

5.3.1.4.III.a.- Variación de Características del Edificio en Altura

Al determinar la variación de las características del cuerpo en altura se omiten las variaciones de resistencia y rigidez debido a que el sistema estructural horizontal de uno y otro piso, corresponde a dos conceptos totalmente distintos (el 2º Piso carece de losa de cielo, ver punto 4.2.3.2.1.2.-) y por lo tanto la comparación pierde validez.

Sin embargo, se incluyen las variaciones de áreas de planta y pesos, pues permiten en el primer caso visualizar la regularidad geométrica de la planta y en el segundo caso apreciar el efecto de la losa en el peso sísmico.

i.- Variación de Área de Planta

La superficie de la planta se calcula de acuerdo con lo indicado en el punto 3.2.4.1.- subpunto i.- (planta no posee zonas en voladizo)

La variación del área de planta y su calificación se indica en la tabla 5.55 :

Tabla 5.55 Variación Área de Planta Cuerpo U1

Piso	A_{p_i}	$A_{p_i}/A_{p_{i+1}}$	Situación
	[m ²]		
1	568.10	1.63	Regular
2	349.18	*	*

ii.- Variación de Peso

El peso sísmico de ambos pisos y la situación de su variación en altura se calcula de acuerdo a los criterios y consideraciones indicados en el punto 3.2.4.4.-

La variación de peso y su calificación se indica en la tabla 5.56 :

Tabla 5.56 Variación de Peso Cuerpo U1

Piso	W_i	W_i/W_{i+1}	Situación
	[Kg]		
1	463434.33	4.68	Malo
2	99013.54	*	*

iii.- Excentricidad en Planta

Las coordenadas de los Centros de Masas y Rigidez se miden desde el origen formado por la intersección de los ejes (6',A') = (X,Y), el cual se indica en la planta respectiva del Anexo C.

La forma de evaluar la excentricidad se indica en el punto 3.2.4.5.-.

No se calcula la excentricidad en el 2° Piso por carecer de un diafragma rígido de cielo.

La excentricidad en planta y su variación se indica en la tabla 5.57 :

Tabla 5.57 Excentricidad en Planta Cuerpo U1

Piso	Centro de Masas		Centro de Rigidez		Excentricidad			Situación	Situación	
	XG [m]	YG [m]	XR [m]	YR [m]	eX [m]	eY [m]	eX/LX			eY/LY
1	10.12	13.40	7.29	6.93	2.83	6.47	0.09	Bueno	0.24	Malo
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

5.3.1.4.III.b.- Evaluación de la Variación de las Características del Edificio en Altura

En general la variación de las características del edificio en altura se puede calificar como **REGULAR**.

La situación de las variaciones se explica como sigue :

i.- la variación del Peso califica como Malo debido a la gran disminución de carga que implica la ausencia de losa en el 2° Piso.

ii.- la excentricidad transversal del 1^{er} Piso califica como Malo debido a la irregular distribución de muros y variedad en alturas libres de columnas, dados los distintos tipos de ventanas, y a la presencia de un núcleo de muros de hormigón armado en la caja de escaleras, los cuales son de un espesor mayor al de los muros de albañilería.

5.3.1.4.IV.- Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo U1

La vulnerabilidad estructural del cuerpo U1 se estima preliminarmente como **BAJA**.

La calificación anterior sin embargo, se refiere al 1^{er} Piso de la estructura, y por lo tanto corresponde a una evaluación parcial, por cuanto es necesario estudiar en forma específica la situación del envigado en el 2° piso.

5.3.1.5.- CUERPO U2

Se considera que este cuerpo posee un piso debido a que en el 2° nivel sólo existe un pequeño pasillo de circulación.

5.3.1.5.I.- Determinación de Índices a Calcular

i.- Area Elementos Verticales por Piso y Dirección según Material.

Los elementos verticales resistentes están constituidos por muros y machones de hormigón y albañilería confinada y columnas aisladas de hormigón armado.

Es importante destacar que los elementos verticales resistentes considerados para los análisis, son aquellos ubicados en el sector con losa de cielo, pues la forma de distribución de las cargas está condicionada por esta situación.

La distribución de estos elementos verticales según material, es la indicada en la tabla 5.58, en donde la dirección longitudinal corresponde a la dirección este-oeste, en tanto que la transversal a la norte- sur (ver figura 4.1):

Tabla 5.58 Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo U2

Piso	Area Elementos Verticales Hormigón [m ²]		Area Elementos Verticales Albañilería [m ²]	
	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
1	1.94	1.73	6.92	5.80

ii.- Índices a Calcular

Evaluando las expresiones 3.25 y 3.26 con los valores de la tabla 5.58 y la calidad de materiales indicada en el punto 4.2.3.2.1.2.D.-, se obtienen los valores de la tabla 5.59, donde al igual que en el caso de los Cuerpos E y U1 el elevado valor del

factor FC , apesar de la mayor cantidad de elementos de albañilería, se debe a la excelente calidad del hormigón ($f'c = 230 \text{ Kg/cm}^2$) versus albañilería de unidades artesanales ($\tau_0 = 3 \text{ Kg/cm}^2$).

