

#### D) Análisis de sensibilidad del Índice de Hiroswa

De acuerdo con lo indicado en el punto 5.2.1 se analizará la influencia de algunos factores en el valor del Índice de Hiroswa. En la tabla 5.48 se entregan los valores de  $E_o$  y del Índice de Hiroswa considerando un hormigón con una resistencia cilíndrica a la compresión de  $f'_c = 200$  kg/cm<sup>2</sup> y los valores modificados de  $\alpha$ , y  $F$ , de la tabla 5.46.

Tabla 5.48 Valores de  $E_o$  e  $I_2$  del Cuerpo B con  $f'_c = 200$  kg/cm<sup>2</sup>.

PISO	Dirección longitudinal		Dirección transversal	
	$E_o$	$I_2$	$E_o$	$I_2$
1	0.670	0.60	0.601	0.54
2	0.560	0.50	0.540	0.49
3	0.488	0.44	0.501	0.45
4	0.518	0.47	0.563	0.51
5	0.615	0.55	0.669	0.60
6	0.755	0.68	0.524	0.47
7	0.629	0.57	0.626	0.56
8	1.278	1.15	0.344	0.31

Al comparar estos valores con los de la tabla 5.47 se puede apreciar que el índice  $I_2$  aumenta aproximadamente en un 15% en la dirección longitudinal y en más de un 10% en la dirección transversal.

##### 5.3.2.3.1 Evaluación del Índice de Hiroswa.

El índice de Hiroswa se evalúa comparando el valor de  $I_2$  con el valor del índice  $I_{so}$  que se establece de acuerdo a lo descrito en el punto 3.2.1.2.

Este cuerpo de 8 pisos tiene un sistema estructural de muros de hormigón armado, por lo

tanto los valores que resultan según la ubicación y características de este cuerpo son:

Zona sísmica 2 (NCh 433.Of93), luego:  $A_o = 0.3$

Suelo tipo II, luego:  $T_o = 0.3$

$S = 1.0$

$T = 0.035 * 8 = 0.28$

De acuerdo con la ecuación 3.12 para  $T \leq T_o$ , se tienen los siguientes valores para  $I_{so}$ :

$(I_{so})_{serv} = 0.15$

$(I_{so})_{ult} (R=2) = 0.44$

$(I_{so})_{ult} (R=7) = 0.13$

Para el estado de servicio este cuerpo cumple con el valor mínimo requerido  $(I_{so})_{serv}$ .

De acuerdo con los valores de  $(I_{so})_{ult}$  y a la tabla 3.6 se obtienen los siguientes rangos de valores para determinar la vulnerabilidad estructural de este cuerpo:

Rango	Vulnerabilidad
$I_2 > 0.44$	Baja
$0.44 \geq I_2 > 0.34$	Media - Baja
$0.34 \geq I_2 > 0.23$	Media
$0.23 \geq I_2 > 0.13$	Media - Alta
$I_2 \leq 0.13$	Alta

De acuerdo a los rangos de la tabla anterior, para el estado límite último, este cuerpo presenta una vulnerabilidad "Media" tanto para el caso en que se considera el menor valor de  $I_2$  de la tabla 5.47,  $(I_2)_{min} = 0.28$  (piso 8º dirección transversal) como para el caso en que se considera el menor valor de la tabla 5.48,  $(I_2)_{min} = 0.31$  (piso 8º dirección transversal).

Es importante destacar que al comparar los valores de los índices de la dirección longitudinal con los de la dirección transversal, contenidos en las tablas 5.47 y 5.48, se puede apreciar una alternancia en la dirección que posee el mayor valor de éstos.

Además los pisos 6 y 8 presentan un problema debido a la gran diferencia que existe entre el valor de  $I_2$  para la dirección longitudinal y el de la dirección transversal, siendo este efecto más notorio en el piso 8 donde el índice en la dirección longitudinal supera en más del doble al de la dirección transversal.

#### 5.3.2.4 Índices de Shiga ( $I_m$ , $I_c$ e $I_l$ ).

Dados los valores de  $FC_j$ , detallados en la tabla 5.35, se calcularán los Índices de Shiga desde el 1º al 7º piso, en ambas direcciones de análisis.

