

DOCUMENTO ORIGINAL EN MAL ESTADO

Tabla 5.47: Aspectos a considerar en la vulnerabilidad de elemntos no estructurales.

ELEMENTO	VULNERABILIDAD		
	BAJA	MEDIA	ALTA
1.- TABIQUES.	• Existe holgura con el sistema estructural ile-sible. • No daño o daño leve. • Hay seguridad al volca-miento. • Se ubica en sector estruc-tural muy rígido.	• No existe independencia con el sistema estructural y en sistema estructural con muchos muros. • Daño menor.	• No existe independencia con el sistema estructural. • Sistema estructural con muy pocos muros. • Posibilidad de volca-miento. • Daño mayor.
2.- VIDRIOS.	• Existe holgura entre el vidrio y marco de venta-na. • Posee protección (láminas adhesivas, ma-lla interior metálica, etc.) • Estructuración de muros.	• No existe holgura entre vidrio y marco de venta-na. • No posee protección. • Estructuración con gran número de muros estruc-turales.	• No existe holgura entre vidrio y marco. • No posee protección. • Estructuración de pórtico o poca cantidad de mu-ros.
3.- CIELOS FALSOS.	• Arriostrado o seguro. • Ubicado bajo losa rígida. • De pequeña dimensión. • Confinado por muros.	• Pafios pequeños sin arriostramiento. • Se ubica en sector confi-nado por muros.	• Sin arriostramientos. • Pafios grandes. • Losa flexible.
4.- ILUMINACION.	• Sin cielo falso: • Anclaje adecuado. • Cubierta segura y si no tiene cubiertas, con pro-tección en los tubos. • Con cielo falso: • Anclaje adecuado. • Cubierta segura y si no tiene cubiertas, con pro-tección en los tubos. • Suspensión independien-te del cielo.	• Anclaje adecuado. • Cubierta y algunos tubos sin sistemas de amarre para evitar su caída.	• Anclaje inadecuado. • No hay sistemas de amar-re de tubos descubiertas.
5.- CONTENIDOS.	• Anclaje adecuado. • Posee dispositivo de se-guridad para su conteni-do.	• Anclaje adecuado. • Falta protección de con-tenido.	• No existe protección de contenido en de ventana-les.
6.- LINEAS VITALES.	• Independencia mayor que 4 días. • Abastecimiento seguro de servicios críticos.	• Independencia entre 1 y 4 días. • Abastecimiento seguro de servicios críticos.	• Independencia menor de 4 días. • No abastece a la mayoría de servicios críticos.
7.- JUNTA DE DILATACIÓN.	• Existe junta adecuada en todo elemento que la cruce (tabiquerías, cielos falsos, tuberías, etc). • Sistema rígido o flexible. • Limpia.	• No existe junta en ele-mentos que la cruzan. • Sistema rígido. • Limpia.	• No existe junta en ele-mentos que la cruzan. • Sistema flexible. • Sucia.
8.- LINEAS VITALES.	• Independencia mayor que 4 días. • Abastecimiento seguro de servicios críticos.	• Independencia entre 1 y 4 días. • Abastecimiento seguro de servicios críticos.	• Independencia menor de 4 días. • No abastece a la mayoría de servicios críticos.

Las vulnerabilidades no estructurales se dividen en los componentes arquitectónicos, sistemas eléctricos y mecánicos, equipos y contenido, y líneas vitales. En el caso de este hospital se debe hacer la diferencia entre los cuerpos construidos en 1956 y los construidos en 1973 que constituyen el cuerpo G del hospital.

5.2.5.1 COMPONENTES ARQUITECTÓNICOS

- ♦ **Tabiquerías:** En los cuerpos antiguos del hospital existen tabiquerías de albañilería de 10 cm de espesor (Foto 21, Anexo D.1), las que no están aisladas de la estructura. Las experiencias anteriores, donde estos elementos sufrieron fisuraciones, permiten establecer que la vulnerabilidad sísmica de estos elementos es “MEDIA”. Además, se observó que los paños de longitud apreciable ubicados en los pisos altos de los cuerpos A y B interactuaron con los elementos resistentes.