Tabla 5.59 Indices a Calcular para el Cuerpo U2

Piso	σ_0	FR_2	FC Longitudinal	Indices	FC Transversal	Indices
1	1	5.43	0.60	I_2	0.62	I_2

5.3.1.5.II.a.- Indice de Hirosawa por Piso y Dirección

i.- Desglose de Areas Transversales

Aplicando el criterio de clasificación de los elementos resistentes verticales indicado en el punto 3.2.1.-, a la zona abarcada por losa de cielo (ver observación en punto 5.3.1.5.I.-, subpunto i), se obtiene la tabla 5.60, en la cual se omite la columna correspondiente a A_{max} , por no existir elementos de ese tipo :

Tabla 5.60 Desglose de Areas Transversales Cuerpo U2

Piso	Longitudinal								
	A_{m1} [cm ²]	A_{m2} [cm ²]	A_{m3} [cm ²]	A_{m4} [cm ²]	A_{c1} [cm ²]	A_{c2} [cm ²]	A_{sc} [cm ²]	A_{na} [cm ²]	A_a [cm ²]
1	0.00	0.00	12247.00	2550.00	0.00	4650.00	0.00	69157.50	0.00
Piso	Transversal								
	A_{m1} [cm ²]	A_{m2} [cm ²]	A_{m3} [cm ²]	A_{m4} [cm ²]	A_{c1} [cm ²]	A_{c2} [cm ²]	A_{sc} [cm ²]	A_{na} [cm ²]	A_a [cm ²]
1	0.00	0.00	5850.00	7950.00	1500.00	2025.00	0.00	57975.00	0.00

ii.- Factores de Reducción de Capacidad Resistente (α_i) e Índice de Ductilidad (F)

El modo de falla queda controlado por los muros de albañilería confinada, con lo cual y considerando el punto 3.2.1.- y tabla 3.1, los valores de estos coeficientes son los indicados en la tabla 5.61 :

Tabla 5.61 Factores α_i y F para el Cuerpo U2

Piso	Longitudinal/Transversal			
	α_1	α_2	α_3	F
1	1.00	0.70	0.50	1.00

iii.- Peso del Piso

El peso considerado corresponde a la losa y los elementos verticales que tributan a ella (ver observación en punto 5.2.1.5.I.- subpunto i).

En cuanto a las consideraciones y criterios (pesos y sobrecargas) para calcular el peso del piso, éstos se indican en el punto 3.2.4.4.-

Tabla 5.62 Peso del único Piso del Cuerpo U2

Piso	W_i	W_i/Ap_i
	[Kg]	[Kg/m ²]
1	319458.95	674.52

iv.- Índices de Resistencia (C_i) e Índice Sísmico Básico de Comportamiento Estructural (E_o)

Considerando los valores de las tablas anteriores, se obtienen los coeficientes de la tabla 5.63, al evaluar las expresiones 3.3 a 3.9 :

Tabla 5.63 Índice C_i y E_0 para el Cuerpo U2

Piso	Longitudinal						
	C_{ma}	C_a	C_{mar}	C_{sc}	C_v	C_a	E_0
1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.60	0.11	0.67
Piso	Transversal						
	C_{ma}	C_a	C_{mar}	C_{sc}	C_v	C_a	E_0
1	0.17	0.00	0.00	0.00	0.52	0.10	0.63

v.- Índice de Configuración Estructural S_D

Considerando las características de este cuerpo, las cuales se describen en el punto 4.2.3.2.1.2.- y en las plantas y elevaciones que se presentan en el Anexo C, es importante hacer las siguientes observaciones con respecto a los criterios establecidos en la tabla 3.2 :

- al igual que en el Cuerpo U1, la presencia de lucernas o tragaluces se interpretó considerando el mismo efecto que atrios o patios de luz, sin embargo su pequeña superficie no alcanza a perjudicar significativamente a S_D

- La zona evaluada corresponde a aquella que posee losa de cielo (ver observación en punto 5.2.1.5.I.- subpunto i)

Con las consideraciones anteriores, las expresiones 3.10 a 3.12 determinan los valores de la tabla 5.64 para los q_i y el factor S_D :

Tabla 5.64 Índice S_D para el Cuerpo U2

N°	Item	G_i	R_i	q_i	Observaciones
1	Regularidad	0.90	1.00	0.90	Regularidad Mediana
2	Relación Largo-Ancho	1.00	0.50	1.00	Planta Casi Propor.
3	Contracción en Planta	0.90	0.50	0.95	Contracción Pequeña
4	Atrio o Patio interior	1.00	0.50	1.00	Lucernas Pequeñas
5	Excentricidad Atrio o Patio interior	0.90	0.25	0.98	Lucernas Pequeñas
6	Subterráneo	0.80	1.00	1.00	No hay Subterráneo
7	Junta de Dilatación	1.00	0.50	1.00	s > 0.01, Piso único
8	Uniformidad altura de Piso	1.00	0.50	1.00	Piso único
Factor S_D				0.84	

vi.- Índice de Deterioro de la Edificación T

Evaluando las características establecidas en la tabla 3.3 de acuerdo a lo detectado en terreno, se obtienen los valores de la tabla 5.65 :