##### a) Área de Muros, de columnas y de planta de cada piso

El área total de muros en la dirección longitudinal y transversal está dada por la suma de las áreas de muros de hormigón armado  $A_{m_1}$ ,  $A_{m_2}$ ,  $A_{m_3}$ ,  $A_{m_4}$  y la de muros de albañilería  $A_a$ ,  $A_{ma}$  y  $A_{mar}$ , que se transforman a una de hormigón equivalente desde el punto de vista de la resistencia mediante el factor de transformación  $FR_1$ , contenidas en las tablas 5.36 y 5.38 respectivamente, mientras que el área total de columnas en la dirección longitudinal y transversal está dada por la suma de las áreas  $A_{c_1}$ ,  $A_{c_2}$  y  $A_{c_3}$  de las tablas 5.37 y 5.39 respectivamente.

Los valores del área total de muros de hormigón ( $A_m$ ) y el área total de columnas ( $A_c$ ) para cada dirección analizada se encuentran en la tabla 5.49.

Tabla 5.49 Area total de muros ( $\Sigma A_m$ ) y columnas ( $\Sigma A_c$ ), Cuerpo B.

Piso	Dirección longitudinal		Dirección transversal	
	$\Sigma A_m$ (cm <sup>2</sup> )	$\Sigma A_c$ (cm <sup>2</sup> )	$\Sigma A_m$ (cm <sup>2</sup> )	$\Sigma A_c$ (cm <sup>2</sup> )
1	344189.2	55160.0	294025.1	11850
2	274040.0	26880.0	228097.6	14030
3	238049.2	6030.0	205848.3	15910
4	223839.3	8660.0	205576.9	15910
5	223159.3	8660.0	205305.6	15910
6	212593.2	8730.0	149690.8	13510
7	134174.1	7280.0	114036.7	13800
8	133065.5	7310.0	65647.3	4500

En la tabla 5.50 se detalla el área de planta ( $A_p$ ), que corresponde al área encerrada por los ejes resistentes sin considerar balcones ni voladizos, y el área acumulada.

Tabla 5.50 Area de planta, Cuerpo B.

Piso	Area planta $A_{p_i}$ (m <sup>2</sup> )	Area de planta acumulada $\sum_{j=i}^{n_p} A_{p_j}$ (m <sup>2</sup> )
1	664.820	5318.56
2	664.820	4653.74
3	664.820	3988.92
4	664.820	3324.10
5	664.820	2659.28
6	664.820	1994.46
7	664.820	1329.64
8	664.820	664.82

b) Cálculo de  $I_m$ ,  $I_c$  e  $I_t$

Los valores de los índices  $I_m$ ,  $I_c$  e  $I_t$  para todos los pisos y para ambas direcciones de análisis se calculan con las ecuaciones 3.13, 3.14 y 3.15. Estos valores se indican en la tabla 5.51.

Tabla 5.51 Valores de los índices  $I_m$ ,  $I_c$  e  $I_t$ . Cuerpo B.

Piso	Dirección longitudinal			Dirección transversal		
	$I_m$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$I_c$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$I_t$ (Kgf/cm <sup>2</sup> )	$I_m$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$I_c$ (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	$I_t$ (Kgf/cm <sup>2</sup> )
1	64.71	10.37	16.30	55.28	2.23	21.28
2	58.89	5.78	18.40	49.01	3.01	22.87
3	59.68	1.51	18.90	51.61	3.99	20.80
4	67.34	2.61	16.17	61.84	4.79	16.98
5	83.92	— 3.26	12.62	77.20	5.98	13.22
6	106.59	4.38	9.44	75.05	6.77	12.80
7	100.91	5.48	9.07	85.77	10.38	10.04
8	-	-	-	-	-	-

5.3.2.4.1 Evaluación de los índice de Shiga

Este índice se evalúa de acuerdo con lo dispuesto en el punto 3.2.2 donde se explica la forma de obtener el valor mínimo requerido para el índice de área de muros ( $I_m$ )<sub>min</sub>.

Considerando los valores del peso acumulado de la tabla 5.32, los valores del área de planta acumulada de la tabla 5.50 y el valor encontrado para ( $I_{so}$ )<sub>ult</sub> (R=2), reemplazando en las ecuaciones 3.22 y 3.23 se obtienen los valores mínimos requeridos para el índice  $I_m$  que se indican en la tabla 5.52.

