

CAPITULO 5

RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS

PRELIMINARES

CAPITULO 5
RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS PRELIMINARES

5.1.- INTRODUCCION

Para analizar las características de los centros hospitalarios y determinar su vulnerabilidad estructural y no estructural, resultan vitales tanto los antecedentes obtenidos de los planos (Estructurales y Arquitectónicos) como los que se obtienen de las visitas a terreno.

Con el objetivo de estimar la incidencia de algunos supuestos en el cálculo del valor de los índices y por lo tanto en la evaluación de la estructura, se incluye un análisis de sensibilidad que analiza la dependencia de estos indicadores, con respecto a la calidad de los materiales, cuando ese dato se ha supuesto para la estructura (cuerpo M de Chillán y cuerpo A de Concepción), respecto de la calificación de los elementos resistentes, cuando existe un grupo de ellos que perjudica claramente la evaluación (cuerpo P de Concepción) y respecto del índice de configuración estructural S_D , cuando su valor es demasiado conservador (cuerpo A de Concepción).

Además se incluye, la información siniestral disponible, puesto que con ella es posible visualizar en mejor forma la vulnerabilidad de los edificios en función del valor de los índices.

5.2.- ANTECEDENTES DE DAÑOS DURANTE SISMOS PASADOS

5.2.1.- HOSPITAL HERMINDA MARTIN DE CHILLAN

Respecto de la información de daños ante sismos pasados, en el Hospital de Chillán, es posible destacar lo siguiente :

i.- En el complejo hospitalario, sólo el Edificio Antigo ha sufrido la acción de eventos sísmicos destacables : 6 de Mayo de 1953 y 21 y 22 de Mayo de 1960, ambos considerados, de acuerdo al punto 2.4, de intensidad moderada para la ciudad de Chillán.

La observación anterior se considera válida específicamente para el sector del hospital, debido a que en terreno se pudo constatar la existencia, en los alrededores del complejo, de edificaciones en adobe que muy probablemente datan desde la fecha de los sismos o aun más antiguas.

ii.- No fue posible obtener información, escrita o verbal, respecto del comportamiento, estructural y/o no estructural, de los edificios del hospital ante los sismos detallados u otros.

iii.- En las visitas a terreno, no se detectan evidencias de reparaciones en la estructura, que puedan ser atribuibles a sismos que la hayan afectado.

5.2.2.- HOSPITAL CLINICO REGIONAL GUILLERMO GRANT BENAVENTE DE CONCEPCION

Respecto de la información de daños ante sismos pasados, en el Hospital de Concepción, es posible precisar lo siguiente :

i.- Sólomente el edificio antiguo (Monoblock), ha sufrido sismos de importancia : 21 y 22 de Mayo de 1960, los cuales de acuerdo al punto 2.4 del Capítulo 2, corresponden a sismos de máxima intensidad para la ciudad de Concepción.

ii.- No existen informes, que detallen los efectos de estos sismos sobre la estructura y/o elementos no estructurales del hospital.

iii.- De la información reunida en las visitas a terreno es posible destacar los siguientes puntos :

i.- Algunos dinteles de puertas de los pisos 2° y 3° hacia el oriente, están fisurados. Estas fisuras son de un espesor mínimo y no son fácilmente detectables a simple vista.

ii.- De las entrevistas efectuadas a personas que vivieron los eventos indicados en el hospital, se desprende que los principales daños se limitaron a aspectos no estructurales, tales como : corte del suministro de agua y rotura de cañerías y de vidrios.

iii.- Finalmente es posible concluir que los sismos de mayo de 1960, no produjeron daños estructurales de importancia.

5.3.- CALCULO DE INDICADORES PARA EVALUACION ESTRUCTURAL

5.3.1.- HOSPITAL HERMINDA MARTIN DE CHILLAN

5.3.1.1.- CUERPO M

5.3.1.1.I.- Determinación de Indices a Calcular

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

Los elementos verticales resistentes corresponden a muros de hormigón armado en el Subterráneo y 1^{er} Piso y a muros de albañilería y algunos de hormigón en el 2° y 3°. Existen también algunas columnas aisladas de hormigón armado en los diferentes pisos (punto 4.2.3.1.1.1.B.-).

