

Tabla 5.27: Pesos sísmicos por piso. Cuerpo B.

| Piso | Peso (Kq) | Peso acumulado (Kq) | Peso por área planta (Ton/m ²) |
|------|-----------|---------------------|--|
| PB | 1.58E+06 | 8.30E+06 | 1.27 |
| P1 | 1.67E+06 | 6.73E+06 | 1.34 |
| P2 | 1.10E+06 | 5.06E+06 | 1.18 |
| P3 | 1.03E+06 | 3.95E+06 | 1.11 |
| P4 | 9.58E+05 | 2.92E+06 | 1.02 |
| P5 | 9.13E+05 | 1.96E+06 | 0.98 |
| P6 | 1.05E+06 | 1.05E+06 | 1.12 |

De acuerdo con la tabla 5.27, se observa que los pesos por unidad de área en los distintos pisos sobrepasan en aproximadamente un 17%, en promedio, al peso utilizado como base en el índice de Hirosawa (1000 kg/m²) [Hirosawa, 1992].

iii) Valores de los índices de resistencia

En la tabla 5.28 se presentan los índices de resistencia que se establecen en el Capítulo 3 para cada tipo de elemento y en cada una de las direcciones de análisis.

Tabla 5.28: Índices de resistencia en ambas direcciones de análisis. Cuerpo B.

Dirección Longitudinal

| Piso | C _{ma} | C _a | C _{mar} | C _{rc} | C _w | C _c |
|------|-----------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| PB | 0 | 0 | 0 | 0.081 | 0.713 | 0.030 |
| P1 | 0 | 0 | 0.013 | 0.189 | 0.452 | 0.128 |
| P2 | 0 | 0 | 0.027 | 0.040 | 0.418 | 0.174 |
| P3 | 0 | 0 | 0.023 | 0.046 | 0.484 | 0.169 |
| P4 | 0 | 0 | 0.031 | 0.063 | 0.411 | 0.160 |
| P5 | 0 | 0 | 0.100 | 0.093 | 0.502 | 0.240 |
| P6 | 0 | 0 | 0.066 | 0.175 | 1.067 | 0.367 |

Dirección Transversal

| Piso | C _{ma} | C _a | C _{mar} | C _{rc} | C _w | C _c |
|------|-----------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| PB | 0.002 | 0 | 0 | 0 | 0.697 | 0.109 |
| P1 | 0 | 0 | 0.014 | 0 | 0.355 | 0.156 |
| P2 | 0 | 0 | 0.057 | 0 | 0.438 | 0.189 |
| P3 | 0 | 0 | 0.052 | 0 | 0.509 | 0.116 |
| P4 | 0 | 0 | 0.085 | 0 | 0.474 | 0.145 |
| P5 | 0 | 0 | 0.230 | 0 | 0.678 | 0.161 |
| P6 | 0 | 0 | 0.215 | 0 | 1.197 | 0.110 |

iv) Valores de α_i y F

En la Tabla 5.29 se entregan los valores de α_i y F para cada piso y dirección considerada.

Tabla 5.29: Valores de α_i y F en cada piso y dirección. Cuerpo B.

Dirección Longitudinal

| Piso | α_1 | α_2 | α_3 | F |
|------|------------|------------|------------|-------|
| PB | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P1 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P2 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P3 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P4 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P5 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P6 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |

Dirección Transversal

| Piso | α_1 | α_2 | α_3 | F |
|------|------------|------------|------------|-------|
| PB | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 1.000 |
| P1 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P2 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P3 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P4 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P5 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |
| P6 | 1.000 | 0.700 | 0.500 | 0.800 |

Debido a la presencia de muros de albañilería de relleno en todos los pisos y en ambas direcciones, a excepción del piso bajo, y columnas cortas en la dirección longitudinal de todos los pisos, los valores de α_i y F para todos los casos es el mismo con excepción del valor de F en la dirección transversal del primer piso, donde el factor de ductilidad no se ve reducido ya que no hay elementos con comportamiento frágil. Por lo tanto, el modo de falla queda controlado por los muros de albañilería de relleno desde el primer piso hacia arriba, y por las columnas cortas en la dirección longitudinal del piso bajo, mientras que en la dirección transversal del mismo piso el valor de F es igual a 1.

v) Cálculo de E_o

Para el cálculo del índice sísmico básico de comportamiento estructural, se utiliza la fórmula que se presenta en el Capítulo 3 y los resultados se presentan en la tabla 5.30.

Tabla 5.30: Índice sísmico básico de comportamiento estructural. Cuerpo B.

| Piso | E_b | |
|------|--------------|-------------|
| | Longitudinal | Transversal |
| PB | 0.476 | 0.544 |
| P1 | 0.414 | 0.242 |
| P2 | 0.286 | 0.293 |
| P3 | 0.286 | 0.271 |
| P4 | 0.246 | 0.261 |
| P5 | 0.327 | 0.386 |
| P6 | 0.535 | 0.507 |

5.2.2.2.2 Índice de configuración estructural (S_D)

El índice de configuración estructural se calcula de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 3 y para ello los valores de q_i son los que se presentan en la tabla 5.31.