Tabla 5.52 Valores de  $(I_m)_{\min}$  para el cuerpo B

Piso	$(I_m)_{\min}$
1	33.8
2	36.5
3	39.0
4	41.6
5	43.8
6	44.9
7	44.4
8	40.6

Al comparar los valores obtenidos para  $I_m$  de la tabla 5.51 con los valores mínimos requeridos de la tabla 5.52 se puede concluir que todos los pisos y en ambas direcciones de análisis cumplen con el valor mínimo requerido.

#### 5.3.2.5 Índice de Meli ( $I_{mn}$ )

De acuerdo a los valores de  $FC_j$ , detallados en la tabla 5.35, se calculará el Índice de Meli para el 8º piso en ambas direcciones.

##### a) Area total de muros de albañilería equivalente ( $\Sigma A_e$ )

Para calcular el índice de Meli se requiere determinar el área total de muros de albañilería equivalente ( $\Sigma A_e$ ) en la dirección y el nivel considerado.

Los valores del área total de muros de albañilería equivalente para este cuerpo se indican en la tabla 5.53.

Tabla 5.53 Area total de muros de albañilería equivalente ( $\Sigma A_i$ )

Piso	Dirección Longitudinal	Dirección Transversal
	$\Sigma A_i$	$\Sigma A_i$
	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )
8	590835.9	324563.2

b) Cálculo de  $I_{mm}$

El índice de Meli se calcula de acuerdo a lo dispuesto en el punto 3.2.3.

Considerando los valores de la tabla 5.53 y los valores del área de planta acumulada de la tabla 5.50, se obtiene con la ecuación 3.24 los valores del índice  $I_{mm}$ . Estos valores se resumen en la tabla 5.54.

Tabla 5.54 Valores del índice  $I_{mm}$  para el cuerpo B.

Piso	$I_{mm}$	
	Dirección longitudinal	Dirección transversal
8	0.09	0.05

5.3.2.5.1 Evaluación del índice de Meli

Este índice se evalúa de acuerdo con lo dispuesto en el punto 3.2.3 donde se indica la forma de obtener el valor mínimo requerido para el índice de densidad de muros  $(I_{mm})_{min}$  y las relaciones entre el nivel de daños y la densidad de muros (tablas 3.6 y 3.7).

Considerando los valores del peso acumulado de la tabla 5.32, los valores del área de planta acumulada de la tabla 5.50, el valor encontrado para  $(I_{so})_{ult}$  ( $R=2$ ) y  $\tau_o = 3 \text{ kg/cm}^2$ ,

reemplazando en la ecuación 3.26 se obtienen el valor mínimo requeridos para el índice  $I_{mm}$  que se indican en la tabla 5.55.

Tabla 5.55 Valor de  $(I_{mm})_{min}$  para el Cuerpo B.

Piso	$(I_{mm})_{min}$
8	0.03

Al comparar el valor de la tabla 5.54 con los valores de la tabla 5.55 podemos concluir que ambos pisos cumplen con los valores mínimos requeridos para los índices  $I_m$ . Además al relacionar estos valores con el nivel de daño de las tablas 3.7 y 3.8 se obtiene, para ambos pisos, un nivel de daño mínimo o leve de categoría 0 y 1 para intensidades como la máxima esperada en la ciudad de Temuco.

### 5.3.2.6 Variación de las características del edificio con la altura.

#### 5.2.2.6.1 Variación del área de planta entre pisos consecutivos.

Considerando los valores de las áreas de planta de la tabla 5.50, se calcula la variación de áreas de planta entre pisos consecutivos y se califica su situación de acuerdo a lo indicado en el punto 3.2.4.1. Estos resultados se resumen en la tabla 5.56.

Tabla 5.56 Variación del área de planta entre pisos consecutivos, Cuerpo B.

Piso	Area de planta $A_{p_i}$ (m <sup>2</sup> )	$\frac{A_{p_i}}{A_{p_{i-1}}}$	Situación
1	664.820	1.0	Buena
2	664.820	1.0	Buena
3	664.820	1.0	Buena
4	664.820	1.0	Buena
5	664.820	1.0	Buena
6	664.820	1.0	Buena
7	664.820	1.0	Buena
8	664.820	1.0	Buena

De acuerdo a los valores de la tabla 5.56 se tiene que el cuerpo B no presenta problemas de irregularidad en planta y su situación para todos los pisos es calificada de buena.