Tabla 5.65 Índice T para el Cuerpo U2

N°	Item	T_i	Observaciones
1	Deformación Permanente	1.00	No se aprecian
2	Grietas en Muros o Columnas	1.00	No se aprecian
3	Incendios	1.00	No ha vivido incendios
4	Uso del Cuerpo	1.00	No almacena sust. qcas.
5	Tipo de Daño Estructural	1.00	No se aprecian
Factor T		1.00	

vii.- Índice de Hirosawa

Evaluando la expresión 3.1 con los valores indicados en las tablas anteriores, se obtienen los índices de Hirosawa de la tabla 5.66 :

Tabla 5.66 Índices de Hirosawa para el Cuerpo U2

	Longitudinal	Transversal
Piso	I_2	I_2
1	0.56	0.53

5.3.1.5.II.b.- Evaluación del Índice de Hirosawa

La calificación de la vulnerabilidad de la estructura depende del valor de I_{s0} para los niveles de servicio y estado límite último, los que se determinan de acuerdo con las ecuaciones 3.13 y 3.14, considerando que :

- $A_0 = 0.40$ (Zona Sísmica 3)
- $T_0 = 0.30$ (Suelo Tipo II)
- $T = 0.04$ (estructura de muros : $T = 0.035 \cdot n$,n :2 pisos)
- $S = 1.00$ (Suelo Tipo II)

Con estas características, los índices de juicio sísmico para el cuerpo U2, son :

- (I_{s0})serv. = 0.20
- (I_{s0})ult. = 0.59 para R=2
- (I_{s0})ult. = 0.17 para R=7

Comparando los valores anteriores con los índices de Hirosawa (I_2) indicados en la tabla 5.66, se concluye que el cuerpo presenta en su único piso y en ambas direcciones, un índice I_2 superior a I_{s0} para el nivel de servicio, pero inferior al valor de (I_{s0})ult. para R=2. No obstante, I_2 resulta muy cercano a este último valor, lo que permite calificar la vulnerabilidad de la estructura como **MEDIA-BAJA**.

Complementando lo anterior, se debe destacar que el valor de I_2 en una y otra dirección es similar, ubicándose su relación en alrededor de 1.1, lo cual es favorable según lo expuesto en el punto 3.2.1.-.

Los resultados anteriores, se aplican al sector con losa de cielo, considerándose necesario un análisis más detallado que considere la zona con envigado, la cual ha quedado fuera de los cálculos realizados para la estimación preliminar expuesta.

5.3.1.5.III.- Variación de Características del Edificio en Altura

De la variación de las características del edificio, sólo corresponde evaluar la Excentricidad en Planta, cuya situación se clasifica según los rangos definidos en el Capítulo 3 punto 3.2.4.5.-

i.- Excentricidad en Planta

Las coordenadas de los Centros de Masas y Rigidez se miden desde el origen formado por la intersección de los ejes ($14', C$) = (X, Y) , el cual se indica en la planta respectiva del Anexo C.

La forma de evaluar la excentricidad se indica en el punto 3.2.4.5.- y considera sólo la zona con losa de cielo (ver observación en punto 5.2.1.5.I.- subpunto i).

La excentricidad en planta y su evaluación se indica en la tabla 5.67 :

Tabla 5.67 Excentricidad en Planta Cuerpo U2

Piso	Centro de Masas		Centro de Rigidez		Excentricidad			Situación	Situación
	XG [m]	YG [m]	XR [m]	YR [m]	eX [m]	eY [m]	eX/LX		
1	7.95	5.62	6.92	2.82	1.03	2.80	0.03	Bueno	0.17 Regular

De la tabla 5.67 se aprecia que la excentricidad califica como **Regular** en la dirección transversal, lo cual evidencia la mediana regularidad de la planta del cuerpo.

5.3.1.5.IV.- Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo U2

La vulnerabilidad estructural del cuerpo U2 se estima preliminarmente como **MEDIA-BAJA**.

La calificación anterior es parcial, por cuanto sólo considera la zona cubierta por losa de cielo. Se comprende entonces, la necesidad de un estudio más específico que contemple la zona delimitada por el envigado, y que corresponde a los Box de atención de urgencia.

5.3.1.6.- OTRAS ESTRUCTURAS EVALUADAS EN EL HOSPITAL

La evaluación de las estructuras incluidas en este punto, Estanque Elevado de Agua y Pasarela de Comunicación, no se realiza a través de los índices estructurales aplicados en este estudio, sino que es fruto de un análisis crítico de su estructura y del estado en el cual se encuentran.