En el cuerpo G del hospital (1973), las tabiquerías (Fotos 22 y 27, Anexo D.1) son de material liviano formados por un panel de madera y perfiles de aluminio arriba y abajo donde van compresores para fijar el tabique a la estructura. Aparte de ser una tabiquería vulnerable a salirse de su plano frente a acciones importantes, ya que no tienen ningún tipo de restricción de desplazamiento en esa dirección, se debe considerar de que están dispuestas en una estructura flexible. Por ello, la vulnerabilidad de estos elementos se puede calificar de “ALTA” en la eventualidad de que ocurra el sismo máximo esperado para la zona.

- ♦ **Cielo falso:** Los cielos falsos del sector antiguo corresponde a una malla enfierrada de $\frac{3}{4}$ con estuco con una vulnerabilidad baja, sin embargo, al no existir junta de dilatación en los cielos (Foto 20, Anexo D.1) se pueden producir problemas locales de desprendimiento, especialmente en los pisos superiores donde las deformaciones son mayores. A pesar de ello, la vulnerabilidad se califica como “BAJA”.

En el sector nuevo del hospital, el cielo falso de lux salón presenta un alto riesgo de caída, como ya se produjo en algunos sectores para el terremoto de 1985.

(Foto 25. Anexo D.1) Su vulnerabilidad es “ALTA”

- ♦ **Vidrios:** El sector antiguo posee ventanas con marcos de acero, sin capacidad de absorber deformaciones y sin protección para evitar que los trozos de vidrio caigan al interior del recinto en caso de rotura; por lo tanto, su vulnerabilidad es “ALTA”, esto se establece considerando que en los ventanales de la caja de escala y de los pisos superiores sufrieron rotura de vidrios en el sismo de 1985.

Para el sector nuevo las características no cambian y además existe una cantidad apreciable de vidrios en el interior del recinto formando parte de tabiques divisorios, lo que constituye una vulnerabilidad “ALTA”, más aún cuando la estructura es de marcos de hormigón armado.

- ♦ **Iluminación:** Las luminarias del sector antiguo que se encuentran apoyadas en los cielos falsos, no existiendo cubiertas para los tubos fluorescentes, tienen vulnerabilidad “MEDIA”. En los sectores que están soportados por tirantes, sin arriostramiento lateral y con carencia de cubiertas, la vulnerabilidad puede calificarse como “MEDIA”.

Por otro lado, en el sector nuevo las luminarias dispuestas sobre lux salón no poseen arriostramiento pero la mayoría tiene cubiertas para los tubos, dándole una vulnerabilidad “MEDIA” debido a que puede caer el cielo falso. Para las luminarias sobre losa su vulnerabilidad es “MEDIA” por posible caída de cubiertas.

- ♦ **Estanterías:** Todas las estanterías del hospital tienen una vulnerabilidad “ALTA”, ya que no poseen ningún sistema de anclajes que eviten el desplazamiento o caída del elemento ni protección del contenido. Esto se hace más crítico en el sector nuevo donde existe estantería junto a los tabiques pudiendo provocar el volcamiento de éste y daños en la estantería (Foto 30. Anexo D.1).

5.2.5.2 SISTEMAS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS

- ♦ **Ascensores:** Los ascensores del sector antiguo poseen apoyos parciales, teniendo en cuenta que para el sismo de 1985 se abrió la guía, por lo que la vulnerabilidad puede calificarse como “MEDIA”.

En el sector nuevo, la caja de ascensores está fuera de la planta principal del edificio unido por una losa, y a pesar de tener un buen afianzamiento de los equipos, su vulnerabilidad se puede calificar como “MEDIA” (Foto 37. Anexo D.1)