#### 5.3.2.6.2 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos

La resistencia en cada piso ( $R_i$ ) y la variación entre pisos consecutivos se obtienen de acuerdo a lo establecido en el punto 3.2.4.2. Los valores para este cuerpo y su calificación se resumen en la tabla 5.57.

Tabla 5.57 Variación de la resistencia entre pisos consecutivos, Cuerpo B.

Piso	Dirección longitudinal			Dirección transversal		
	$R_i$ (m <sup>2</sup> )	$\frac{R_i}{R_{i+1}}$	Situación	$R_i$ (m <sup>2</sup> )	$\frac{R_i}{R_{i+1}}$	Situación
1	39.934	1.33	Buena	30.586	1.26	Buena
2	30.091	1.23	Buena	24.212	1.09	Buena
3	24.406	1.05	Buena	22.174	1.00	Buena
4	23.248	1.00	Buena	22.147	1.00	Buena
5	23.181	1.05	Buena	22.120	1.36	Buena
6	22.131	1.56	Buena	16.318	1.28	Buena
7	14.145	1.01	Buena	12.783	1.82	Buena
8	14.037	-	-	7.014	-	-

De acuerdo a los valores de la tabla 5.57 se tiene que el cuerpo B no presenta problemas de irregularidad de resistencia entre pisos consecutivos. Todos los pisos cumplen con lo exigido en la ecuación 3.31 para que su situación obtenga una calificación de buena.

### 5.3.2.6.3 Variación de la rigidez de entrepiso

En las tablas 5.58 y 5.59 se entrega el valor de la rigidez para cada piso y cada dirección, la variación de la rigidez de entrepiso y la razón entre el promedio de las rigideces de los tres pisos superiores y la del piso analizado. Para el cálculo de la rigidez se considera lo descrito en el punto 3.2.4.3.

Tabla 5.58 Variación de la rigidez de entrepiso del Cuerpo B en la dirección longitudinal.

Piso	Dirección longitudinal				
	$K_i$ (T/cm)	$\frac{K_{i+1}}{K_i}$	Situación	$\frac{1}{3} * \frac{\sum_{j=i+1}^{i+3} K_j}{K_i}$	Situación
1	444059.53	1.04	Buena	0.66	Buena
2	461831.84	0.46	Mala	0.44	Buena
3	213702.73	0.95	Buena	0.94	Buena
4	202655.63	1.00	Buena	0.84	Buena
5	202655.63	0.96	Buena	0.76	Buena
6	195546.60	0.59	Buena		
7	114608.11	1.32	Buena		
8	151082.27				

Tabla 5.59 Variación de la Rigidez de entrepiso del Cuerpo B en la dirección transversal.

Piso	Dirección transversal				
	$K_i$ (T/cm)	$\frac{K_{i+1}}{K_i}$	Situación	$\frac{1}{3} * \frac{\sum_{j=i+1}^{i+3} K_j}{K_i}$	Situación
1	815335.78	0.71	Buena	0.90	Buena
2	579358.45	1.40	Buena	1.40	Buena
3	809879.14	1.00	Buena	0.90	Buena
4	807877.05	1.00	Buena	0.72	Buena
5	807877.05	0.69	Buena	0.51	Buena
6	560566.70	0.69	Buena		
7	384373.75	0.73	Buena		
8	282457.91				

De acuerdo con los valores de la tabla 5.58 se tiene que sólo la variación de rigidez en la dirección longitudinal entre los pisos 2-3 está calificada como "mala". Esta situación se debe a que en el tercer piso se producen cambios estructurales con respecto a los pisos inferiores los que se traducen en una disminución de la rigidez del piso. Desaparecen los muros de la fachada norte (Eje A) para dar transparencia a algunas dependencias y disminuyen los muros de hormigón armado confinados.

De acuerdo con los valores de la tabla 5.59 se tiene que las variaciones de rigidez para la dirección transversal están calificadas como buena para todos los pisos.

#### **5.3.2.6.4 Excentricidad del piso**

La excentricidad esta dada por la diferencia entre las coordenadas del centro de masa y el centro de rigidez de cada piso, en cada dirección de análisis.