Al calcular las áreas de muros de albañilería, se desprecian los elementos que en los planos se definen como tabiquerías (divisiones entre salas) y que corresponden a albañilerías de 15 o 10cm de espesor (punto 4.2.3.1.1.1.B.-). Lo anterior, constituye un criterio conservador al evaluar la resistencia de la estructura.

Las áreas de los elementos verticales resistentes se indican en la tabla 5.1, en donde la dirección longitudinal corresponde a la dirección este-oeste, en tanto que la transversal corresponde a la norte-sur (ver figura 4.1)

Tabla 5.1 Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo M

Piso	Area Elementos Verticales Hormigón [m ²]		Area Elementos Verticales Albañilería [m ²]	
	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal
S	70.59	27.52	0.00	0.00
1	66.07	49.87	0.00	0.00
2	7.42	3.74	56.70	47.49
3	4.14	3.44	50.71	45.06

ii.- Indices a Calcular

Con los valores de la tabla 5.1 y la calidad de materiales indicada en el punto 4.2.3.1.1.1.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 con el punto 3.2.5, los siguientes índices :

Tabla 5.2 Indices a Calcular para el Cuerpo M

Piso	σ_0	FR_2	FC Longitudinal	Indices	FC Transversal	Indices
S	4	2.89	1.00	I_1, I_c, I_t, I_2	1.00	I_1, I_c, I_t, I_2
1	3	3.22	1.00	I_1, I_c, I_t, I_2	1.00	I_1, I_c, I_t, I_2
2	2	3.64	0.32	I_2	0.22	I_2
3	1	4.18	0.25	I_2	0.24	I_2

Al considerar que los valores obtenidos para el factor FC en el 2° y 3er Piso, son cercanos al límite del 20% que determina el cálculo del Índice de Meli : I_3 , se decide calcularlo como un elemento de calificación de la vulnerabilidad de la estructura.

5.3.1.1.II.a.- Índice de Hirosawa por Piso y Dirección

Para el cálculo del Índice de Hirosawa se considera el número de pisos sobre el nivel del terreno ($n_p = 3$), ya que el subterráneo se encuentra prácticamente en toda su extensión totalmente bajo tierra y a que la superficie del subterráneo es pequeña en comparación con la superficie de los pisos que se extienden desde el nivel del suelo (punto 4.2.3.1.1.1.B.-)

i.- Desglose de Areas Transversales

Los criterios para clasificar los elementos verticales resistentes en las categorías indicadas en la tabla 5.3, se detallan en el punto 3.2.1.1.1.-

La omisión de la columna correspondiente a A_{m1} , se debe a que no existen muros de este tipo (muros de albañilería de relleno)

Tabla 5.3 Desglose de Areas Transversales para el Cuerpo M

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_{m2} [cm ²]	A_s [cm ²]
5	0.00	240900.00	450900.00	0.00	10050.00	4050.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	51750.00	459675.00	61875.00	73950.00	7400.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	22800.00	11400.00	34500.00	5475.00	0.00	32475.00	534525.00
3	0.00	0.00	22800.00	11400.00	4500.00	2700.00	0.00	18600.00	488475.00
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_{m2} [cm ²]	A_s [cm ²]
5	0.00	92400.00	134650.00	12300.00	7875.00	5250.00	2700.00	0.00	0.00
1	0.00	185850.00	245925.00	24300.00	28425.00	14225.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	15300.00	12600.00	3300.00	3150.00	3025.00	0.00	191325.00	283575.00
3	0.00	15300.00	12600.00	3300.00	0.00	3150.00	0.00	144525.00	306075.00

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

Los valores de estos coeficientes se determinan de acuerdo con el punto 3.2.1.1.1.- y tabla 3.1, considerando lo siguiente :

- en el 1^{er} piso el modo de falla queda controlado por los muros de hormigón, en tanto que la presencia de columnas clasificables como cortas en el subterráneo (dirección transversal) no afecta la estabilidad del piso ni de la estructura en caso de su falla.

