanto al diámetro de las varillas. Esto se hizo por facilidad en el estudio, además, la diferencia en el costo de los distintos diámetros de varillas es muy poco significativo, es decir, de un uno a un dos porciento de diferencia entre ellos. Por lo que en promedio tomamos como muestra el precio de la varilla del No. 6 .

Así tenemos:

## LISTADO DE PRECIOS UNITARIOS

| Descripción | Un. | Cantidad | Precio | Importe |
|-------------|-----|----------|--------|---------|
|-------------|-----|----------|--------|---------|

## ACERO EN ESTRUCTURA

|                               |     |  |             |  |
|-------------------------------|-----|--|-------------|--|
| Hab.arm.No.6 fy=4200 estruct. | ton |  | \$1,603,175 |  |
|-------------------------------|-----|--|-------------|--|

Suministro, habilitado y armado de acero de refuerzo en estructura. Alta resistencia fy=4200 kg/cm<sup>2</sup> No.6 3/4".

## MATERIALES -----

|                                |     |        |           |           |
|--------------------------------|-----|--------|-----------|-----------|
| Varilla alta resistencia No. 6 | ton | 1.1440 | 1,145,800 | 1,310,795 |
|--------------------------------|-----|--------|-----------|-----------|

|                         |    |        |       |        |
|-------------------------|----|--------|-------|--------|
| Alambre recocido No. 18 | kg | 7.0000 | 1,605 | 11,235 |
|-------------------------|----|--------|-------|--------|

|            |  |  |  |           |
|------------|--|--|--|-----------|
| SUMA ..... |  |  |  | 1,322,030 |
|------------|--|--|--|-----------|

## MANO DE OBRA ----

|                             |     |        |        |         |
|-----------------------------|-----|--------|--------|---------|
| Cuad.4: 1 fierrero + 1 ay.B | jor | 4.1600 | 67,583 | 281,145 |
|-----------------------------|-----|--------|--------|---------|

|            |  |  |  |         |
|------------|--|--|--|---------|
| SUMA ..... |  |  |  | 281,145 |
|------------|--|--|--|---------|

COSTO DIRECTO .....1,603,175

Precio: Un millón seiscientos tres mil ciento setenta y cinco pesos.

## 7.2 Costo final de construcción.

Hemos llegado a la parte final de este trabajo. En este capítulo, obtendremos el costo final de construcción del edificio para cada uno de los distintos valores de "Q". Para esto, haremos unas tablas basándonos en la cuantificación y los precios obtenidos en los capítulos anteriores.

Así pues tenemos:

### Concreto:

| Concepto  | Unid. | Cant.  | P.U.    | Importe        |
|-----------|-------|--------|---------|----------------|
| Columnas  | m3    | 551.88 | 218,098 | \$ 120'363,924 |
| Trabes    | m3    | 995.91 | 193,985 | \$ 193'191,601 |
| Losas     | m3    | 912.60 | 193,985 | \$ 177'030,711 |
| Suma..... |       |        |         | \$ 490'586,236 |

### Cimbra

| Concepto  | Unid. | Cant.    | P.U.   | Importe        |
|-----------|-------|----------|--------|----------------|
| Columnas  | m2    | 3,080.60 | 19,964 | \$ 61'501,098  |
| Trabes    | m2    | 7,472.52 | 20,621 | \$ 154'090,835 |
| Losas     | m2    | 8,243.36 | 16,930 | \$ 139,560,085 |
| Suma..... |       |          |        | \$ 355'152,018 |

### Acero:

Para el caso de acero, tenemos una cantidad total para cada valor de "Q", juntando todos los elementos. Así tenemos:

Para Q=4:

| Unid. | Cant.   | P.U.  | Importe        |
|-------|---------|-------|----------------|
| kg    | 303,155 | 1,603 | \$ 485'957,465 |

Para Q=3:

| Unid. | Cant.   | P.U.  | Importe        |
|-------|---------|-------|----------------|
| kg    | 347,077 | 1,603 | \$ 556'364,431 |

Para Q=2:

| Unid. | Cant.   | P.U.  | Importe        |
|-------|---------|-------|----------------|
| kg    | 392,453 | 1,603 | \$ 629'102,159 |

Resumiendo los costos de concreto, cimbra y acero para cada valor de "Q" tenemos:

Para Q=4:

|                |    |               |
|----------------|----|---------------|
| Concreto ..... | \$ | 490'586,236   |
| Cimbra .....   | \$ | 355'152,018   |
| Acero .....    | \$ | 485'957,465   |
| Suma .....     | \$ | 1,331'695,719 |

Para Q=3:

|                |                  |
|----------------|------------------|
| Concreto ..... | \$ 490'586,236   |
| Cimbra .....   | \$ 355'152,018   |
| Acero .....    | \$ 556'364,431   |
|                | -----            |
| Suma .....     | \$ 1,402'102,685 |

Para Q=2:

|                |                  |
|----------------|------------------|
| Concreto ..... | \$ 490'586,236   |
| Cimbra .....   | \$ 355'152,018   |
| Acero .....    | \$ 629'102,159   |
|                | -----            |
| Suma .....     | \$ 1,474'840,413 |

Resumiendo tenemos el costo final de construcción para cada valor de "Q":

|                |                  |
|----------------|------------------|
| Para Q=4 ..... | \$ 1,331'695,719 |
| Para Q=3 ..... | \$ 1,402'102,685 |
| Para Q=2 ..... | \$ 1,474'840,413 |

## B.- Comentarios y Conclusiones.

Como resultado del estudio llevado a cabo sobre el edificio, hemos obtenido finalmente el costo de la estructura para los valores de Q=4, Q=3 y Q=2. Este ha sido el principal objetivo de este trabajo, aunque tambien se ha llevado al cabo el análisis y diseño estructural del edificio de acuerdo al Reglamento de Construcciones del Departamento del Distrito Federal de 1987.