Los límites se establecen en función de la razón entre las excentricidades ( $e_x$  o  $e_y$ ) y el largo de la planta en la dirección de la excentricidad ( $l_x$  o  $l_y$ ).

En la tabla 5.60 se indican las coordenadas del centro de masa y del centro de rigidez y la excentricidad que resulta. En la tabla 5.61 se entrega la calificación de la excentricidad de acuerdo a la ecuación 3.38.

Tabla 5.60 Excentricidad de cada piso del Cuerpo B.

Piso	Centro de Masa		Centro de Rigidez		Excentricidad	
	$X_G$ (m)	$Y_G$ (m)	$X_R$ (m)	$Y_R$ (m)	$e_x$ (m)	$e_y$ (m)
1	22.17	6.72	12.59	7.63	9.58	0.91
2	21.94	6.81	25.71	8.82	3.77	2.01
3	21.72	6.96	18.56	2.35	3.16	4.61
4	21.72	6.96	18.59	2.54	3.12	4.42
5	21.72	6.96	18.59	2.54	3.12	4.42
6	21.72	6.96	21.76	2.25	0.04	4.71
7	21.72	6.96	29.69	2.65	7.97	4.31
8	21.72	6.96	24.00	3.24	2.28	3.72

Tabla 5.61 Calificación de la excentricidad del Cuerpo B.

Piso	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
	$\frac{e_x}{I_x}$	Situación	$\frac{e_y}{I_y}$	Situación
1	0.22	Mala	0.05	Buena
2	0.09	Buena	0.11	Regular
3	0.07	Buena	0.26	Mala
4	0.07	Buena	0.25	Mala
5	0.07	Buena	0.25	Mala
6	0.00	Buena	0.27	Mala
7	0.18	Regular	0.25	Mala
8	0.05	Buena	0.21	Mala

donde:

$l_x$  = largo mayor de la planta en la dirección longitudinal (Eje x)  
= 43.525 m.

$l_y$  = largo mayor de la planta en la dirección transversal (Eje y)  
= 17.55 m.

De acuerdo a los valores de la tabla 5.61 se tiene que en la dirección longitudinal la excentricidad es calificada como buena en los pisos 2, 3, 4, 5, 6 y 8, como regular en el piso 7 y de mala en el piso 1. La situación regular del piso 7 se debe a la concentración de muros de hormigón en el ala oriente de la planta donde se ubica la caja de ascensores y escalera. La situación mala del piso 1 se debe al gran muro de hormigón armado que se ubica en la fachada poniente (Eje 1). En la dirección transversal la situación en el piso 1 es calificada como buena, en el piso 2 es calificada como regular y en los pisos 3, 4, 5, 6, 7 y 8 es calificada como mala. Esta situación mala se debe a la existencia de los muros de hormigón armado del eje E que se encuentra desplazado con respecto al eje D lo que origina que el centro de rigidez se desplace hacia el lado sur.

#### **5.3.2.6.5 Variación del peso entre pisos consecutivos**

En la tabla 5.62 se indican tanto la variación de los pesos entre pisos consecutivos que se obtiene por la razón entre el peso del piso analizado ( $W_i$ ) y el peso del piso inmediatamente superior ( $W_{i+1}$ ) como la calificación de la situación de acuerdo a los rangos definidos en la ecuación 3.39.

Los valores del peso sísmico corresponden a los de la tabla 5.32

Tabla 5.62 Variación del peso entre pisos consecutivos, Cuerpo B.

Piso	Peso $W_i$ (Ton)	$\frac{W_i}{W_{i+1}}$	Situación
1	973371	1.05	Buena
2	924664	1.09	Buena
3	852103	1.02	Buena
4	835941	1.00	Buena
5	835520	1.04	Buena
6	805704	1.10	Buena
7	731840	1.33	Regular
8	551395	-	-

De acuerdo a los valores de la tabla 5.62 se tiene que la variación del peso entre pisos consecutivos, desde el piso 1 al 7, es calificada de buena. La situación calificada como mala entre los pisos 7-8 se debe a la disminución del espesor de los muros del 8 piso que además al ser el último piso no considera la sobrecarga de losa, el peso de las baldosas ni la contribución en peso de los muros del piso superior.

### 5.3.2.7 Evaluación de la vulnerabilidad estructural

De acuerdo a los resultados de la evaluación realizada con el método de Hiroswa, se puede establecer que este cuerpo presenta una vulnerabilidad del tipo "MEDIA" considerando el menor valor del índice  $I_2$ .