- ♦ **Montacargas:** En el sector nuevo existe un montacargas que no posee muros estructurales perimetrales sino que tabiques, donde se apoyan las guías del mismo. Esto lo hace muy vulnerable por tratarse de un edificio de marcos que se deformará considerablemente y más aún al considerar que se encuentra justo en la junta de dilatación de los cuerpos
- ♦ **Calderas:** Las calderas ubicadas en el cuerpo F poseen una insuficiencia y deterioro de anclajes, lo que se puede calificar como vulnerabilidad media. El estanque de agua elevado de este sector no posee pernos de anclaje en sus apoyos y su estructura soportante se encuentra deteriorada por la corrosión, por lo que tiene una vulnerabilidad “ALTA”. Los filtros se encuentran también con falta de anclajes y su vulnerabilidad es “MEDIA” (Fotos 39 y 40. Anexo D.1).
- ♦ **Estanque hidroneumático y Bombas:** El estanque hidroneumático que suministra de agua potable al cuerpo G se encuentra bien anclado, al igual que las 9 bombas que operan en el hospital a nivel de terreno. Las dos bombas de pozo profundo no se pudieron evaluar. Por lo tanto, la vulnerabilidad de estos equipos se puede definir como “BAJA” (Foto 41. Anexo D.1).
- ♦ **Grupo electrógeno:** El grupo electrógeno que abastece a todo el hospital posee anclaje adecuado y aisladores Gerp en su base, por lo tanto su vulnerabilidad es “MEDIA - BAJA”. A pesar de ello, da una independencia de 12 horas, por lo que funcionalmente

tiene una vulnerabilidad alta.

- ♦ **Transformadores:** De los cinco transformadores que posee el hospital, tres en el sector antiguo y dos en el nuevo, ninguno posee anclaje adecuado elevando aún más la vulnerabilidad del sistema eléctrico del recinto. Sin embargo, al igual que el grupo electrógeno, se ubican en los pisos más bajos de los cuerpos lo que disminuye en cierta medida ese riesgo. Su vulnerabilidad es “MEDIA - ALTA”.

5.2.5.3 EQUIPOS Y CONTENIDO

- ♦ **Equipos industriales:** De los nueve tipos de equipos industriales presentes en Esterilización, Banco de Sangre y Laboratorio principalmente, solo 2 están anclados: el esterilizador en óxido etileno y el autoclave, pero este último presenta corrosión en los pernos; además, se debe considerar que esterilización está en el segundo piso del sector nuevo que es en base a marcos, lo que le da una vulnerabilidad adicional, debido a la flexibilidad de esa estructura. De los equipos industriales de alimentación, se encuentran cocinas y lavaplatos sin anclajes. En lavandería las secadoras y las estanterías no poseen anclajes adecuados. Sin embargo, estos dos últimos servicios se encuentran en el piso bajo del sector antiguo lo que disminuye el riesgo de volcamiento y deslizamiento, primero porque las dimensiones de los equipos son importantes como para que exista la posibilidad de que no se deslicen ni vuelquen, y segundo porque las aceleraciones inducidas por un sismo en ese piso son bajas.
- ♦ **Equipos médicos:** En el hospital existen 32 tipos de equipos médicos, de los cuales sólo 2 poseen anclajes: las lámparas de pabellón y los equipos de rayos X. Por lo tanto la vulnerabilidad del equipamiento es “ALTA”, considerando que muchos de ellos poseen ruedas con facilidad de desplazamiento y otro tanto se encuentran sobre estanterías sin ninguna protección (Fotos 32 a 35. Anexo D.1).

- ♦ **Contenido:** La gran mayoría de los elementos que se encuentran dentro del hospital se encuentran sin ninguna protección contra el deslizamiento o caída, presentando una vulnerabilidad “ALTA” en caso de sismo. Esto incluye las bodegas, contenido de estanterías, materiales de laboratorio, archivos, etc.

5.2.5.4 *LÍNEAS VITALES*

- ♦ **Agua potable:** Las mayores vulnerabilidades de la red de agua potable, tanto fría como caliente, se encuentran en tres puntos. Primero en la sala de calderas donde los equipos cuentan con una insuficiencia de anclajes y con conexiones poco flexibles. Segundo, el estanque elevado se encuentra agrietado y se han presentado filtraciones de agua. Y tercero, los cruces de tuberías por las juntas de dilatación no permiten absorber las deformaciones relativas entre los cuerpos, lo que puede producir roturas de cañerías provocando un corte del suministro y una inundación del piso afectado. Por lo tanto, la vulnerabilidad de esta red se puede calificar como “MEDIA”.
- ♦ **Red de oxígeno:** La mayor vulnerabilidad del estanque de oxígeno son sus pernos de anclaje que se encuentran oxidados, calificando con vulnerabilidad “BAJA”.