Tabla 5.31: Valores de q_i para el cálculo de S_D . Cuerpo B.

| | q_1 | q_2 | q_3 |
|---|-------|-------|-------|
| 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2 | 0.50 | 1.00 | 1.00 |
| 3 | 0.50 | 1.00 | 1.00 |
| 4 | 0.50 | 1.00 | 1.00 |
| 5 | 0.25 | 1.00 | 1.00 |
| 6 | 1.00 | 0.80 | 1.00 |
| 7 | 0.50 | 0.80 | 0.90 |
| 8 | 0.50 | 1.00 | 1.00 |

Para tener una visión más completa de los valores de la tabla anterior, a continuación se detallan las características del cuerpo que permiten calcular estos valores de acuerdo con el Anexo B.

El área de planta es simétrica por lo que G_1 clasifica como a_1 . Por su parte, la relación largo - ancho tiene un valor de $4.13 < 5.0$, por lo que $G_2=1.0$. Los valores de G_3 , G_4 , G_5 y G_6 son iguales a 1.0 debido a que en el cuerpo no existe contracción de planta, no posee atrio o patio interior y no hay subterráneos. Por su parte, ya que la razón entre la dimensión de la junta de dilatación y la altura por sobre el nivel de terreno es menor que 0.005 ($0.03/23.4 = 0.0013$), $G_7=0.8$.

Para q_8 , que corresponde a la razón entre las alturas de pisos consecutivos, R_h es 1.0 para todos los pisos, con excepción del primer piso que posee una altura mayor. Por lo tanto,

en este piso $R_h=0.76$ lo que implica un $G_8=0.9$ y un $q_8=0.95$. Con lo anterior resulta, $S_D=0.855$ para el primer piso y $S_D=0.900$ para el resto del edificio.

5.2.2.2.3 Índice de deterioro de la edificación (T)

Este índice, que cuantifica el deterioro de la estructura, se ha calculado de acuerdo con la información obtenida en la visita a terreno y se basa en lo descrito en el Capítulo 3. Los valores se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 5.32: Valores de T_i . Cuerpo B.

| i | T_i |
|-----|-------|
| 1 | 1.00 |
| 2 | 1.00 |
| 3 | 1.00 |
| 4 | 1.00 |
| 5 | 1.00 |

Estos valores reflejan el no deterioro de la estructura, es decir, no hay signos de deformación y no hay grietas visibles, por lo que los valores de T_1 y T_2 son iguales a 1.0. En este sentido, los daños que se aprecian pueden clasificarse como ligeros, por lo que $T_3=1.0$. Por otro lado, a pesar que en este cuerpo se encuentra Laboratorio y Banco de Sangre, no hay un almacenamiento de sustancias químicas a gran escala, entonces $T_4=1.0$. Finalmente, no se han experimentado incendios en este cuerpo, por lo que $T_5=1.0$.

Por lo tanto, para el cálculo del índice de Hirosawa, se toma el mínimo de los T_i , lo que equivale a $T=1.0$.

5.2.2.2.4 Cálculo del índice I_h

Con todos los datos presentados, se obtienen los índices de Hirosawa para este cuerpo, en cada piso y dirección considerada, detallados en la tabla 5.33.

Tabla 5.33: Valores del índice de Hirosawa. Cuerpo B

| Piso | I_h Longitudinal | I_h Transversal |
|------|-----------------------|----------------------|
| PB | 0.429 | 0.490 |
| P1 | 0.354 | 0.207 |
| P2 | 0.257 | 0.264 |
| P3 | 0.258 | 0.244 |
| P4 | 0.221 | 0.235 |
| P5 | 0.295 | 0.348 |
| P6 | 0.482 | 0.456 |

5.2.2.2.5 Cálculo de I_{so}

Al igual que en el cuerpo A, y debido a que estos dos cuerpos se encuentran en el mismo tipo de suelo y en la misma zona sísmica, el valor mínimo del índice de Hirosawa I_{so} es el mismo para ambos cuerpos.

Tabla 5.34: Datos para el cálculo de I_{so} . Cuerpo B.

| γ | I_e | S | A |
|----------|-------|-----|-----|
| 0.245 | 0.3 | 1.0 | 0.3 |

Con estos datos, el valor mínimo del índice de Hirosawa para que la vulnerabilidad estructural del edificio sea baja, corresponde a $I_{so}=0.441$. Por lo tanto, los índices mayores a este límite serán calificados como seguro y los índices que queden por debajo de éste indican que es necesario hacer una evaluación más detallada. Para una evaluación preliminar, la vulnerabilidad estructural es alta para valores de I_h menores que 0.126 ($R=7$) e intermedia entre 0.126 y 0.441.