5.3.1.6.1.- ESTANQUE ELEVADO DE AGUA

La descripción de este apéndice del Cuerpo M se realiza en el Capítulo 4, punto 4.2.3.1.2.-.

Aplicando la metodología descrita se concluye que los muros perimetrales de hormigón que conforman el estanque presentan un espesor y refuerzos que se aprecian como adecuados para resistir la fuerza inercial provocada por un sismo sobre el volumen de agua. Esta conclusión se basa en la simple comparación con las cuantías y espesor de muros que se indican para el Subterráneo y 1^{er} Piso, en donde se ocupa la misma doble malla.

Otro aspecto analizado es el hecho que los muros del estanque corresponden a la continuación de los muros de la caja de escaleras y ascensores, lo cual es positivo, pues permite un flujo de cargas hacia los niveles inferiores.

Complementando lo anterior, se puede decir que en terreno no se detectaron grietas, aunque si se aprecian sectores con humedad, lo cual puede contribuir a la corrosión de armaduras.

Los antecedentes anteriores permiten calificar la vulnerabilidad del estanque inicialmente como **MEDIA-BAJA**, no obstante es necesario evaluar la estructura con algún método más refinado que, considerando su estado actual, permita estimar cuantitativamente la real capacidad resistente del estanque.

Finalmente, se debe considerar que una posible falla del estanque tendría resultados muy graves, no sólo por el evidente

riesgo sobre el abastecimiento del hospital, sino que también por el peligro de anegamiento e inutilización de los sectores situados bajo él.

La foto N° 7 del Anexo D_I, permite apreciar algunas de las características del estanque.

5.3.1.6.2.- PASARELA DE COMUNICACION ENTRE EL PROYECTO DE NORMALIZACION Y EL EDIFICIO ANTIGUO.

La descripción de la pasarela se realiza en el Capítulo 4, punto 4.2.3.2.4.-.

La estructura de este puente de unión es de naturaleza flexible, encontrándose ubicada entre dos cuerpos de rigideces estructurales diferentes, por un lado el Cuerpo M que presenta una elevada rigidez y por otra el Cuerpo C que posee una rigidez mucho menor.

Lo anterior aconseja evaluar en forma específica la forma en que los desplazamientos del Cuerpo C pueden interactuar con la pasarela (también flexible) y por el otro lado con el Cuerpo M, para el cual los desplazamientos esperados son menores. En otras palabras es necesario un estudio de la forma en que la pasarela se conecta con los cuerpos que une, para asegurar una holgura mínima.

Los aspectos descritos aconsejan calificar la vulnerabilidad de la pasarela en una primera apreciación como **MEDIA**, junto con lo cual se considera necesario un estudio específico que determine mas ciertamente la vulnerabilidad de esta importante via de comunicación entre los dos principales sectores del hospital, sin la cual se pone en grave riesgo el funcionamiento expedito del sistema.

Las fotos del N° 39 al 42 del Anexo D_I, permiten apreciar algunas de las características de la pasarela de comunicación.

5.3.1.7.- RESUMEN DE INDICES ESTRUCTURALES PARA EL HOSPITAL
HERMINDA MARTIN DE CHILLAN

5.3.1.7.I.- DIRECCION LONGITUDINAL

Tabla 5.68a INDICES DE HIROSAWA

Cuerpo	Piso	I_2	$(I_{s0})_{serv}$	$(I_{s0})_{ult}$ R=2	$(I_{s0})_{ult}$ R=7
M	S	*	*	*	*
	1	1.05	0.20	0.59	0.17
	2	0.22	0.20	0.59	0.17
	3	0.30	0.20	0.59	0.17
C	1	0.24	0.16	0.47	0.13
	2	0.27	0.16	0.47	0.13
	3	0.31	0.16	0.47	0.13
	4	0.34	0.16	0.47	0.13
	5	0.52	0.16	0.47	0.13
	6	0.92	0.16	0.47	0.13
E	1	0.64	0.20	0.59	0.17
U1	1	0.65	0.20	0.59	0.17
	2	1.78	0.20	0.59	0.17
U2	1	0.56	0.20	0.59	0.17

Tabla 5.68b INDICES DE SHIGA

Cuerpo	Piso	I_1 [cm ² /m ²]	I_t [Kg/cm ²]	I_c [cm ² /m ²]	$(I_1)_{min}$ [cm ² /m ²]	$(I_t)_{max}$ [Kg/cm ²]
M	S	119.87	8.91	2.44	39.30	16.00
	1	113.34	8.25	15.92	39.30	16.00
	2	*	*	*	*	*
	3	*	*	*	*	*