Los cilindros individuales ubicados en su centro de almacenamiento no poseen protección al volcamiento, lo que se da también en los depósitos intermedios dentro del hospital donde, aún existiendo en algunos casos los sistemas de amarre, muy pocas veces se emplean. Esto da una vulnerabilidad “ALTA”, ya que, normalmente, estos cilindros se encuentran en zonas de circulación en caso de emergencia.

Por su parte, el manifold posee una vulnerabilidad “BAJA”, ya que los cilindros se encuentran bien afianzados.

En cuanto a la red interna de oxígeno, que va adosada a los muros, el mayor riesgo está en los cruces por la junta de dilatación que se hacen sin capacidad de absorción de deformaciones, lo que puede ser crítico en el sector estructurado con marcos

donde las distorsiones pueden ser mayores (Fotos 28 y 36. Anexo D.1). Su vulnerabilidad es “MEDIA”.

- ♦ **Sistema de alcantarillado:** La mayor vulnerabilidad de esta red se encuentra nuevamente en los cruces por las juntas, al estar empotrada a ambos cuerpos sin ningún mecanismo de absorción de deformación (Foto 44. Anexo D.1). Su vulnerabilidad es “BAJA”.
- ♦ **Sistema de energía:** En este caso los riesgos se relacionan con el no anclaje de los transformadores y tableros, y a la poca independencia del sistema, ya que los equipos básicos no tendrían una alimentación adecuada produciendo problemas funcionales del recinto. Su vulnerabilidad es “MEDIA”.

5.3 HOSPITAL DR. SÓTERO DEL RÍO

En este hospital los edificios seleccionados son los cuerpos A y D que datan de 1938. El primero posee cinco pisos sobre el nivel del terreno, mientras que el segundo sólo posee tres pisos.

Debido a la falta de datos en los planos estructurales, la calidad de los materiales se estima teniendo en cuenta la fecha y tipo de construcción de los edificios. De esta forma, para los tres cuerpos, la calidad de los materiales utilizada es:

Hormigón armado: Hormigón clase C, lo que de acuerdo a los factores de conversión de la norma NCh170.Of85 equivale a una resistencia cilíndrica a la compresión de $f'_c=136 \text{ kg/cm}^2$ y a una resistencia cúbica de $R_{c28}=180 \text{ kg/cm}^2$. Con esto, el módulo de elasticidad es $E_h=254.912 \text{ kg/cm}^2$.

Albañilería: La albañilería es de unidades cerámicas artesanales con una resistencia básica de corte de $\tau_o=3 \text{ kg/cm}^2$.

5.3.1 CUERPO A

Para este cuerpo las direcciones principales de análisis son: la longitudinal que está orientada de Poniente a Oriente y la transversal, orientada de Norte a Sur. Por la presencia de dos estanques superiores, se hace una análisis de vulnerabilidad específico para ellos.

Las fachadas del cuerpo se muestran en las Fotos 47 a 50 del Anexo D.2.

5.3.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES A CALCULAR

Para la selección de los índices de vulnerabilidad estructural que se calculan, se consideran los factores de predominancia de material FC_j y las áreas de los elementos resistentes, en m^2 , que se presentan en la tabla 5.48. En esta tabla también se incluye el factor FR_i para transformar una sección de albañilería a una de hormigón de igual resistencia.

Tabla 5.48: Área de elementos resistentes y valores del factor FC_j . Cuerpo A.