- en los pisos 2° y 3°, el modo de falla queda controlado por los muros de albañilería, los que no poseen un refuerzo adecuado (A_s , en tabla 5.3)

Tabla 5.4 Factores α_i y F para el Cuerpo M

Piso	Longitudinal/Transversal			
	α_1	α_2	α_3	F
S	*	*	*	*
1	0.00	1.00	0.70	1.00
2	1.00	0.70	0.50	0.80
3	1.00	0.70	0.50	0.80

iii.- Indices de Resistencia (C_i) e Indice Sísmico Básico de Comportamiento Estructural (E_0)

Considerando $n_p = 3$, los valores de las tablas anteriores, y los pesos acumulados sobre cada piso (Punto 5.3.1.1.III.a.- tabla 5.11), se obtienen los siguientes índices, al evaluar las expresiones 3.3 a 3.9 :

Tabla 5.5 Indices C_i y E_0 para el Cuerpo M

Piso	Longitudinal						
	C_{na}	C_a	C_{mar}	C_{sc}	C_w	C_c	E_0
S	*	*	*	*	*	*	*
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.10	0.97
2	0.01	0.18	0.00	0.00	0.08	0.08	0.18
3	0.01	0.31	0.00	0.00	0.17	0.03	0.24
Piso	Transversal						
	C_{na}	C_a	C_{mar}	C_{sc}	C_w	C_c	E_0
S	*	*	*	*	*	*	*
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.05	0.90
2	0.06	0.09	0.00	0.00	0.10	0.01	0.15
3	0.09	0.19	0.00	0.00	0.22	0.01	0.23

iv.- Índice de Configuración Estructural S_p

Considerando las características de geometría y estructuración del cuerpo M, las que se detallan en el punto 4.2.3.1.1.1.-, y se apoyan con las plantas y elevaciones incluidas en el Anexo C, se obtienen las siguientes observaciones básicas con respecto a los aspectos que considera el factor S_p :

- dada la uniformidad del edificio en 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, puesto que es hasta ahí donde llega el edificio que se separa del cuerpo M por junta de dilatación (Cuerpo P).

Considerando lo anterior y evaluando las expresiones 3.10 a 3.12, se obtienen los valores de la tabla 5.6, para los q_i y el factor S_p :

Tabla 5.6 Índice S_p para el Cuerpo M

N°	Item	G_i	R_i	q_i	Observaciones
1	Regularidad	0.90	1.00	0.90	Planta Tipo T
2	Relación Largo-Ancho	1.00	0.50	1.00	Planta Proporcionada
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	0.80	1.00	1.00	$R_{ss} < 0.5$
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_p				0.86	Común a la estructura

v.- Índice de Deterioro de la Edificación T

Aplicando las características indicadas en la tabla 3.3 al cuerpo M, de acuerdo a lo detectado en terreno, se obtienen los valores de la tabla 5.7 para los T_i y el factor T :

Tabla 5.7 Índice T para el Cuerpo M

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.gcas.
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 5.8, para los pisos evaluados :

Tabla 5.8 Índices de Hirosawa para el Cuerpo M

Piso	Longitudinal	Transversal
	I_2	I_2
S	*	*
1	0.83	0.77
2	0.15	0.13
3	0.21	0.20

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

La calificación de la vulnerabilidad de la estructura depende del valor de I_{s0} tanto para el nivel de servicio como para el estado límite último.