Tabla 5.68c INDICES DE MELI

Cuerpo	Piso	I_3	$(I_3)_{min}$
M	S	*	*
	1	*	*
	2	0.020	0.066
	3	0.030	0.083

5.3.1.7.II.- DIRECCION TRANSVERSAL

Tabla 5.69a INDICES DE HIROSAWA

Cuerpo	Piso	I_2	$(I_{s0})_{serv}$	$(I_{s0})_{ult}$ R=2	$(I_{s0})_{ult}$ R=7
M	S	*	*	*	*
	1	0.97	0.20	0.59	0.17
	2	0.18	0.20	0.59	0.17
	3	0.29	0.20	0.59	0.17
C	1	0.24	0.16	0.47	0.13
	2	0.27	0.16	0.47	0.13
	3	0.31	0.16	0.47	0.13
	4	0.34	0.16	0.47	0.13
	5	0.52	0.16	0.47	0.13
	6	0.92	0.16	0.47	0.13
E	1	0.48	0.20	0.59	0.17
U1	1	0.65	0.20	0.59	0.17
	2	1.50	0.20	0.59	0.17
U2	1	0.53	0.20	0.59	0.17

Tabla 5.69b INDICES DE SHIGA

Cuerpo	Piso	I_1 [cm ² /m ²]	I_t [Kg/cm ²]	I_o [cm ² /m ²]	(I_1)min [cm ² /m ²]	(I_t)max [Kg/cm ²]
M	S	44.94	22.85	2.74	39.30	16.00
	1	89.23	10.92	8.34	39.30	16.00
	2	*	*	*	*	*
	3	*	*	*	*	*

Tabla 5.69c INDICES DE MELI

Cuerpo	Piso	I_3	(I_3)min
M	S	*	*
	1	*	*
	2	0.017	0.066
	3	0.032	0.083

5.3.2.- HOSPITAL CLINICO REGIONAL GUILLERMO GRANT BENAVENTE DE CONCEPCION

5.3.2.1.- CUERPO A

En la evaluación estructural de este cuerpo, los índices se calculan considerando la estructura como un todo, de forma tal que ciertos sectores específicos con características particulares, que son resultado de ampliaciones o remodelaciones, como las indicadas en el punto 4.3.3.1.1.1.- , no se consideran representativos del comportamiento global de la estructura.

De esta forma se entiende, la necesidad de realizar un estudio específico de los sectores indicados, independientemente de la estimación de la vulnerabilidad que se realiza en este trabajo.

5.3.2.1.1.- Determinación de Índices a Calcular

i.- Area Elementos Verticales por Piso y Dirección según Material

Los elementos verticales resistentes corresponden principalmente a muros de hormigón armado en todos los pisos. Existen también columnas aisladas y muros de albañilería. Estos últimos se consideran sólo si su espesor es igual o mayor a 20cm o si es de 15cm pero claramente confinada (ver punto 4.3.3.1.1.1.-).

El área de los elementos verticales resistentes se indica en la tabla 5.70, en donde la dirección longitudinal corresponde a la dirección este-oeste, y la transversal corresponde a la norte-sur (ver figura 4.2):

Tabla 5.70 Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo A

Piso	Area Elementos Verticales Hormigón [m ²]		Area Elementos Verticales Albañilería [m ²]	
	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
2	200.90	212.31	2.77	6.05
1	132.47	133.90	45.65	56.51
2	110.11	116.07	17.13	17.70
3	104.58	103.07	10.31	15.54
4	83.27	77.35	13.72	22.81
5	65.74	59.21	16.59	12.86

ii.- Indices a Calcular

Con los valores de la tabla 5.70 y la calidad de materiales indicada en el punto 4.3.3.1.1.1.D.- ($f'c = 136 \text{ Kg/cm}^2$ y $\tau_0 = 3 \text{ Kg/cm}^2$), se evalúan las expresiones 3.25 y 3.26 determinándose calcular, de acuerdo al punto 3.2.5, los siguientes índices :

Tabla 5.71 Indices a Calcular para el Cuerpo A

Piso	σ_0	FR ₂	FC	Indices	FC	Indices
			Longitudinal		Transversal	
2	6	2.40	0.99	I_1, I_c, I_t, I_2	0.99	I_1, I_c, I_t, I_2
1	5	2.62	0.88	I_1, I_c, I_t, I_2	0.86	I_1, I_c, I_t, I_2
2	4	2.89	0.95	I_1, I_c, I_t, I_2	0.95	I_1, I_c, I_t, I_2
3	3	3.22	0.97	I_1, I_c, I_t, I_2	0.96	I_1, I_c, I_t, I_2
4	2	3.64	0.96	I_1, I_c, I_t, I_2	0.93	I_1, I_c, I_t, I_2
5	1	4.18	0.94	I_1, I_c, I_t, I_2	0.95	I_1, I_c, I_t, I_2

5.3.2.1.II.a.- Indice de Hirosawa por Piso y Dirección

En el cálculo del Indice de Hirosawa se considera el Zócalo como el primer piso ($n_p = 6$), debido a que en su extensión nunca se encuentra totalmente bajo tierra y sí en cambio existen sectores en

los cuales está a la vista en toda su altura (ver punto 4.3.3.1.1.1.D-).

i.- Desglose de Areas Transversales

Los criterios para clasificar los elementos verticales resistentes en las categorías indicadas en la tabla 5.72, se detallan en el punto 3.2.1.-

La omisión de la columna correspondiente a A_{m1} , se debe a que no existen muros de ese tipo.