Piso	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
	Suma Horm. (m^2)	Suma Alb. (m^2)	Suma Horm. (m^2)	Suma Alb. (m^2)
P1	89.06	0	108.08	0
P2	49.70	57.465	47.79	52.69
P3	18.42	56.93	30.63	49.56
P4	17.18	53.54	28.95	51.8
P5	1.96	24.15	8.66	18.88

Piso	α	FR_i	Dirección Longitudinal		Dirección Transversal	
			FC_{long}	Índices	FC_{trans}	Índices
P1	5	0.381	1.00	lh, lsm, lsc, lst	1.00	lh, lsm, lsc, lst
P2	4	0.346	0.71	lh	0.72	lh
P3	3	0.310	0.51	lh	0.67	lh
P4	2	0.275	0.54	lh	0.67	lh
P5	1	0.240	0.25	lh	0.66	lh

De acuerdo con los datos proporcionados por la tabla anterior, se aprecia que el factor FC_j es mayor que 0.8 sólo en el primer piso lo que implica un cálculo de los índices de Hiro-sawa y Shiga para ese piso por tener sólo elementos de hormigón armado; sin embargo, para el segundo piso también se calculará Shiga debido a la proximidad del factor FC_j a 0.8. Para el resto de los pisos se debería calcular sólo el índice de Hirosawa, sin embargo, debido a que la cantidad de elementos de albañilería no es despreciable, también se calculará el índice de Meli para esos pisos.

5.3.1.2 INDICE DE HIROSAWA

Para la determinación del índice de Hirosawa se requiere de un índice sísmico básico de comportamiento estructural (E_o), de los índices asociados con las características del edificio (S_D y T) y de un índice mínimo límite de aceptación (I_{so}). Para ello, todos los cálculos se basan en las fórmulas que se establecen en el Capítulo 3.

5.3.1.2.1 Índice sísmico básico de comportamiento estructural (E_o)

i) Áreas de elementos resistentes

En la Tabla 5.49 se detallan las áreas de los elementos resistentes, en ambas direcciones de análisis, separados de acuerdo a la clasificación indicada en el Capítulo 3.

Tabla 5.49: Áreas de elementos resistentes en ambas direcciones de análisis. Cuerpo A.

Dirección Longitudinal									
Piso	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_{ma} (cm ²)	A_n (cm ²)	A_{mar} (cm ²)
P1	23100	729700	56160	33300	36300	12000	0	0	0
P2	0	353150	62160	67300	14400	0	7800	566850	0
P3	0	68700	49980	43750	21750	0	36900	532400	0
P4	0	64400	47880	41500	18000	0	18800	516600	0
P5	0	13200	0	0	6400	0	22800	218700	0

Dirección Transversal									
Piso	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_{ma} (cm ²)	A_n (cm ²)	A_{mar} (cm ²)
P1	510600	464150	20200	40200	45600	0	0	0	0
P2	33900	407700	0	25500	10800	0	496700	30200	0
P3	0	265500	12000	11000	17750	0	462400	33200	0
P4	0	251700	9000	11000	17750	0	452400	65600	0
P5	0	83400	0	0	3200	0	136400	52400	0

ii) Peso sísmico por piso

En la Tabla 5.50 se entregan los pesos por piso, pesos acumulados sobre el piso y pesos por unidad de área en cada piso. La determinación de los pesos considera el peso de los tabiques (55 kg/cm²) y el de las baldosas (100 kg/cm²). Para el último piso se incluye el peso del estanque superior.

Tabla 5.50: Pesos sísmicos por piso. Cuerpo A.

Piso	Peso (Kg)	Peso acumulado (Kg)	Peso por área planta (Ton/m ²)
P1	2.79E+06	1.05E+07	1.26
P2	2.46E+06	7.66E+06	1.14
P3	2.25E+06	5.20E+06	1.04
P4	1.95E+06	2.95E+06	0.90
P5	1.00E+06	1.00E+06	1.05

De acuerdo con los valores de esta tabla, se observa que los pesos por unidad de área en los distintos pisos sobrepasan en aproximadamente un 7%, en promedio, al peso utilizado como base en el índice de Hirosawa (1000 kg/m²) [Hirosawa, 1992]. Sin embargo, para el cálculo del índice se toman los pesos reales del edificio.

iii) Valores de los índices de resistencia

En la tabla 5.51 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 5.51: Índices de resistencia en ambas direcciones de análisis. Cuerpo A.