5.2.2.2.6 Evaluación de la estructura

Para realizar la evaluación de la vulnerabilidad estructural del cuerpo, se comparan en primer lugar los índices calculados con los valores de I_{so} y se determina el grado de vulnerabilidad del edificio. También se hace un análisis de sensibilidad del índice de acuerdo con algunas características particulares del edificio que puedan afectarlo y que para este cuerpo son las mismas consideradas en el cuerpo A.

- a) Cálculo Original: De acuerdo con los índices calculados para cada piso y dirección considerada, se aprecian índices bajos en los pisos 1, 2, 3, 4 y 5 en ambas direcciones de análisis, pudiéndose considerar aceptable el piso bajo de la dirección longitudinal, que aunque posee diferencias, éstas alcanzan sólo a un 2.7%. De esta forma las variaciones con respecto a I_{50} llegan hasta un 50% en la dirección longitudinal del 4º piso y a un 53% en la dirección transversal del primer piso. Sin embargo, uno de los factores que afecta en mayor medida el valor del índice es la albañilería de relleno, que por su falla frágil representa un mayor riesgo para la estructura.
- b) Sensibilidad sin considerar los muros de albañilería de relleno: Como se indicó anteriormente estos elementos determinan el modo de falla en el cálculo del índice, sin embargo, debido a que esta falla no afecta estabilidad de la estructura y debido a que la presencia de los muros de hormigón armado determinan en gran medida las deformaciones que se producirán en la estructura, se analiza el edificio sin considerar estos elementos y los resultados son los destacados en la tabla 5.35.

Tabla 5.35: Sensibilidad con respecto a los muros de albañilería de relleno. Cuerpo B.

| Piso | I_{50} Longit. | % de I_{50} | I_{50} Transv. | % de I_{50} |
|------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| PB | 0.429 | 97% | 0.696 | 158% |
| P1 | 0.346 | 78% | 0.353 | 80% |
| P2 | 0.241 | 55% | 0.411 | 93% |
| P3 | 0.246 | 56% | 0.386 | 88% |
| P4 | 0.207 | 47% | 0.345 | 78% |
| P5 | 0.250 | 57% | 0.438 | 99% |
| P6 | 0.455 | 103% | 0.655 | 149% |

Por lo tanto, al eliminar los muros de albañilería de relleno se aprecia un aumento de los índices, sin embargo, aún los índices son bajos en la dirección longitudinal del cuerpo, principalmente en los pisos 2, 3, 4 y 5, los que son prácticamente a la mitad del índice requerido para tener una vulnerabilidad baja. Esto se puede explicar porque en esa dirección existe mucha irregularidad en cuanto a la distribución de los elementos, es decir, existen muros que pierden continuidad en algunos pisos. En cuanto a la dirección transversal, los índices permiten calificar esta dirección como menos vulnerable debido principalmente a la

continuidad de los muros perimetrales del cuerpo.

También se debe destacar que los daños de este cuerpo, al igual que el cuerpo A, se concentran principalmente en elementos no estructurales, siendo el caso más severo el del muro de albañilería de relleno que se encuentra al lado de la caja de escala del segundo piso en la dirección longitudinal. Este daño se puede asociar a un índice de Hirosawa bajo, pero al tener los pisos superiores también un índice bajo en esa dirección, se puede asociar a un problema adicional en ese piso como puede ser una mala construcción del mismo. Esto se confirmará más adelante cuando se analicen otras características del edificio.

- c) Sensibilidad sin las columnas cortas: En este caso, además de eliminar los muros de albañilería de relleno se eliminan las columnas cortas existentes en el edificio. De esta forma, los valores del índice I_h que resultan se indican en la tabla 5.36.

Tabla 5.36: Sensibilidad con respecto a las columnas cortas. Cuerpo B.

| Piso | I_h Longit. | % de I_{h0} | I_h Transv. | % de I_{h0} |
|------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| PB | 0.661 | 150% | 0.696 | 158% |
| P1 | 0.412 | 93% | 0.353 | 80% |
| P2 | 0.388 | 88% | 0.411 | 93% |
| P3 | 0.394 | 89% | 0.386 | 88% |
| P4 | 0.314 | 71% | 0.345 | 78% |
| P5 | 0.371 | 84% | 0.438 | 99% |
| P6 | 0.681 | 154% | 0.655 | 149% |

Al sacar del cálculo todos los elementos frágiles que puedan determinar el modo de falla de la estructura se observa un aumento en los índices de todo el cuerpo. A pesar de que la cantidad de columnas cortas no es despreciable y además se concentran sólo en la dirección longitudinal, la cantidad de muros existentes, tanto de hormigón armado como de albañilería confinada, pueden controlar las deformaciones. Sin embargo, se debe tener presente que al estar eliminando las columnas cortas y los muros de albañilería de relleno del análisis, existe la posibilidad de que estos elementos se agrieten en el sismo severo esperado sin comprometer la estabilidad de la estructura completa.

d) Sensibilidad considerando mayor resistencia del hormigón: Si luego de eliminar los elementos frágiles del análisis se considera que la resistencia del hormigón armado es mayor a la estimada originalmente, lo que se puede explicar debido al efecto de la edad del material, y se supone un $f'_c \approx 200 \text{ kg/cm}^2$, con lo que se obtienen los resultados de la tabla 5.37.