Además, es importante destacar la escasa diferencia que existe entre los valores del índice  $I_2$  de la dirección longitudinal y de la dirección transversal en el primer piso del cuerpo, en virtud de que la experiencia sismológica ha demostrado que para obtener un buen comportamiento sísmico debe cumplirse que los índices deben ser similares en ambas direcciones de la planta del edificio,

de otro modo las deformaciones producto de la flexibilidad y del daño que pueda ocurrir en la dirección más débil (de menor índice) controlan el nivel de daño global.

La evaluación con el método de Shiga indica que este cuerpo satisface los valores mínimo requeridos de acuerdo a las características estructurales de sus pisos.

En cuanto a las variaciones de las características del edificio en altura se aprecia que las irregularidades que se presentan y que se son calificadas como mala, se producen en gran medida por la concentración, en el ala oriente, de los muros de hormigón armado que forman la caja de ascensores y escaleras y debido al eje E desplazado que posee este cuerpo.

### 5.3.3 Cuerpo D1

Para el análisis de este cuerpo se han considerado los datos obtenidos de los planos originales de las plantas estructurales de todos los pisos y que se detallan en el anexo A.

#### 5.3.3.1 Cálculo del peso sísmico

En la tabla 5.63 se indica el peso sísmico para cada piso, el peso acumulado en altura del cuerpo D1 y el área real de cada piso ( $A_{Ri}$ ) a partir de la cual se calculó el peso por unidad de área. Además en la tabla 5.64 se detalla la distribución del peso por elemento y el porcentaje que representa cada uno del peso total del piso.

Tabla 5.63 Peso sísmico para cada piso del Cuerpo D1

Piso	Peso $W_i$ (Kgf)	Peso acumulado $\sum_{j=i}^{n_P} w_j$ (Kgf)	Area real de planta $A_{Ri}$ (m <sup>2</sup> )	Peso por unidad de área de planta $\frac{w_j}{A_{R_i}}$ (Kgf/m <sup>2</sup> )
1	729575	1035444	637.790	1143.91
2	305869	305869	439.055	696.65

Tabla 5.64 Distribución del peso por elemento. Cuerpo D1

PISO	DISTRIBUCION DEL PESO POR ELEMENTO (Ton) - PORCENTAJE DEL PESO TOTAL DEL PISO														
	Peso propio losa		Sobre carga losa		M. Albañilería		Muros Hormigón		Peso propio vigas		Pp. tabiquería		Pp. baldosas		Total
	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	(Ton)	(%)	
1	255.117	35.0	47.834	6.6	185.830	25.5	100.267	13.7	72.827	10.0	27.228	3.7	40.472	5.5	729.6
2	142.693	46.7	0.000	0.0	79.425	26.0	6.426	2.1	66.195	21.6	11.130	3.6	0.000	0.0	305.9

### 5.3.3.2 Determinación de los índices a calcular

Utilizando lo descrito en el punto 3 2.5 y las áreas de los elementos resistentes contenidos en la tabla 5.65, se determinan los índices a calcular en cada piso y en cada dirección de análisis de acuerdo a los valores del factor  $FC_i$ , indicados en la tabla 5.66.

**Tabla 5.65** Área de elementos resistentes de hormigón y albañilería. Cuerpo D1

Piso	Dirección longitudinal		Dirección transversal	
	$A_{bli}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{ali}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{btu}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{atu}$ (m <sup>2</sup> )
1	14.460	15.215	5.550	18.475
2	0.540	20.490	1.530	14.385

donde:

$A_{bli}$  = Suma de áreas de elementos resistentes de hormigón armado en la dirección longitudinal del nivel i.

$A_{ali}$  = Suma de áreas de elementos resistentes de albañilería en la dirección longitudinal del nivel i.

$A_{btu}$  = Suma de áreas de elementos resistentes de hormigón armado en la dirección transversal del nivel i.

$A_{atu}$  = Suma de áreas de elementos resistentes de albañilería en la dirección transversal del nivel i.