Los valores de I_{s0} , se determinan de acuerdo a las expresiones 3.13 y 3.14, considerando que :

- $A_0 = 0.40$ (Zona Sísmica 3)
- $T_0 = 0.30$ (Suelo Tipo II)
- $T = 0.11$ (estructura de muros : $T = 0.035 \cdot n$, $n : 3$ pisos)
- $S = 1.00$ (Suelo Tipo II)

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

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

Comparando estos valores con los índices de Hirosawa (I_2) que se indican en la tabla 5.8, se concluye que :

1^{er} Piso : en ambas direcciones I_2 es superior a (I_{s0})ult para $R=2$, por lo que se puede concluir preliminarmente que el 1^{er} Piso cuenta con un nivel de resistencia que le permitiría resistir en buena forma tanto un sismo de servicio como el sismo de magnitud máxima esperada, tal como se los define en el punto 3.2.1.- .

2^o Piso : en ambas direcciones I_2 es inferior a (I_{s0})ult para $R=7$, lo cual implica preliminarmente un muy bajo nivel de resistencia, incluso para resistir un sismo de servicio

3^{er} Piso : en ambas direcciones I_2 , es igual o superior a I_{s0} para el nivel de servicio y mayor también que $(I_{s0})_{ult}$ para $R=7$, pero inferior para la condición de estado límite último con $R=2$. Lo anterior indica preliminarmente que el piso presenta un nivel adecuado para resistir un sismo de servicio, pero reducido para resistir sin daño un sismo severo.

Considerando la situación descrita, y no obstante que la vulnerabilidad estructural de los pisos 1° y 3°, según los rangos de la tabla 3.5, califica como Baja y Media respectivamente, se concluye que la vulnerabilidad estructural del cuerpo M queda determinada por la situación del 2° Piso, el cual presenta según Hirosawa una **ALTA** vulnerabilidad al no sobrepasar $(I_{s0})_{ult}$ para $R=7$.

Independientemente del razonamiento anterior, se analiza la relación entre los valores del índice I_2 para la dirección longitudinal y dirección transversal, obteniéndose que para todos los pisos la razón es del orden de 1.1, valor que de acuerdo a lo señalado en el punto 3.2.1.-, indica una capacidad sismorresistente similar en ambas direcciones y por lo tanto, desde ese punto de vista, se espera un comportamiento uniforme del edificio.

Finalmente, cabe decir que considerando los resultados anteriores, es aconsejable evaluar la estructura en niveles de análisis más detallados, como por ejemplo los sucesivos niveles que plantea Hirosawa.

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

Tal como se indica en el punto 4.2.3.1.1.1.D.- , la calidad de los materiales utilizada para la evaluación de este cuerpo, se establece considerando el año de construcción del edificio, es decir se le asignan a la estructura las características de los materiales y modalidades constructivas de la época en que fue construido.

Por este motivo, se justifica realizar un análisis de sensibilidad del Índice de Hirosawa, en función de la calidad de los materiales considerando la situación que se detecta en terreno.

En relación con este aspecto, se puede decir que al realizar mediciones en terreno con el Martillo Schmidt, se aprecia un hormigón de buena calidad. Junto a lo anterior, se detectó el uso de unidades de albañilería de fabricación a máquina.

Las características anteriores permiten suponer las siguientes calidades de materiales para el cálculo del Índice de Hirosawa : $f'c = 172 \text{ Kg/cm}^2$, es decir hormigón clase D, y $\tau_0 = 5 \text{ Kg/cm}^2$ (unidades hechas a máquina). Con lo cual se obtienen los valores de la tabla 5.9 :

Tabla 5.9 Índices de Hirosawa para $f'c = 172 \text{ Kg/cm}^2$ y $\tau_0 = 5 \text{ Kg/cm}^2$

Piso	Longitudinal	Transversal
	I_2	I_2
S	*	*
1	1.05	0.97
2	0.22	0.18
3	0.30	0.29

Comparando los índices de la tabla 5.9, con los valores de I_{s0} indicados en el punto anterior, resulta que la situación experimenta una notoria mejoría, no cumpliendo con el mínimo recomendado para un sismo de servicio, sólomente en la dirección transversal del 2° Piso.