Tabla 5.37: Sensibilidad con respecto a la calidad de los materiales. Cuerpo B.

| Piso | $I_{Langl.}$ | % de I_{sc} | $I_{Tranv.}$ | % de I_{sc} |
|------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| PB | 0.768 | 174% | 0.809 | 183% |
| PI | 0.479 | 109% | 0.410 | 93% |
| P2 | 0.452 | 102% | 0.478 | 108% |
| P3 | 0.458 | 104% | 0.449 | 102% |
| P4 | 0.365 | 83% | 0.401 | 91% |
| P5 | 0.432 | 98% | 0.509 | 115% |
| P6 | 0.791 | 179% | 0.762 | 173% |

Al considerar este aumento de resistencia del hormigón, el grado de vulnerabilidad del edificio disminuye de acuerdo con el índice de Hirosawa, con los índices más bajos en el cuarto piso, reflejándose esto en los daños del sismo de 1985, ya que, a pesar de que existen fisuras en los elementos de albañilería de relleno en prácticamente todos los pisos, en el la dirección longitudinal del cuarto piso son las fisuras de mayor ancho, sin llegar a ser graves. Sin embargo, a pesar que los índices indican una baja vulnerabilidad, debido a las irregularidades en altura que posee el cuerpo, presentándose una posible distribución de fuerzas irregular en el primer piso, el cuerpo queda calificado con vulnerabilidad "MEDIA".

5.2.2.3 ÍNDICE DE SHIGA

A continuación se presenta la evaluación de los tres índices de Shiga: I_{sm} , índice de densidad de muros, I_{sc} , índice de densidad de columnas e I_{st} , índice de tensión media de corte nominal.

5.2.2.3.1 Áreas de planta

En la Tabla 5.38 se entregan las áreas acumuladas de las plantas de todos los pisos del cuerpo, junto con el factor FR_1 , que transforma una sección de albañilería a una equivalente

de hormigón, y los pesos acumulados por sobre los pisos.

Tabla 5.38: Áreas y pesos acumulados. Cuerpo B.

| Piso | FB1 | Área Acumulada (m ²) | Peso Acumulado (Kg) |
|------|-------|----------------------------------|---------------------|
| PB | 0.523 | 7170.085 | 8.30E+06 |
| P1 | 0.492 | 5924.030 | 6.73E+06 |
| P2 | 0.460 | 4677.975 | 5.06E+06 |
| P3 | 0.429 | 3742.380 | 3.95E+06 |
| P4 | 0.397 | 2806.785 | 2.92E+06 |
| P5 | 0.365 | 1871.190 | 1.96E+06 |
| P6 | 0.334 | 935.595 | 1.05E+06 |

5.2.2.3.2 Área de muros y columnas

En la Tabla 5.39 se presentan las sumas de áreas de muros y columnas en cada piso y dirección considerada.

Tabla 5.39: Áreas de muros y columnas por piso y dirección. Cuerpo B.

Dirección Longitudinal

| Piso | SUMA Am (cm ²) | SUMA Ac (cm ²) | SUMA Am+Ac (cm ²) |
|------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| PB | 518200 | 80900 | 599100 |
| P1 | 292763.7 | 199500 | 492263.7 |
| P2 | 211750.7 | 118050 | 329800.7 |
| P3 | 200814.4 | 91700 | 292514.4 |
| P4 | 130225.2 | 68450 | 198675.2 |
| P5 | 123641.2 | 68950 | 192591.2 |
| P6 | 117415.8 | 60050 | 177465.8 |

Dirección Transversal

| Piso | SUMA Am (cm ²) | SUMA Ac (cm ²) | SUMA Am+Ac (cm ²) |
|------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| PB | 464523 | 115275 | 579798 |
| P1 | 213392 | 122050 | 335442 |
| P2 | 218000.2 | 114350 | 332350.2 |
| P3 | 229585.9 | 56250 | 285835.9 |
| P4 | 172968.5 | 51750 | 224718.5 |
| P5 | 193442.1 | 43750 | 237192.1 |
| P6 | 151251.9 | 19100 | 170351.9 |

5.2.2.3.3 Cálculo de I_{sm} , I_{sc} e I_{st}

A continuación se presentan los índices de Shiga calculados para cada piso y dirección considerada. El método de cálculo es el que se detalla en el Capítulo 3.