Tabla 5.72 Desglose de Areas Transversales Cuerpo A

Piso	Longitudinal								
	A_{m2} [cm ²]	A_{m3} [cm ²]	A_{m4} [cm ²]	A_{o1} [cm ²]	A_{o2} [cm ²]	A_{nc} [cm ²]	A_{m2} [cm ²]	A_s [cm ²]	A_{max} [cm ²]
2	147000.00	1681625.00	34300.00	120225.00	17425.00	8400.00	0.00	0.00	27650.00
1	61500.00	886900.00	217350.00	127750.00	31200.00	0.00	107450.00	293975.00	55050.00
2	67400.00	792850.00	200425.00	31337.50	9125.00	0.00	75950.00	63550.00	31800.00
3	50500.00	788512.50	180787.50	19775.00	6250.00	0.00	65200.00	37900.00	0.00
4	25200.00	626000.00	157650.00	14775.00	9050.00	0.00	70600.00	66600.00	0.00
5	25300.00	396447.50	183800.00	32855.00	19035.00	0.00	48900.00	113200.00	3750.00
Piso	Transversal								
	A_{m2} [cm ²]	A_{m3} [cm ²]	A_{m4} [cm ²]	A_{o1} [cm ²]	A_{o2} [cm ²]	A_{nc} [cm ²]	A_{m2} [cm ²]	A_s [cm ²]	A_{max} [cm ²]
2	536062.50	1404800.00	31875.00	116875.00	31675.00	1800.00	0.00	8400.00	52050.00
1	298500.00	733475.00	154050.00	129975.00	22950.00	0.00	309400.00	231200.00	24450.00
2	290625.00	660300.00	167700.00	38100.00	3950.00	0.00	119375.00	28100.00	29550.00
3	284425.00	594200.00	113600.00	32275.00	6225.00	0.00	104885.00	48435.00	2100.00
4	108500.00	536300.00	104500.00	20650.00	3550.00	0.00	191850.00	36200.00	0.00
5	25400.00	425050.00	114825.00	21175.00	5670.00	0.00	120150.00	8400.00	0.00

ii.- Factores de Reducción de Capacidad Resistente (α_i) e Índice de Ductilidad (F)

Los valores de estos coeficientes se determinan aplicando los criterios indicados en el punto 3.2.1.- y tabla 3.1 considerando que :

- el modo de falla de todos los pisos y en ambas direcciones queda controlado por los muros de hormigón armado

- la falla de los muros de albañilería no compromete la estabilidad estructural general de los pisos.

En el caso del 1^{er} Piso, donde la cantidad de muros de albañilería es mayor y se distribuyen abarcando una zona importante hacia su extremo poniente, se debe considerar que esa zona no se extiende hacia los pisos superiores y que al ser un área periférica muy localizada, no sería realista extrapolar su modo de falla al resto del piso. Por lo anterior, al momento de evaluar la vulnerabilidad del cuerpo se debe considerar esta situación

- la presencia de columnas clasificables como cortas en ambas direcciones del Zócalo no afecta la estabilidad del piso ni de la estructura en caso de falla.

Considerando lo anterior, se obtienen los valores indicados en la tabla 5.73 :

Tabla 5.73 Factores α_i y F para el Cuerpo A

Piso	Longitudinal/Transversal			
	α_1	α_2	α_3	F
Z	0.00	1.00	0.70	1.00
1	0.00	1.00	0.70	1.00
2	0.00	1.00	0.70	1.00
3	0.00	1.00	0.70	1.00
4	0.00	1.00	0.70	1.00
5	0.00	1.00	0.70	1.00

iii.- Índices de Resistencia (C_i) e Índice Sísmico Básico de Comportamiento Estructural (E_0)

Considerando $n_p = 6$, los valores de las tablas anteriores y los pesos acumulados sobre cada piso (Punto 5.3.2.1.III.- tabla 5.80), se obtienen, al evaluar las expresiones 3.3 a 3.9, los valores de la tabla 5.74 :

Tabla 5.74 Índice C_i y E_0 para el Cuerpo A

Piso	Longitudinal						
	C_{ma}	C_a	C_{mar}	C_{sc}	C_v	C_o	E_0
Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.04	0.70
1	0.01	0.02	0.00	0.00	0.51	0.05	0.48
2	0.01	0.01	0.00	0.00	0.64	0.02	0.50
3	0.01	0.00	0.00	0.00	0.86	0.02	0.61
4	0.01	0.01	0.00	0.00	1.11	0.02	0.72
5	0.02	0.05	0.00	0.00	2.01	0.13	1.23
Piso	Transversal						
	C_{ma}	C_a	C_{mar}	C_{sc}	C_v	C_o	E_0
Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.04	0.83
1	0.03	0.02	0.00	0.00	0.59	0.05	0.55
2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.76	0.02	0.60
3	0.01	0.01	0.00	0.00	0.98	0.03	0.70
4	0.04	0.01	0.00	0.00	1.12	0.03	0.72
5	0.05	0.00	0.00	0.00	1.91	0.07	1.14

iv.- Índice de Configuración Estructural S_D

Considerando las características geométricas y de estructuración, las cuales se presentan en el punto 4.3.3.1.1.1.- y se apoyan con las plantas y elevaciones incluidas en el Anexo C,

se desprenden las siguientes observaciones respecto de los aspectos que valora el factor S_D :

- dada la uniformidad de las características del edificio con la altura, el valor de los q_i se mantiene independientemente del piso estudiado.