Dirección Longitudinal

Piso	α_{ms}	α_n	α_{mar}	α_{sc}	α_w	α_c
P1	0.000	0	0	0.012	0.636	0.038
P2	0.001	0.104	0	0	0.431	0.069
P3	0.009	0.129	0	0	0.173	0.077
P4	0.007	0.194	0	0	0.289	0.125
P5	0.022	0.209	0	0	0.107	0.030

Dirección Transversal

Piso	α_{ms}	α_n	α_{mar}	α_{sc}	α_w	α_c
P1	0.000	0	0	0	1.040	0.047
P2	0.091	0.006	0	0	0.495	0.029
P3	0.112	0.008	0	0	0.432	0.031
P4	0.170	0.025	0	0	0.717	0.054
P5	0.130	0.050	0	0	0.678	0.015

iv) Valores de α_i y F

En la Tabla 5.52 se presentan los valores de α_i y F para cada piso y dirección considerada.

Tabla 5.52: Valores de α_i y F en cada piso y dirección. Cuerpo A.

Dirección Longitudinal				
Piso	α_1	α_2	α_3	F
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

Dirección Transversal				
Piso	α_1	α_2	α_3	F
P1	0.000	1.000	0.700	1.000
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

Debido a la presencia de muros de albañilería sin confinar en todos los pisos, con excepción del primero donde existen columnas cortas las que son equivalentes a los muros de albañilería sin confinar relleno desde el punto de vista de estos factores, los valores de α_i y F para todos los casos son los mismos. Por lo tanto, el modo de falla queda controlado por los muros de albañilería sin confinar y por las columnas cortas. En cuanto al factor de ductilidad (F), estos tipos de elementos reducen este factor en un 20%, es decir $F=0.8$, sin embargo, en la dirección transversal del primer piso la ductilidad no se ve reducida ya que no hay elementos frágiles que la limiten, entonces $F=1.0$.

v) Cálculo de E_o

Para el cálculo del índice sísmico básico de comportamiento estructural, se utiliza la ecuación 3.3 del Capítulo 3 y los resultados que se obtienen se presentan en la tabla 5.53.

Tabla 5.53: Índice sísmico básico de comportamiento estructural. Cuerpo A.

Piso	E_o Longitudinal	E_o Transversal
P1	0.381	1.073
P2	0.303	0.314
P3	0.179	0.263
P4	0.248	0.386
P5	0.154	0.318

5.3.1.2.2 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 5.54.

Tabla 5.54: Valores de q_i para el cálculo de S_D . Cuerpo A.

i	h_i	G_i	q_i
1	1.00	1.00	1.00
2	0.50	0.90	0.95
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	1.00	1.00
8	0.50	1.00	1.00

Debido a que la planta es simétrica, el factor G_1 es igual a 1.0. Por su parte, ya que la dimensión longitudinal de la planta posee una gran longitud (143 m) y a que en la dirección transversal la dimensión es un 13.3% de la longitudinal, $B=7.51$ y por lo tanto $G_2=0.9$. En el caso de G_3 , G_4 , G_5 , G_6 y G_7 todos poseen el valor de 1.0 debido a que en este cuerpo no existen contracciones de planta, no hay atrio o patio interior, no posee subterráneo y no existe junta de dilatación.

Para q_8 , que corresponde a la razón entre las alturas de pisos consecutivos, R_h es 1.0 para todos los pisos, por lo tanto este factor es el mismo para todos los niveles. Entonces, $S_D=0.950$ para todo el edificio.

5.3.1.2.3 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 5.55.

Tabla 5.55: Valores de T_i . Cuerpo A.

	T_i
1	1.00
2	0.90
3	1.00
4	1.00
5	1.00

El factor que incorpora en el análisis el deterioro de la estructura, se ve afectado por el hecho de que el edificio presenta grietas visibles en elementos de albañilería principalmente, por lo tanto, $T_2=0.9$. El resto de los factores tienen valores 1.0, ya que el cuerpo no presenta signos de deformación, no ha experimentado incendios, no almacena sustancias químicas en grandes cantidades y el tipo de daño ha sido ligero.

Por lo tanto, para el cálculo del índice de Hirosawa, se toma el mínimo de los T_i , lo que equivale a usar $T=0.9$.