La situación en cambio, para un sismo de magnitud máxima esperada, sigue siendo en el 2° y 3°r Piso, inferior al valor que permite calificar la estructura como segura ($(I_{s0})_{ult.}$ para $R=2$),

sin embargo su nivel de resistencia mejora y supera el valor que determina la zona de alta vulnerabilidad (I_{s0})ult. para $R=7$).

Así entonces, la vulnerabilidad del cuerpo M, suponiendo la calidad de materiales propuesta en este análisis de sensibilidad, puede considerarse como **MEDIA-ALTA**.

Este resultado refuerza la necesidad de realizar un estudio más detallado que permita calificar la vulnerabilidad con mejor conocimiento de la calidad de los materiales.

5.3.1.1.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, se obtienen los valores de la tabla 5.10 :

Tabla 5.10 Area Elementos Verticales de Hormigón Cuerpo M

Piso	Longitudinal		Transversal	
	A_m [cm ²]	A_c [cm ²]	A_m [cm ²]	A_c [cm ²]
S	691800.00	14100.00	259350.00	15825.00
1	579300.00	81350.00	456075.00	42650.00
2	*	*	*	*
3	*	*	*	*

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.- , resultando los valores de la tabla 5.11 :

Tabla 5.11 Areas de Plantas y Pesos Cuerpo M

Piso	A_{p_i}	ΣA_{p_i}	W_i	ΣW_i	W_i/A_{p_i}
	[m ²]	[m ²]	[Kg]	[Kg]	[Kg/m ²]
S	660.34	5771.36	839254.14	6287257.38	1270.95
1	1715.75	5111.03	2068114.23	5448003.23	1205.37
2	1697.95	3395.28	1847589.23	3379889.00	1088.13
3	1697.33	1697.33	1532299.77	1532299.77	902.77

iii.- Indices de Shiga

Considerando los valores de las tablas anteriores para evaluar las expresiones 3.15, 3.16 y 3.17, se obtienen los valores de los índices de Shiga indicados en la tabla 5.12 :

Tabla 5.12 Indices de Shiga para el cuerpo M

Piso	Longitudinal			Transversal		
	I_1	I_c	I_t	I_1	I_c	I_t
	[cm^2/m^2]	[cm^2/m^2]	[Kg/cm^2]	[cm^2/m^2]	[cm^2/m^2]	[Kg/cm^2]
5	119.87	2.44	8.91	44.94	2.74	22.85
1	113.34	15.92	8.25	89.23	8.34	10.92
2	*	*	*	*	*	*
3	*	*	*	*	*	*

5.3.1.1.III.b.- Evaluación de los Indices de Shiga

Los índices de Shiga que se consideran más representativos del nivel de daño esperado para cada piso y dirección, son el índice de área de muros (I_1) y el índice de tensión media de corte nominal (I_t), puesto que, debido al sistema estructural de muros, el valor del índice de área de columnas (I_c) resulta bajo y por lo tanto, no representativo del comportamiento de la estructura.

En la interpretación de los índices de Shiga que se realiza a continuación, se considera sólo la situación del 1^{er} Piso, considerando que el Subterráneo tiene una superficie muy inferior a los pisos que se extienden desde el nivel del terreno, con lo cual una gran parte del peso de los pisos superiores llega directamente a las fundaciones y no al sistema estructural de este nivel. No obstante lo anterior, está claro que el Subterráneo presenta una densidad de muros elevada que le permite ser considerado como de baja vulnerabilidad.

Para determinar la vulnerabilidad estructural del 1^{er} Piso, se recurre a la relación establecida entre los índices I_1 e I_t con I_2 , detallada en la expresión 3.20, con la cual se obtienen los siguientes valores, considerando el peso promedio que se indica :

$$\begin{aligned}W_{oi} &= 1065.93 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} \\(I_1)_{\min} &= 39.3 \text{ [cm}^2\text{/m}^2\text{]} \\(I_t)_{\max} &= 16.0 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Comparando los índices de Shiga indicados en la tabla 5.12, con los valores de juicio anterior, resulta que I_1 es mayor que el mínimo e I_t menor al máximo permitido, en ambas direcciones, con lo cual se espera un bajo nivel de daños para este piso ante un sismo de gran magnitud, según se lo define en el punto 3.2.1.-