**Tabla 5.66** Valores del factor  $FC_i$ . Cuerpo D1

Piso	$\sigma_o$	$FR_2$	Dirección longitudinal $FC_l$	Dirección transversal $FC_t$
1	2	4.090	0.795	0.551
2	1	4.695	0.110	0.333

De acuerdo a los valores del factor  $FC_i$ , que se indican en la tabla 5.66 los índices a calcular en este cuerpo son

En ambos pisos y en ambas direcciones de análisis se calcularán el Índice de Hirosawa ( $I_2$ ). En el piso 1 en la dirección transversal y en el piso 2 en ambas direcciones el Índice de Meli.

### 5.3.3.3 Índice de Hirosawa ( $I_2$ )

#### a) Cálculo del Índice Sísmico Básico de Comportamiento Estructural ( $E_0$ )

Para el cálculo de  $E_0$  es necesario determinar el área transversal de los elementos de hormigón (muros y columnas) y de albañilería que se consideran que participan en la capacidad resistente del cuerpo en la dirección analizada y son identificadas como  $A_{m1}$ ,  $A_{m2}$ ,  $A_{m3}$ ,  $A_{m4}$ ,  $A_{c1}$ ,  $A_{c2}$ ,  $A_{sc}$ ,  $A_a$ ,  $A_{ma}$  y  $A_{mar}$  de acuerdo a las consideraciones descritas en el capítulo 3.

En las tablas 5.67, 5.68, 5.69 y 5.70 se entregan las áreas de los muros de hormigón, de los muros de albañilería y de las columnas en las dos direcciones analizadas.

**Tabla 5.67** Áreas de muros de hormigón armado y muros de albañilería, Cuerpo D1 dirección longitudinal

Piso	$A_{m1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m2}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m3}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m4}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_a$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{ma}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{mar}$ (cm <sup>2</sup> )
1	0	0	118050	13200	98000	54150	0
2	0	0	0	0	142500	62400	0

Tabla 5.68 Areas de columnas de hormigón armado, Cuerpo D1 dirección longitudinal

Piso	$A_{c1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{c2}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{sc}$ (cm <sup>2</sup> )
1	8100	5250	0
2	3450	1950	0

Tabla 5.69 Areas de muros de hormigón armado y muros de albañilería, Cuerpo D1 dirección transversal

Piso	$A_{m1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m2}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m3}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{m4}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_a$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{ma}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{mar}$ (cm <sup>2</sup> )
1	0	0	38550	7200	12400	172350	0
2	0	0	5250	0	75750	68100	0

Tabla 5.70 Areas de columnas de hormigón armado, Cuerpo D1 dirección transversal

Piso	$A_{c1}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{c2}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{sc}$ (cm <sup>2</sup> )
1	3600	6150	
2	9150	900	

En las tablas 5.71 y 5.72 se detallan los valores de los índices de resistencia para cada una de las direcciones analizadas.

Tabla 5.71 Indices de resistencia del Cuerpo D1, dirección longitudinal.

Piso	$C_a$	$C_{ma}$	$C_{mar}$	$C_{sc}$	$C_w$	$C_c$
1	0.10506	0.05805	0	0	1.28621	0.09780
2	0.44725	0.19585	0	0	0	0.13538

Tabla 5.72 Indices de resistencia del Cuerpo D1, dirección transversal

Piso	$C_a$	$C_{ma}$	$C_{mar}$	$C_{sc}$	$C_w$	$C_c$
1	0.01329	0.18476	0	0	0.44402	0.06566
2	0.23775	0.21374	0	0	0.17713	0.27498

#### Valores de los coeficientes $\alpha_i$ y F

Los valores y características de los coeficientes  $\alpha_i$  se detallan en la tabla 3.1 del capítulo 3.

En la tabla 5.73 se resumen los valores de los coeficientes  $\alpha_i$  y el valor del índice de ductilidad F, para cada piso y dirección de análisis. Estos valores se determinaron considerando que los elementos que controlan el modo de falla, en todos los pisos y en ambas direcciones de análisis, son los muros de albañilería simple o parcialmente confinados y los muros de albañilería confinada.

Tabla 5.73 Valores de  $\alpha_i$  y F, Cuerpo D1.

Piso	Dirección longitudinal				Dirección Transversal			
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	F	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	F
1	1.0	0.7	0.5	0.8	1.0	0.7	0.5	0.8
2	1.0	0.7	0.5	0.8	1.0	0.7	0.5	0.8

El valor del índice sísmico básico del comportamiento estructural ( $E_o$ ) se calcula con la ecuación 3.3 y los valores encontrados para este cuerpo se entregan en la tabla 5.74.