Tabla 5.40: Valores de los índices de Shiga. Cuerpo B.

Dirección Longitudinal

| Piso | I_{sm} (cm ² /m ²) | I_{sc} (cm ² /m ²) | I_{st} (Kg/cm ²) |
|------|--|--|-----------------------------------|
| PB | 72.273 | 11.283 | 13.861 |
| P1 | 49.420 | 33.676 | 13.663 |
| P2 | 45.265 | 25.235 | 15.340 |
| P3 | 53.660 | 24.503 | 13.520 |
| P4 | 46.397 | 24.387 | 14.698 |
| P5 | 66.076 | 36.848 | 10.187 |
| P6 | 125.499 | 64.184 | 5.910 |

Dirección Transversal

| Piso | I_{sm} (cm ² /m ²) | I_{sc} (cm ² /m ²) | I_{st} (Kg/cm ²) |
|------|--|--|-----------------------------------|
| PB | 64.786 | 16.077 | 14.322 |
| P1 | 36.021 | 20.603 | 20.050 |
| P2 | 46.601 | 24.444 | 15.222 |
| P3 | 61.348 | 15.031 | 13.836 |
| P4 | 61.625 | 18.437 | 12.994 |
| P5 | 103.379 | 23.381 | 8.271 |
| P6 | 161.664 | 20.415 | 6.157 |

5.2.2.3.4 Evaluación de la estructura

Para poder realizar la evaluación de los resultados obtenidos se deben calcular los índices mínimos de muros en cada piso, con los que se deben comparar los valores de la tabla 5.40. Para ello, y de acuerdo con ecuación 3.17 del Capítulo 3, los datos necesarios para el cálculo y sus resultados se presentan en la tabla 5.41.

Tabla 5.41: Valores mínimos de densidad de muros para tener una vulnerabilidad baja. Cuerpo B.

| Piso | $(n+0)/(n+1)$ | Área Acumulada (m ²) | Peso Acumulado (Kg) | I_m cm ² /m ² |
|------|---------------|--|---------------------------|--|
| PB | 1.000 | 7170.085 | 8.30E+06 | 31.91 |
| P1 | 1.125 | 5924.030 | 6.73E+06 | 35.23 |
| P2 | 1.250 | 4677.975 | 5.06E+06 | 37.27 |
| P3 | 1.375 | 3742.380 | 3.95E+06 | 40.00 |
| P4 | 1.500 | 2806.785 | 2.92E+06 | 43.01 |
| P5 | 1.625 | 1871.190 | 1.96E+06 | 46.91 |
| P6 | 1.750 | 935.595 | 1.05E+06 | 54.13 |

Estos son los índices mínimos de densidad de muros calculados con una tensión nominal máxima de $I_{st}=16 \text{ kg/cm}^2$.

En la dirección longitudinal se puede apreciar que en todos los pisos del cuerpo se tienen tensiones promedio bajo la máxima. En esa misma dirección los índices de densidad de muros cumplen con el mínimo requerido.

Transversalmente, las tensiones sobre los elementos no sobrepasan el límite. a excepción del primer piso pudiéndose explicar esto debido a la presencia de un hall de recepción de público lo que provoca una disminución en los muros de hormigón armado dando paso a columnas. Por su lado, las densidades de muros existentes sobrepasan al mínimo requerido lo que refleja que la cantidad de elementos resistentes no es insuficiente.

Al igual que en el cuerpo A, se debe también mencionar que al establecer las tensiones sobre los elementos en ambas direcciones se considera el peso total del edificio sobre cada una de ellas lo que sobrestima las tensiones. Por lo tanto, las tensiones reales del edificio en cada piso y dirección considerada deben ser menores que las calculadas.

5.2.2.4 VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO CON LA ALTURA

Como se establece en el Capítulo 3, además de considerar la vulnerabilidad de la estructura mediante los índices de comportamiento, es conveniente una evaluación de la regularidad de la estructura para que su respuesta frente a un evento sísmico sea lo más favorable posible. Con este propósito, se evalúa la variación de las características que se destacan en el Capítulo 3.

5.2.2.4.1 Variación del área de planta entre pisos consecutivos

Los datos de los planos permiten obtener las variaciones del área de planta indicadas en la tabla 5.42.