5.3.1.2.4 Cálculo del índice I_h

Con todos estos datos, se obtienen los índices de Hirosawa para este cuerpo, en cada piso y dirección considerada. Los valores se entregan en la tabla 5.56.

Tabla 5.56: Valores del índice de Hirosawa. Cuerpo A.

Piso	I_h	
	Longitudinal	Transversal
P1	0.326	0.917
P2	0.259	0.268
P3	0.153	0.225
P4	0.212	0.330
P5	0.122	0.252

Es importante destacar que para el quinto piso no se considera en el análisis las ampliaciones laterales que se hicieron con posterioridad a la construcción del cuerpo, ya que, se necesita hacer un levantamiento de los elementos resistentes de esta ampliación en forma detallada.

5.3.1.2.5 Cálculo de I_{so}

Para evaluar la vulnerabilidad estructural se debe tener un valor mínimo del índice para poder calificar el comportamiento de la estructura. Estos valores se establecen de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 3 y los datos necesarios para el cálculo de I_{so} se indican en la tabla 5.57.

Tabla 5.57: Datos para el cálculo de I_{so} . Cuerpo A.

T	T_o	S	A_o
0.175	0.3	1.0	0.3

Los datos anteriores se basan en los siguientes aspectos:

- a) T, período fundamental del cuerpo, se calcula como $0.035n$, lo que al considerar 5 pisos del cuerpo se tiene $T=0.175$.
- b) T_o depende del tipo de suelo, lo que para suelo tipo II que es donde se encuentra el hospital significa un $T_o=0.3$. Por lo tanto, al tener $T < T_o$ el análisis se realiza con la primera fórmula que se presenta en el Capítulo 3.
- c) S tiene valor 1.0 para suelo tipo II y corresponde al efecto de amplificación del suelo.
- d) A_o , corresponde a 0.3 para zona sísmica 2.

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 que este límite serán calificados como seguro y los casos con 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 para valores entre 0.126 y 0.441.

5.3.1.2.6 Evaluación de la estructura

Para realizar la evaluación de la vulnerabilidad estructural del cuerpo, se comparan

los índices calculados con los valores de I_{∞} y se determina el grado de la vulnerabilidad del edificio. También se hace un análisis de sensibilidad del índice de acuerdo con algunas características particulares del edificio que puedan afectarlo y finalmente se evalúan los estanques elevados como subestructuras del cuerpo

a) Cálculo Original: De acuerdo con los índices calculados para cada piso y dirección considerada, se obtienen índices bajos en todos los pisos con excepción de la dirección transversal del primer piso que posee sólo elementos de hormigón armado. También se aprecia una diferencia importante entre los índices de la dirección longitudinal con respecto a la dirección transversal, lo que se explica porque transversalmente hay una mayor cantidad de muros de albañilería sin confinar. De esta forma las variaciones llegan hasta un 72% en la dirección longitudinal del 5° piso.

Debido a que el factor que afecta en mayor medida la baja del índice es la albañilería mal confinada o sin confinar (término C_a), se hace un análisis de sensibilidad con estos elementos.

Los daños que se han producido en el hospital, principalmente para el terremoto de 1985 (Anexo E), son bastante considerables en este cuerpo. Estos se concentran predominantemente en la dirección longitudinal de todos los pisos, prácticamente en todos los dinteles del pasillo principal. Al analizar los valores del índice, se aprecia una deficiencia en todos los pisos lo que puede explicar este daño, considerando que los índices en la dirección longitudinal son siempre menores que en la transversal, y además porque en la dirección longitudinal, y específicamente en el pasillo, los elementos resistentes son muros de albañilería sin confinar.

b) Cálculo sin considerar los muros de albañilería sin confinar: Como se destacó anteriormente, estos elementos determinan el modo de falla en el cálculo del índice, sin embargo, para poder apreciar el efecto que estos elementos tienen en la estructura, se analiza el edificio sin considerar estos elementos y los resultados son indicados en la tabla 5.58.

Tabla 5.58: Sensibilidad con respecto a los muros de albañilería sin confinar. Cuerpo A.