Como dato importante para las conclusiones que a continuación hemos de apuntar, es necesario conocer la superficie total construida del edificio la cual es de aproximadamente 9,100 m<sup>2</sup>. Considerando que en la época que se esta realizando este estudio, el costo directo de construcción de un edificio de oficinas, en el cual los acabados son prácticamente nulos, podría oscilar alrededor de los \$700,000= pesos por unidad de superficie, por lo que el costo total de edificio podría estimarse aproximadamente en \$6,400,000,000= (seis mil cuatrocientos millones de pesos).

Los costos de la estructura apuntados en el capítulo anterior son:

| VALOR DE "Q" | COSTO DE LA ESTRUCTURA | ‡ COSTO TOTAL |
|--------------|------------------------|---------------|
| Q=4          | \$ 1,331,695,719       | 21            |
| Q=3          | \$ 1,402,102,685       | 22            |
| Q=2          | \$ 1,474,840,413       | 23            |



Como podemos observar, el costo de la estructura representa tan solo alrededor del 22% del costo total del edificio, y la diferencia de costos entre  $Q=4$  y  $Q=3$  es de \$70,406,966 así como la de  $Q=3$  y  $Q=2$  es de \$72,737,728 (en ambos casos la diferencia es alrededor del 1% y la mayor diferencia que es entre  $Q=4$  y  $Q=2$  es del 2.18% del costo total del edificio).

Ahora bien, ¿Qué beneficios se obtienen con la utilización de los diferentes valores del factor de comportamiento sísmico?:

Con el valor de  $Q=2$ , indudablemente que se obtienen mayores áreas de refuerzo de acero en trabes y columnas.

Con el valor de  $Q=3$  y  $Q=4$  se obtienen menores áreas de refuerzo en trabes y columnas pero mayor cuantía de refuerzo en lo que respecta a estribos.

Con el valor de  $Q=2$  la resistencia del edificio ante la acción de fuerzas exteriores es mayor, pues indudablemente que la mayor cuantía de refuerzo aumenta el coeficiente de seguridad tanto en trabes como en columnas ante la acción de momentos flexionantes para los primeros y cargas axiales y momentos flexionantes para los segundos.

Sin embargo, aun con menor cuantía de acero de refuerzo principal en trabes y columnas, pero con mayor cantidad de estribos, el comportamiento del edificio se hace más dúctil ante

la acción de sollicitaciones sísmicas.

Consideramos las anteriores como las diferencia más importantes entre los comportamientos de un inmueble analizado y diseñado con los diversos valores de factor de comportamiento sísmico.

Dejamos en este punto a criterio del estructurista la elección del valor del factor de comportamiento sísmico en función de su propia experiencia y conocimientos dentro de la rama de la Ingeniería.

Por nuestra parte, nos inclinamos más por el valor de  $Q=2$ , ya que consideramos que el hecho de tener mayores armados en trabes y columnas, los convierte en elementos más resistentes, aumentando, podríamos decir, el factor de seguridad de la misma. Esto no significa de ninguna manera que con los valores de  $Q=3$  y  $Q=4$ , los coeficientes de seguridad sean inadecuados.

Finalmente, proponemos la utilización del factor de comportamiento sísmico  $Q=2$ , debido a que la diferencia de costo de este y el de  $Q=3$  y  $Q=4$  es mínima y se consigue una mayor capacidad resistente, sobre todo en columnas, ya que es preferible tener un sistema estructural que contemple columnas más resistentes que las propias trabes, pues la falla en éstas, las columnas, es de consecuencias más desastrosas que las fallas en trabes, por las propias condiciones del equilibrio del sistema.

## BIBLIOGRAFIA

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL  
GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
México, D.F. Julio de 1987

7 NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCION  
PARA EL DISTRITO FEDERAL  
Centro de Actualización Profesional (CICM)  
México, D.F. 1988

Enrique Bazan Zurita y Roberto Meli Piralla  
MANUAL DE DISEÑO SISMICO DE EDIFICIOS  
México, D.F. Enero de 1987

Roberto Meli Piralla  
DISEÑO ESTRUCTURAL  
México, D.F. Febrero de 1987

R. Park y T. Paulay  
ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO  
México, D.F. Febrero de 1986

C. Arnold y R. Reytherman  
CONFIGURACION Y DISEÑO SISMICO DE EDIFICIOS  
México, D.F. 1987

O. González Cuevas y F. Robles  
ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO  
México, D.F. Agosto de 1985

MANUAL PARA LA ESTRUCTURACION DE EDIFICIOS  
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
México, D.F. 1988

**MANUAL DE ANALISIS SISMICO DE EDIFICIOS**  
**DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL**  
**México, D.F. 1988**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO**  
**Series del Instituto de Ingeniería No. 401**  
**México, D.F. Julio de 1977**

**BASES EN LAS QUE SE APOYAN LAS NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS**  
**SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERIA SISMICA**  
**México, D.F. Mayo de 1988**

**Ernesto Mendoza Sánchez y Jorge de Alba Castañeda**  
**FACTORES DE CONSISTENCIA DE COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS**  
**Facultad de Ingeniería UNAM**  
**México, D.F. 1985**