Tabla 5.42: Variación del área de planta entre pisos consecutivos. Cuerpo B.

| Piso | Area Apt (m ²) | Razón Apt/Apt+1 | Situación |
|------|----------------------------|-----------------|-----------|
| PB | 1246.055 | 1.00 | BUENO |
| P1 | 1246.055 | 1.33 | BUENO |
| P2 | 935.595 | 1.00 | BUENO |
| P3 | 935.595 | 1.00 | BUENO |
| P4 | 935.595 | 1.00 | BUENO |
| P5 | 935.595 | 1.00 | BUENO |
| P6 | 935.595 | | |

A pesar de que este cuerpo posee una diferencia de 25% en las plantas del piso bajo y primer piso con respecto al resto de los pisos, esto no llega a ser crítico a la hora de evaluar las variaciones de planta. Por ello, en cuanto a lo que la evaluación del área de plantas se refiere, este cuerpo es bueno.

5.2.2.4.2 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos

Los datos recopilados de las áreas de elementos resistentes se presentan en la tabla 5.43.

Tabla 5.43: Variación de la resistencia entre pisos consecutivos. Cuerpo B.

| Piso | Long. Rx (m ²) | Variación Ri/Ri+1 | Situación | Transv. Ry (m ²) | Variación Ri/Ri+1 | Situación |
|------|----------------------------|-------------------|-----------|------------------------------|-------------------|-----------|
| PB | 59.910 | 1.26 | BUENO | 57.980 | 1.83 | BUENO |
| P1 | 47.535 | 1.56 | BUENO | 31.725 | 1.13 | BUENO |
| P2 | 30.500 | 1.10 | BUENO | 28.008 | 1.11 | BUENO |
| P3 | 27.700 | 1.50 | BUENO | 25.125 | 1.35 | BUENO |
| P4 | 18.470 | 1.12 | BUENO | 18.585 | 1.08 | BUENO |
| P5 | 16.445 | 0.98 | BUENO | 17.265 | 1.23 | BUENO |
| P6 | 16.845 | | | 14.080 | | |

La cantidad de elementos verticales resistentes se distribuyen en forma similar en ambas direcciones de análisis, produciéndose la mayor diferencia en el primer piso. También se aprecia la disminución gradual de los elementos resistentes a medida que se sube en altura, pero nunca la resistencia de un piso es menor que el 80% del inferior. Por ello, el cuerpo puede calificarse como bueno en este aspecto.

5.2.2.4.3 Variación de la rigidez

La variación de las rigideces de los elementos, calculadas de acuerdo con las fórmulas establecidas en el Capítulo 3, se presentan en la tabla 5.44.

Tabla 5.44: Variación de la rigidez. Cuerpo B.

Dirección Longitudinal

| Piso | Long. Kx (Ton/cm) | Variación entre pisos | Situación | Variación con tres superiores | Situación |
|------|-------------------|-----------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| PB | 1.48E+07 | 0.04 | MALO | 0.05 | BUENO |
| P1 | 5.31E+05 | 2.45 | MALO | 1.23 | BUENO |
| P2 | 1.30E+06 | 0.32 | MALO | 0.22 | BUENO |
| P3 | 4.12E+05 | 0.61 | BUENO | 0.56 | BUENO |
| P4 | 2.50E+05 | 0.84 | BUENO | | |
| P5 | 2.09E+05 | 1.14 | BUENO | | |
| P6 | 2.38E+05 | | | | |

Dirección Transversal

| Piso | Transv. Ky (Ton/cm) | Variación entre pisos | Situación | Variación con tres superiores | Situación |
|------|---------------------|-----------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| PB | 2.99E+06 | 0.12 | MALO | 0.33 | BUENO |
| P1 | 3.67E+05 | 4.18 | MALO | 2.92 | MALO |
| P2 | 1.54E+06 | 0.68 | BUENO | 0.50 | BUENO |
| P3 | 1.04E+06 | 0.62 | BUENO | 0.60 | BUENO |
| P4 | 6.43E+05 | 0.95 | BUENO | | |
| P5 | 6.09E+05 | 1.00 | BUENO | | |
| P6 | 6.10E+05 | | | | |

La variación con el promedio de los tres pisos superiores posee una buena calificación a excepción del primer piso en su dirección transversal, lo que se explica por la aparición de columnas en el hall de atención que poseen una menor rigidez que los muros. Por otra parte, al revisar la variación entre pisos consecutivos, los pisos inferiores están en una situación dispar, ya que, por la cantidad de muros de los pisos bajos, se produce un cambio brusco de rigidez en los pisos superiores. Esto implica que el primer piso pasa a ser un piso blando en ambas direcciones, es decir de mayor flexibilidad por la presencia de las columnas presentes en el hall de atención de público (Foto 23. Anexo D.1).

Por otro lado, el daño que se destacado puede tener su causa en estas variaciones de rigidez, ya que al tener el primer piso una mayor flexibilidad en ambas direcciones, las deformaciones inducidas serán más altas, lo que puede producir choques entre los cuerpos

A y B y por ende mayores esfuerzos. Además, por la concentración de los muros de este piso en el sector norte, pueden existir problemas torsionales.