- en cuanto al término q_7 , éste se considera a nivel del 2° Piso, que es hasta donde llega el edificio que se separa del cuerpo A por la junta de dilatación (Cuerpo B).

Considerando lo anterior y evaluando las expresiones 3.10 a 3.12, se obtienen los valores de la tabla 5.75 para los q_i y el factor S_D :

Tabla 5.75 Índice S_D para el Cuerpo A

N°	Item	G_i	R_i	q_i	Observaciones
1	Regularidad	0.80	1.00	0.80	Planta Irregular
2	Relación Largo-Ancho	1.00	0.50	1.00	$B < 5$
3	Contracción en Planta	1.00	0.50	1.00	No hay Contracciones
4	Atrio o Patio interior	1.00	0.50	1.00	No hay Atrio
5	Excentricidad Atrio o Patio interior	1.00	0.25	1.00	No hay Atrio
6	Subterráneo	0.90	1.00	1.10	$R_{s1} > 1.00$
7	Junta de Dilatación	0.90	0.50	0.95	$s > 0.005, 2^\circ$ Piso
8	Uniformidad altura de Piso	1.00	0.25	1.00	altura uniforme
Factor S_D				0.84	Común a la estructura

v.- Índice de Deterioro de la Edificación T

Aplicando las características definidas en la tabla 3.3 al cuerpo A, según lo detectado en terreno, se obtienen los valores de la tabla 5.76 para los T_i y el factor T :

Tabla 5.76 Índice T para el Cuerpo A

Nº	Item	T _i	Observaciones
1	Deformación Permanente	1.00	No se aprecian
2	Grietas en Muros o Columnas	1.00	No se aprecian
3	Incendios	1.00	No ha vivido incendios
4	Uso del Cuerpo	1.00	No almacena sust.qcas.
5	Tipo de Daño Estructural	1.00	No se aprecian
Factor T		1.00	Común a la estructura

vi.- Índice de Hirosawa

Considerando los valores obtenidos en las tablas anteriores y evaluando la expresión 3.1, se obtienen los índices de Hirosawa indicados en la tabla 5.77 :

Tabla 5.77 Índices de Hirosawa para el Cuerpo A

Piso	Longitudinal	Transversal
	I ₂	I ₂
Z	0.59	0.69
1	0.40	0.46
2	0.42	0.50
3	0.51	0.58
4	0.60	0.61
5	1.02	0.96

5.3.2.1.II.b.- Evaluación del Índice de Hirosawa

La calificación de la vulnerabilidad de la estructura depende del valor de I_{s0} para los niveles de servicio y estado límite último.

Los valores I_{s0} se obtienen evaluando las expresiones 3.13 y 3.14, considerando lo siguiente :

- $A_0 = 0.40$ (Zona Sísmica 3)
- $T_0 = 0.75$ (Suelo Tipo III)
- $T = 0.21$ (estructura de muros : $T = 0.035 \cdot n$, $n : 6$ pisos)
- $S = 1.20$ (Suelo Tipo III)

Con estas características, los índices de juicio sísmico para el cuerpo A, son :

$$\begin{aligned} (I_{s_0})_{\text{serv.}} &= 0.20 \\ (I_{s_0})_{\text{ult.}} &= 0.71 \text{ para } R=2 \\ (I_{s_0})_{\text{ult.}} &= 0.20 \text{ para } R=7 \end{aligned}$$

Si se comparan los valores de juicio anterior con los índices de Hirosawa (I_2) indicados en la tabla 5.77, se desprende que el cuerpo presenta en todos los pisos y en ambas direcciones, un índice I_2 superior a I_{s_0} para el nivel de servicio, sin embargo para el estado límite último, el cuerpo presenta un índice inferior al que permite calificar la vulnerabilidad como baja ($(I_{s_0})_{\text{ult}}$ para $R=2$), en todos los pisos con la sola excepción del 5° Piso.

Por otro lado, el valor de $(I_{s_0})_{\text{ult}}$ para $R=7$, se supera en todos los pisos, con lo que la vulnerabilidad del edificio se podría calificar como **MEDIA**.

Así mismo, el valor de I_2 en una y otra dirección es similar, ubicándose su relación en alrededor de 0.9 en todos los pisos, lo cual refleja una capacidad sismorresistente muy parecida en ambas direcciones y por lo tanto se considera como un factor positivo, según el criterio expuesto en el punto 3.2.1.- .