Piso	I_h Longit.	% de I_{h0}	I_h Transv.	% de I_{h0}
P1	0.567	129%	0.917	208%
P2	0.351	80%	0.377	85%
P3	0.147	33%	0.291	66%
P4	0.214	49%	0.430	98%
P5	0.061	14%	0.327	74%

Por lo tanto, al eliminar los muros de albañilería sin confinar se aprecia un aumento de los índices en prácticamente todos los pisos con excepción de la dirección longitudinal del sexto piso donde disminuye el valor debido a que en ese piso estos elementos son los que definen la estructura resistente en esa dirección. Sin embargo, a pesar del aumento en el valor de I_h , aún quedan por debajo del valor mínimo para que el grado de vulnerabilidad sea baja. Los valores más desfavorables se obtienen en la dirección longitudinal debido a las causas ya mencionadas y justificando, por lo tanto, los daños que se han apreciado.

- c) Sensibilidad a la resistencia de los materiales: En este caso, se considera que los materiales utilizados pueden tener una resistencia mayor a la estimada. En el caso del hormigón el aumento se debe al endurecimiento del material con el tiempo, y en el caso de la albañilería se debe al confinamiento de los elementos, por lo que sólo se le aplica este aumento a aquellos elementos bien confinados. De esta forma, se supone un hormigón con $f'_c=200$ kg/cm² y una albañilería con $\tau_0=5$ kg/cm², y los resultados que se obtienen son los de la tabla 5.59.

Tabla 5.59: Sensibilidad con respecto a la calidad de los materiales. Cuerpo A.

Piso	I_h Longit.	% de I_{h0}	I_h Transv.	% de I_{h0}
P1	0.479	109%	1.349	306%
P2	0.352	80%	0.388	88%
P3	0.193	44%	0.326	74%
P4	0.271	61%	0.481	109%
P5	0.143	32%	0.366	83%

De acuerdo con los resultado obtenidos, se observa que la dirección transversal los valores de I_h se pueden considerar aceptables ya que los elementos que predominan son

muros de hormigón o muros de albañilería confinada. En cambio, la dirección longitudinal se mantienen los valores bajos en casi todos sus niveles, lo que se debe a que en esta dirección, desde el tercer piso hacia arriba, existen muros de albañilería sin confinar como elementos resistentes principales. Por lo tanto, de acuerdo con los valores del índice de Hiro-sawa, este cuerpo presenta una vulnerabilidad “MEDIA - ALTA” con una dirección longitudinal más débil, lo que ya se reflejó en los daños sufridos para el sismo de 1985.

5.3.1.2.7 Evaluación del estanque elevado

Debido a la presencia de dos estanques elevados sobre el último piso de este cuerpo, se realiza un análisis especial para la estructura soportante de éstos de tal manera de poder evaluar su vulnerabilidad estructural. De esta forma, los datos necesarios y los resultados obtenidos en el cálculo del índice de Hirosawa se presentan en la tabla 5.60.

Tabla 5.60: Evaluación de los estanques elevados (oriente y poniente). Cuerpo A.

Estanque lado oriente

Dirección	Area cm	α_1	α_2	α_3	F	C_w	C_e	T	I
Longitudinal	18000	0	1.0	0.7	1.0	1.325	1.0	1.0	0.795
Transversal	27600	0	1.0	0.7	1.0	2.035	1.0	1.0	1.221

Estanque lado poniente

Dirección	Area cm	α_1	α_2	α_3	F	C_w	C_e	T	I
Longitudinal	18000	0	1.0	0.7	1.0	1.325	1.0	1.0	0.795
Transversal	18400	0	1.0	0.7	1.0	1.354	1.0	1.0	0.812

Estos datos y cálculos están realizados con los muros soportantes del estanque y considerando un peso de 184800 kg. Debido a que los valores de los índices son altos, esta subestructura califica como segura, más aún si se considera que ambos estanque descansan en el sexto piso sobre muros de hormigón armado o albañilería bien confinada, evitando posibles problemas de apoyos deficientes. Por lo tanto, la vulnerabilidad de los estanques es “BAJA” de acuerdo con el valor límite que se establece con la ecuación 3.12 para $R=2$.