Tabla 5.74 Valores de  $E_o$  del Cuerpo D1

Piso	$E_o$	
	Dirección longitudinal	Dirección Transversal
1	0.890	0.433
2	0.426	0.428

**b) Cálculo del Índice de Configuración Estructural ( $S_D$ )**

Considerando lo descrito en el capítulo punto 3.2.1.1 para el cálculo del coeficiente  $S_D$ , se tienen los siguientes valores para cada uno de los coeficientes  $q_i$ :

1.- Regularidad de planta ( $q_1$ ): planta de regularidad mediana  $a_2 = 120.9 \cdot 100 / 650.77 = 19\% > 10\%$ , luego  $G_i=0.9$  y  $R_i=1.0$

$$q_1 = 0.9$$

2.- Relación largo - ancho ( $q_2$ ): el caso más desfavorable para el cuerpo esta dado por el coeficiente,  $B = 35.10 / 15.05 = 3.0 < 5$ , luego  $G_i=1.0$  y  $R_i=0.5$

$$q_2 = 1.0$$

3.- Contracción de planta ( $q_3$ ): el efecto de la contracción de la planta está considerada en el coeficiente  $q_1$

$$q_3 = 1.0$$

4.- Atrio o patio interior ( $q_4$ ):  $R_{ap} = 23 / 650.77 = 0.04$ , luego  $G_i=1.0$  y  $R_i=0.5$

$$q_4 = 1.0$$

5.- Excentricidad de atrio o patio interior ( $q_5$ ):  $f_1 = 0.36$  y  $f_2 = 0.32$ , luego  $G_i=0.8$  y  $R_i=0.25$   
 $q_5 = 0.95$

6.- Subterráneo ( $q_6$ ): no tiene  $q_6 = 1.0$

7.- Junta de dilatación ( $q_7$ ): el caso más desfavorable para el cuerpo es el cociente entre el espesor de la junta (0.05 m.) y la altura total del cuerpo (6.7 m.), cuyo valor es:

$$S = 0.05/6.7 = 0.007 > 0.005, \text{ luego } G_i=0.9 \text{ y } R_i=0.5$$
$$q_7 = 0.95$$

8.- Uniformidad de altura de piso ( $q_8$ ): La razón de altura de piso  $R_h$  posee dos valores:

- Para el primer piso  $R_h = 2.85/3.85 = 0.74$ , luego  $G_i=0.9$  y  $R_i=0.5$ .

$$q_8(1) = 0.95$$

- Para el segundo piso  $R_h = 3.85/2.85 = 1.4 > 0.8$ , luego  $G_i=1.0$  y  $R_i=0.5$

$$q_8(2) = 1.00$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 3.10, se obtiene:

$$\text{Para el primer piso } S_D = 0.77$$

$$\text{Para el segundo piso } S_D = 0.81$$

### c) Cálculo del Índice de deterioro de la Edificación (T)

El índice T se determina con los valores de la tabla 3.3 del capítulo 3 de acuerdo con la información obtenida de la visita a terreno. Los valores de los factores  $T_i$  para este cuerpo se indican en la tabla 5.75.

Tabla 5.75 Valores de los factores  $T_i$ , Cuerpo D1.

i	$T_i$	Observaciones
1	1.0	No presenta signos de deformación.
2	1.0	No presenta grietas ni filtraciones.
3	1.0	El cuerpo no ha sufrido incendios.
4	1.0	No contiene sustancias Químicas.
5	1.0	No presenta daños por choque con edificios vecinos.

Como el valor del Índice de deterioro de la edificación corresponde al mínimo de los  $T_i$  se tiene que:

$$T = 1.0$$

**d) Cálculo del índice  $I_2$**

Basándose en los datos anteriores y en la ecuación 3.1 del capítulo 3, se determinan los valores del Índice de Hirosawa ( $I_2$ ) para ambas direcciones analizadas, los que se detallan en la tabla 5.76.

Tabla 5.76 Valores del índice  $I_2$  del cuerpo D1

Piso	$I_2$	
	Dirección longitudinal	Dirección transversal
1	0.69	0.33
2	0.35	0.35