De los resultados señalados se desprende que el cuerpo posee una resistencia capaz de limitar al mínimo los daños para un sismo de servicio. Sin embargo para un sismo de gran magnitud, la

situación que indica el índice se contrapone con lo que la experiencia ante sismos pasados demuestra; puesto que la información siniestral respecto del nivel de daños experimentada por el edificio ante el gran sismo de 1960, indica que el daño estructural fue nulo o almenos despreciable.

Considerando la situación descrita, se justifica el siguiente análisis de sensibilidad.

5.3.2.1.II.c.- Análisis de Sensibilidad para el Índice de Hirosawa

A continuación, se realiza un análisis de sensibilidad del índice I_2 con respecto a la calidad de los materiales y al índice de configuración estructural S_D .

En este sentido, se aprovechan las mediciones con el Martillo Schmidt, las cuales demuestran que la calidad del hormigón es superior a la supuesta, obteniéndose un valor estimativo del orden de los 200 (Kg/cm²) o superior.

Con este valor se obtienen los valores del Índice de Hirosawa indicados en la tabla 5.78a :

Tabla 5.78a Índices de Hirosawa para $f'c = 200$ (Kg/cm²)

Piso	Longitudinal	Transversal
	I_2	I_2
2	0.86	1.02
1	0.58	0.67
2	0.62	0.74
3	0.75	0.86
4	0.88	0.89
5	1.51	1.41

Comparando los valores de la tabla 5.78a con los valores de juicio indicados en el punto anterior, resulta que la situación

experimenta una mejoría ante un sismo de magnitud máxima esperada, por cuanto el nivel exigido para una estructura segura, se supera en todos los pisos, con excepción del 1^{er} Piso, en ambas direcciones, y en la dirección longitudinal del 2^o Piso.

Así entonces, este análisis de sensibilidad permite calificar la vulnerabilidad estructural del cuerpo A como **MEDIA-BAJA**, resultado que indica que uno de los posibles factores que determina la diferencia entre la experiencia siniestral y los valores obtenidos por Hirosawa, puede ser la calidad de materiales supuesta.

Junto al supuesto anterior, se realiza el siguiente análisis de sensibilidad con respecto al Índice de Configuración Estructural S_p . Lo cual se justifica al considerar lo siguiente :

i.- la elevada densidad de muros de la estructura permite aminorar el efecto de su planta irregular, con lo cual se podría considerar $q_1 = 1.0$, y

ii.- la junta de dilatación separa dos cuerpos muy rígidos y además se encuentra en un sector extremo, alejado de la parte más central del edificio, por lo tanto se puede considerar $q_7 = 1.0$,

Así entonces, se puede suponer $S_p = 1.0$, con lo que se obtienen los índices de Hirosawa indicados en la tabla 5.78b :

**Tabla 5.78b Índices de Hirosawa para $f'c = 200$ (Kg/cm²)
y $S_p = 1.0$**

Piso	Longitudinal	Transversal
	I_2	I_2
2	1.02	1.21
1	0.69	0.80
2	0.74	0.88
3	0.89	1.02
4	1.05	1.06
5	1.80	1.68

Los índices presentados en la tabla 5.78b, reflejan en muy buena forma el comportamiento de la estructura ante los sismos de Mayo de 1960, motivo por el cual se considera que los supuestos realizados en estos análisis de sensibilidad tienen base sólida y permiten por lo tanto calificar la vulnerabilidad estructural del cuerpo A como **BAJA**.

5.3.2.1.III.a.- Indices de Shiga por Piso y Dirección

i.- Area de Elementos Verticales Resistentes de Hormigón

Con los criterios definidos en el punto 3.2.2.- , en donde se clasifica al elemento resistente como muro o columna en función de la relación entre los lados de su sección transversal y se explica el criterio para asimilar los muros de albañilería a muros de hormigón armado de equivalente resistencia al corte, se obtienen las areas de muros y columnas indicadas en la tabla 5.79 :

Tabla 5.79 Area Elementos Verticales de Hormigón Cuerpo A

Piso	Longitudinal		Transversal	
	A_m [cm ²]	A_c [cm ²]	A_m [cm ²]	A_c [cm ²]
Z	1874452.81	146050.00	1997940.25	150350.00
1	1339866.23	158950.00	1401555.70	152925.00
2	1119936.93	40462.50	1179867.51	42050.00
3	1051809.62	26025.00	1040478.49	38500.00
4	846578.51	23825.00	812011.27	24200.00
5	645269.68	51890.00	596063.58	26845.00

ii.- Area de Planta y Peso de cada Piso y Acumulado sobre él

El área de planta y el peso de cada piso se calcula de acuerdo con las consideraciones establecidas en los puntos 3.2.4.1.- y 3.2.4.4.- , en cuanto a superficie, pesos y sobrecargas.

Los valores de areas de planta y pesos por piso y acumulados, se presentan en la tabla 5.80 :