La conclusión anterior equivale a aplicar el gráfico propuesto por Shiga (figura 3.1), pero considerando los límites $(I_1)_{\min}$ e $(I_t)_{\max}$ que se indican más arriba y que corresponden a la realidad del país y del cuerpo en estudio. El procedimiento consiste en ubicar en el gráfico el punto dado por las coordenadas (I_1, I_t) que determina el nivel de daño esperado, ubicándose así en la zona C, la cual, de acuerdo a lo detallado en el Anexo B, implica ausencia o muy bajo nivel de daños.

Cabe acotar, que el método de Shiga es aplicable a edificios de hormigón armado de altura media (punto 3.2.2.-) por lo tanto para el caso del cuerpo M, debe recalcar la validez de la evaluación sólo para el 1^{er} Piso, no siendo extendible hacia los pisos superiores, los cuales se estructuran fundamentalmente con muros de albañilería.

Finalmente entonces, se puede decir que sólo es válido calificar la vulnerabilidad estructural del 1^{er} Piso, la cual se puede considerar como **BAJA**.

5.3.1.1.IV.a.- Índice de Meli por Piso y Dirección

i.- Area de Elementos Verticales Resistentes

Las áreas indicadas en la tabla 5.13, han sido corregidas por el factor de esbeltez recomendado por Meli (F_i), de acuerdo con la expresión 3.22 :

Tabla 5.13 Area Elementos Verticales Cuerpo M

Piso	Longitudinal			Transversal		
	A_{mra} [cm ²]	A_{mrh} [cm ²]	A_c [cm ²]	A_{mra} [cm ²]	A_{mrh} [cm ²]	A_c [cm ²]
S	*	*	*	*	*	*
1	*	*	*	*	*	*
2	453826.70	26339.64	39975.00	439937.61	27342.93	6175.00
3	361319.32	26339.64	7200.00	412835.52	27342.93	3150.00

ii.- Area Transversal de Muros de Albañilería

Las columnas y muros de hormigón armado se transforman a su equivalente en albañilería a través del factor FR_2 , tal como se indica en los puntos 3.2.3 y 3.2.4.2.- ($A_t = A_{mra} + (A_{mrh} + A_c) * FR_2$)

Tabla 5.14 Area Transversal de Muros de Albañilería Cuerpo M

Piso	Longitudinal	Transversal
	A_t [cm ²]	A_t [cm ²]
S	*	*
1	*	*
2	694980.40	561825.83
3	501355.70	540151.13

iii.- Índice de Meli

Considerando los valores obtenidos en las tablas anteriores y las áreas acumuladas sobre cada piso (tabla 5.11) y evaluando la expresión 3.21, se obtienen los índices de Meli de la tabla 5.15 :

Tabla 5.15 Indices de Meli para el Cuerpo M

Piso	Longitudinal	Transversal
	I_3	I_3
S	*	*
1	*	*
2	0.020	0.017
3	0.030	0.032

5.3.1.1.IV.b.- Evaluación del Índice de Meli

Para determinar la vulnerabilidad estructural se considera la relación establecida entre los índices I_3 e I_2 , la cual se indica en la expresión 3.23. Con esta relación se obtienen los valores mínimos de I_3 para comparar y establecer el nivel de daño esperado para el cuerpo M :

Tabla 5.16. $(I_3)_{min}$ para el 2° y 3° Piso del Cuerpo M

Piso	W_{01} [Kg/m ²]	$(I_3)_{min}$
S	*	*
1	*	*
2	995.47	0.066
3	902.77	0.083

Comparando los índices de Meli indicados en la tabla 5.15 con los valores límite anteriores, resulta que I_3 es en ambas direcciones de los pisos evaluados, inferior al mínimo requerido.