5.2.2.4.4 Excentricidad

En la tabla 5.45 se indica la ubicación de los centros de gravedad y de rigidez de las plantas de los distintos pisos, junto con las excentricidades que posee el edificio en cada piso y dirección considerada.

Tabla 5.45: Centros de gravedad y rigidez. Excentricidades. Cuerpo B.

Largo Longitudinal [m] Lx: 61.15
 Largo Transversal [m]: Ly: 22.90

| Piso | Centro de Gravedad | | Centro de Rigidez | |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | X _g (m) | Y _g (m) | X _r (m) | Y _r (m) |
| PB | 32.705 | 10.362 | 17.411 | 8.912 |
| P1 | 31.817 | 10.411 | 32.657 | 8.751 |
| P2 | 31.056 | 7.577 | 52.068 | 8.509 |
| P3 | 31.401 | 7.451 | 28.315 | 12.876 |
| P4 | 31.401 | 7.451 | 31.670 | 10.405 |
| P5 | 31.401 | 7.451 | 30.800 | 11.034 |
| P6 | 31.401 | 7.451 | 31.085 | 10.620 |

| Piso | Excentricidad Long. | | Situación | Excentricidad Transv. | | Situación |
|------|---------------------|--------------------------------|-----------|-----------------------|--------------------------------|-----------|
| | (m) | e _x /L _x | | (m) | e _y /L _y | |
| PB | 15.294 | 0.25 | MALO | 1.450 | 0.06 | BUENO |
| P1 | 0.839 | 0.01 | BUENO | 1.660 | 0.07 | BUENO |
| P2 | 21.011 | 0.34 | MALO | 0.932 | 0.04 | BUENO |
| P3 | 3.086 | 0.05 | BUENO | 5.425 | 0.24 | MALO |
| P4 | 0.269 | 0.00 | BUENO | 2.955 | 0.13 | REGULAR |
| P5 | 0.601 | 0.01 | BUENO | 3.583 | 0.16 | REGULAR |
| P6 | 0.316 | 0.01 | BUENO | 3.169 | 0.14 | REGULAR |

La distribución en planta no simétrica de los elementos resistentes produce excentricidades con variaciones muy altas entre pisos consecutivos. Nuevamente se ven afectados en mayor medida los pisos inferiores, presentándose el caso más crítico en la dirección longitudinal del segundo piso, lo que contribuye en los daños que se presentaron en este piso para el sismo de 1985. Es decir, el piso tiene efectos torsionales que producen esfuerzos mayores en los elementos, teniendo un mayor impacto en los muros de albañilería de relleno por ser más frágiles.

En la dirección transversal también se aprecian variaciones importantes lo que se

debe principalmente a la desaparición de algunos muros de hormigón hacia los pisos superiores. Sin embargo, los daños en estos pisos no son tan considerables, correspondiendo a fisuras de los elementos no estructurales, y debido a las mayores deformaciones, rotura de vidrios, caída de estantes y equipos, etc.

5.2.2.4.5 Variación del peso entre pisos consecutivos

Los pesos de los distintos pisos y su variación en altura se presentan en la tabla 5.46.

Tabla 5.46: Variación de los pesos entre pisos consecutivos. Cuerpo B.

| Piso | Peso (Kg) | Variación W_i/W_{i+1} | Situación |
|------|--------------|----------------------------|-----------|
| PB | 1.58E+06 | 0.95 | BUENO |
| P1 | 1.67E+06 | 1.51 | MALO |
| P2 | 1.10E+06 | 1.07 | BUENO |
| P3 | 1.03E+06 | 1.08 | BUENO |
| P4 | 9.58E+05 | 1.05 | BUENO |
| P5 | 9.13E+05 | 0.87 | BUENO |
| P6 | 1.05E+06 | | |

Al igual que en cuerpo anterior, en general los pesos están bien distribuidos en la altura del edificio. El caso más crítico nuevamente en el primer piso, donde el peso de éste es un 46% mayor que el piso siguiente, creando una discontinuidad en esa zona.

5.2.3 CUERPO F

El análisis de este cuerpo queda fuera de los índices de vulnerabilidad aplicados a los dos cuerpos anteriores, ya que este es un edificio que no posee losa de cielo sino que una estructura metálica. Por lo tanto, para poder evaluar sus vulnerabilidades se analizan aspectos de distribución de elementos y comportamiento de la estructura en sismos anteriores

Este cuerpo está formado por muros de hormigón armado y muros de albañilería confinada. El piso bajo está semienterrado y es donde se ubican las calderas y la mayor cantidad de muros de hormigón armado. Por su parte, en el primer piso se ubica el estacionamiento y mantención de ambulancias y está construido principalmente por muros de albañilería confinada. Además, el piso bajo llega hasta la misma altura que el primer piso (Fotos 13 y 14. Anexo D.1).