Así entonces, de acuerdo al punto 3.2.3.-, se espera un nivel de daño de categoría 3, según la clasificación expuesta en el Anexo B, es decir daño estructural moderado. Lo anterior ante un sismo de gran magnitud, tal como se lo define en el punto 3.2.1.- .

El resultado señalado permite calificar la vulnerabilidad estructural de este cuerpo, según Meli, como **ALTA**.

La conclusión anterior por si sola debe motivar un análisis más detallado de la estructura, para establecer en forma concluyente su vulnerabilidad estructural.

Finalmente, es importante indicar que los límites propuestos por Meli y Astroza en sus trabajos, los que se indican en el Capítulo 3, no se aplican a este cuerpo, por tratarse de muros de albañilería contruidos con unidades de fabricación artesanal y con escaso o ningún confinamiento (punto 3.2.3.-).

5.3.1.1.V.a.- Variación de Características del Edificio en Altura

i.- Variación de Area de Planta

La superficie de la planta y su variación entre pisos consecutivos se calcula y califica de acuerdo con lo indicado en el punto 3.2.4.1.- subpunto i.- (plantas sin grandes voladizos)

La variación de area de planta y su calificación se indican en la tabla 5.17 :

Tabla 5.17 Variación del Area de Planta Cuerpo M

Piso	A_{p_i}	$A_{p_i}/A_{p_{i+1}}$	Situación
	[m ²]		
S	660.34	0.38	Malo
1	1715.75	1.01	Bueno
2	1697.95	1.00	Bueno
3	1697.33	*	*

ii.- Variación de Resistencia

La resistencia se calcula como el área de la sección transversal de los elementos resistentes verticales expresada en su equivalente en hormigón, para lo cual los muros de albañilería se transforman con el factor FR_1 , indicado en el punto 3.2.4.2.-, según la relación : $A_{hormigón} = A_{albañilería} * FR_1$, la que determina el área de hormigón de igual resistencia al corte

En cuanto a la variación de la resistencia en altura, el criterio para calificarlo se indica también en el punto 3.2.4.2.-

La variación de resistencia y su calificación se indican en la tabla 5.18 :

Tabla 5.18 Variación de Resistencia Cuerpo M

Piso	Longitudinal			Transversal		
	R_i	R_i/R_{i+1}	Situación	R_i	R_i/R_{i+1}	Situación
	[m ²]			[m ²]		
S	70.59	1.07	Bueno	27.52	0.55	Malo
1	66.07	2.87	Bueno	49.87	2.97	Bueno
2	23.01	1.41	Bueno	16.80	1.18	Bueno
3	16.28	*	*	14.23		*

iii.- Variación de Rigidez

La rigidez de las columnas se calcula por flexión y la de los muros de hormigón armado y muros de albañilería por corte, considerando los criterios indicados en el punto 3.2.4.3.- y expresiones 3.27 (flexión) y 3.28 (Corte).

En cuanto a la variación de rigidez con la altura, se realiza la comparación y calificación de acuerdo a los criterios expuestos en el mismo punto 3.2.4.3.-

La variación de Rigidez y su calificación se indican en la tabla 5.19 :

Tabla 5.19 Variación de Rigidez Cuerpo M

Piso	Longitudinal				
	K_i	K_{i+1}/K_i	Situación	K_{i+3}/K_i	Situación
	[ton/cm]				
S	$2.76 \cdot 10^5$	0.72	Bueno	0.29	Bueno
1	$2.00 \cdot 10^5$	0.11	Malo	*	*
2	$2.23 \cdot 10^4$	0.80	Bueno	*	*
3	$1.78 \cdot 10^4$	*	*	*	*
Transversal					
S	$1.21 \cdot 10^5$	1.35	Bueno	0.54	Bueno
1	$1.64 \cdot 10^5$	0.10	Malo	*	*
2	$1.66 \cdot 10^4$	0.95	Bueno	*	*
3	$1.58 \cdot 10^4$	*	*	*	*

iv.- Variación de Peso

Los criterios y consideraciones para determinar el peso de cada piso y su variación en altura se indican en el punto 3.2.4.4.-