La estructura de este cuerpo no ha sufrido daños en los sismos anteriores que han afectado la zona, lo que es un buen índice de la vulnerabilidad de la edificación, que por tener las calderas y el mantenimiento de las ambulancias lo hace de gran importancia para el hospital.

La parte sur del cuerpo posee una altura de prácticamente dos pisos (6.4 m) y está estructurado por muros de hormigón armado en todo su contorno a excepción de los dos últimos metros donde, debido a la presencia de ventanas, los muros dan paso a columnas. Sin embargo, se encuentra enterrado en una altura de aproximadamente 3.2 m casi por todo su contorno, ya que, hacia el sector norte y sur está en contacto con el terreno, hacia el sector poniente existe un estanque de agua y hacia el sector oriente existe otro estanque que lo confina. Por lo tanto, y debido a que el techo no es de gran peso (estructura metálica), esta parte del cuerpo no ha presentado daños y se encuentra en buen estado.

Por su parte, el sector norte del cuerpo está sobre el nivel de terreno y posee una estructuración de a muros de albañilería confinada principalmente. Tampoco se aprecia la existencia de daños considerables y presenta un buena densidad de muros, con excepción del estacionamiento de ambulancias que tiene una buena cantidad de muros pero que su distribución

puede provocar efectos torsionales. También posee losas inclinadas en el cielo lo que aumenta el peso del cuerpo.

Por lo tanto, este cuerpo posee una vulnerabilidad se puede calificar como “MEDIA - BAJA”, la que queda definida por las características del sector de ambulancias.

5.2.4 EFECTOS DE SISMOS ANTERIORES

Uno de los antecedentes importantes que se deben considerar en la evaluación sísmica de cualquier estructura es su comportamiento en eventos sísmicos pasados. Por ello, se presentan los daños ocurridos en el sismo de 1985, los que se recopilaron por medio de entrevistas con personal del hospital y por medio de la observación de las estructuras en las visitas a terreno. La estructura del hospital se debe dividir en dos sectores, el antiguo de 1956 y el nuevo de 1973.

En el sector antiguo, donde se encuentran los tres cuerpos analizados de este hospital, se puede decir que estructuralmente no existieron daños de consideración. Las juntas de dilatación muestran signos de haber trabajado. El daño de este sector se concentra en los elementos no estructurales y se encuentra en la parte oriente del segundo piso del cuerpo B, donde un muro de albañilería de relleno se agrietó diagonalmente. Esto se explica en los comentarios hechos cuando se evaluó la vulnerabilidad de ese cuerpo, y se deberían a la torsión que existe en ese piso

Por su parte, el sector nuevo (Fotos 15 a 19. Anexo D.1) no presenta daños estructurales de importancia, salvo por las losas que conectan la caja de ascensores con el cuerpo, donde aprecian signos de deformación

En el sector antiguo los componentes arquitectónicos tuvieron daños de consideración. Estos corresponden a rotura vidrios, principalmente en los pisos superiores y en el sector de escaleras (Foto 4. Anexo D.1) donde existen problemas de impacto por viento; desprendimiento de calugas de recubrimiento en los muros; fisuramiento de muros de albañilería de relleno principalmente en los pisos superiores y en el sector dental del segun-

do piso (Foto 24 Anexo D.1), pero que no tienen importancia en el comportamiento general de la estructura; caída de materiales de bodegas y luminarias en el cuerpo B; agrietamiento de rellenos bajo ventanas.

En el sector nuevo, estructurado con marcos, se produjeron roturas de vidrios; caída de tabiques lo que obstaculizó las vías de circulación; cayeron algunos sectores de cielo falso y se produjeron ondulaciones en la losa debido a que posee un relleno de arena que probablemente se haya asentado; se cayeron estanterías y se volcaron algunas camas del sector de traumatología; se desprendió material de la junta de dilatación desprendiéndose una gran cantidad de polvo hacia el interior del cuerpo.

En cuanto al abastecimiento de líneas vitales, hubo corte de luz y teléfono. El estanque de oxígeno no tuvo problemas, los cilindros individuales dentro de los recintos cayeron, las cañerías no sufrieron daño. En cuanto al equipamiento hubo caída de diversos equipos, bajó una lámpara en pabellones y pabellones quedó inhabilitado por 2 semanas. En los ascensores del sector antiguo se cayeron los soportes y se abrió la guía. Maternidad quedó inhabilitada por 10 a 15 días, no se hacían operaciones, sólo urgencias.

5.2.5 VULNERABILIDAD DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

En la tabla 5.47 se presenta una tabla con algunos de los factores que se consideran para la evaluación de algunos elementos no estructurales. Estos antecedentes se utilizan para ambos hospitales y tiene por objetivo dar una guía en cuanto a los aspectos que afectan las vulnerabilidades de los elementos.