La variación de Peso y su calificación se indican en la tabla 5.20 :

Tabla 5.20 Variación de Peso Cuerpo M

Piso	W_i	W_i/W_{i+1}	Situación
	[Kg]		
S	839254.14	0.41	Malo
1	2068114.23	1.12	Bueno
2	1847589.23	1.21	Regular
3	1532299.77	*	*

v.- Excentricidad en Planta

Las coordenadas de los Centros de Masas y Rigidez se miden desde el origen formado por la intersección de los ejes (A,1) = (X,Y), el cual se indica en la planta respectiva del Anexo C.

Por otro lado, la forma de obtener y calificar la excentricidad en planta se indica en el punto 3.2.4.5.-

Las excentricidades en planta y su calificación se indican en la tabla 5.21 :

Tabla 5.21 Excentricidad en Planta Cuerpo M

Piso	Centro de Masas		Centro de Rigidez		Excentricidad			Situación	eX/LX	Situación
	XG [m]	YG [m]	XR [m]	YR [m]	eX [m]	eY [m]	eX/LX			
S	47.55	17.18	47.53	13.75	0.02	3.43	0.00	Bueno	0.10	Regular
1	46.00	10.63	45.74	11.26	0.27	-0.63	0.00	Bueno	0.02	Bueno
2	46.03	10.62	44.37	13.82	1.67	-3.19	0.02	Bueno	0.09	Bueno
3	46.10	11.20	45.46	13.64	0.64	-2.44	0.01	Bueno	0.07	Bueno

5.3.1.1.V.b.- Evaluación de la Variación de las Características del Edificio en Altura

Al apreciar la situación de variación de las características anteriores con la altura, se desprende que en general la clasificación es de Bueno.

Las excepciones están dadas por :

i.- la variaciones del Area de Planta, de Resistencia en la dirección transversal y de Peso, todas ellas entre el Subterráneo y el 1^{er} Piso, las cuales clasifican como Malo debido a que el Subterráneo se extiende en una superficie pequeña, que abarca una mínima parte del área de planta de los pisos superiores.

ii.- la variación de Rigidez entre el 1^{er} y 2^o Piso, que clasifica como Malo debido al cambio de hormigón armado a albañilería.

5.3.1.1.VI.- Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo M

Considerando los elementos de juicio establecidos en los puntos anteriores, principalmente los valores del Indice de Hirosawa, se puede calificar preliminarmente la vulnerabilidad estructural del cuerpo M como **MEDIA-ALTA**.

La conclusión que se indica, queda determinada básicamente por la delicada situación que se detecta en los pisos 2^o y 3^o, lo cual debe motivar por si sólo, una evaluación mediante métodos más refinados, que permita determinar la real capacidad de respuesta del edificio ante un sismo de gran magnitud.

La validez de la recomendación anterior, cobra mayor fuerza cuando se considera que la calidad de materiales supuesta para obtener los índices de Hirosawa ($f'c = 172 \text{ Kg/cm}^2$ y $\tau_0 = 5 \text{ Kg/cm}^2$) es superior a la que originalmente se había supuesto para este

edificio ($f'c = 136 \text{ Kg/cm}^2$ y $\tau_0 = 3 \text{ Kg/cm}^2$), según lo indicado en el punto 4.2.3.1.1.1.D.- y que se justificó considerando las características de los materiales y modalidades constructivas de la época en que fue construido. Además de lo anterior, la situación del edificio se puede comparar con lo sucedido en el Hospital Dr. Sótero del Río, en Puente Alto, el cual para una intensidad del orden de VII en la escala Modificada de Mercalli, durante el terremoto de Marzo de 1985, sufrió daños importantes en su estructura.

Es importante destacar, que el edificio no ha sufrido la acción de sismos de importancia, por cuanto las intensidades de los sismos de Mayo de 1960, no representan una sollicitación que signifique una prueba a la capacidad resistente de la estructura (ver punto 5.2.1.-).