

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

ESTIMACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SISMICA
DE LOS HOSPITALES DE NEUROCIRUGIA
Y SAN ANTONIO

JUAN ANTONIO ESTEBAN REYES

PROFESORES GUIAS: SR. RUBEN BOROSCHEK K.
SR. MAXIMILIANO ASTROZA I.
SR. EDGAR KAUSEL V.

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL

SANTIAGO DE CHILE
SEPTIEMBRE, 1997

RESUMEN

ESTIMACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LOS HOSPITALES DE NEUROCIRUGIA Y SAN ANTONIO

La vulnerabilidad sísmica de un centro hospitalario queda determinada por el nivel de servicio que deben garantizar sus servicios clínicos y de apoyo, para satisfacer las demandas de la comunidad durante y después de un evento sísmico severo.

El objetivo de esta memoria es realizar una estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales de Neurocirugía y San Antonio, como parte de un proyecto más amplio, con participación del Ministerio de Salud y de la Organización Panamericana de la Salud, que persigue conocer el estado actual del Sistema de Salud Pública de Chile ante la amenaza de eventos sísmicos.

Para la evaluación de los centros hospitalarios, se divide el estudio en una parte estructural y otra no estructural. En el ámbito estructural se utilizan metodologías cuantitativas, basadas en una serie de índices que representan globalmente el comportamiento sísmico de la estructura. En la parte no estructural, se analizan diversos aspectos cualitativos que abarcan desde las características propias del elemento evaluado y su disposición, hasta su impacto en la función que debe prestar el hospital.

Para conseguir el objetivo planteado, se seleccionan en cada hospital las edificaciones que concentran la mayor cantidad de servicios de importancia, con el objetivo de representar en la mejor forma posible la capacidad de atención del hospital ante un sismo severo.

El análisis de la vulnerabilidad sísmica del hospital de San Antonio se realiza sólo en el ámbito estructural y su objetivo es calibrar la metodología utilizada para evaluar preliminarmente las estructuras de marcos de hormigón armado. Con este propósito se reúne la información de otras edificaciones de este tipo del sistema hospitalario chileno.

Finalmente, se concluye que la metodología empleada en esta memoria, permite detectar en forma preliminar los aspectos vulnerables que pueden poner en riesgo la adecuada capacidad de respuesta de los hospitales ante un evento sísmico severo.

AGRADECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimientos a todas las personas que colaboraron con el buen término de esta memoria.

INDICE

CAPITULO 1:	INTRODUCCION	1
CAPITULO 2:	SISMICIDAD REGIONAL	7
2.1	Antecedentes Generales	8
2.2	Sismicidad Chilena	10
2.3	Grandes Sismos Históricos	11
	- Sismo del 17 de Marzo de 1575	11
	- Sismo del 13 de Mayo de 1647	12
	- Sismo del 8 de Julio de 1730	12
	- Sismo del 19 de Noviembre de 1822	13
	- Sismo del 6 de Diciembre de 1850	14
	- Sismo del 16 de Agosto de 1906	16
	- Sismo del 4 de Septiembre de 1958	18
	- Sismo del 28 de Marzo de 1965	18
	- Sismo del 8 de Julio de 1971	18
	- Sismo del 3 de Marzo de 1985	19
2.4	Riesgo de Tsunami en San Antonio	26
2.5	Microzonificación Sísmica	29
2.5.1	Microzonificación Sísmica de Santiago	29
2.5.1.1	Comuna de Providencia	33
2.5.2	Microzonificación Sísmica de San Antonio	36
2.6	Intensidades Máximas Esperadas	42
CAPITULO 3:	CRITERIOS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE HOSPITALES	44
3.1	Introducción	45
3.2	Vulnerabilidad Sísmica del Sistema Estructural	45
3.2.1	Indices de comportamiento sísmico	47
3.2.1.1	Método de Hirosawa	47
3.2.1.1.1	Cálculo del índice de comportamiento sísmico (I_h)	48
3.2.1.1.2	Cálculo del índice de juicio sísmico (I_{no})	60
3.2.1.1.3	Relación entre el índice en las dos direcciones analizadas del edificio	64

3.2.1.2	Indices de Shiga	65
3.2.1.3	Indice de densidad de muros de Meli	68
3.2.2	Variación de las características del edificio con la altura	73
3.2.2.1	Variación del área de planta entre pisos consecutivos	73
3.2.2.2	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos	74
3.2.2.3	Variación del peso entre pisos consecutivos	76
3.2.2.4	Excentricidad del piso	77
3.2.3	Determinación de índices de comportamiento sísmico a calcular	80
3.2.4	Comentarios al cálculo de la vulnerabilidad estructural	81
3.2.4.1	Método de Hirosawa	81
3.3	Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales	83
3.3.1	Introducción	83
3.3.2	Elementos no estructurales en estudio ..	84
3.3.3	Métodos de evaluación sísmica	85
3.3.3.1	Pruebas de laboratorio	85
3.3.3.2	Análisis matemático	86
3.3.3.3	Experiencias pasadas	86
3.3.3.4	Criterio de un grupo de expertos ..	86
3.3.3.5	Combinación de los anteriores	87
3.3.4	Procedimientos de evaluación sísmica del hospital	87
CAPITULO 4:	DESCRIPCION DE LOS CENTROS HOSPITALARIOS	96
4.1	Introducción	97
4.2	Hospital de Neurocirugía	98
4.2.1	Características generales	98
4.2.2	Suelo de fundación	100
4.2.3	Descripción del hospital	100
4.2.3.1	Cuerpo A	101
4.2.3.2	Cuerpo B	104
4.2.3.3	Elementos Arquitectónicos	107
4.2.3.4	Lineas Vitales	110

4.3	Hospital de San Antonio	113
4.3.1	Características generales	113
4.3.2	Suelo de fundación	115
4.3.3	Descripción del hospital	120
CAPITULO 5:	RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS	
	PRELIMINARES	126
5.1	Introducción	127
5.2	Comportamiento de los hospitales en sismos anteriores	128
5.2.1	Hospital de Neurocirugía	128
5.2.2	Hospital de San Antonio	129
5.3	Cálculo y evaluación de los índices estructurales	130
5.3.1	Hospital de Neurocirugía	131
5.3.1.1	Cuerpo A	132
5.3.1.1.1	Determinación de los índices a calcular	133
5.3.1.1.1.1	Índice de Hirosawa (I_h)	135
5.3.1.1.1.2	Índices de Shiga	144
5.3.1.1.2	Variación de las características del edificio con la altura	146
5.3.1.1.3	Vulnerabilidad estructural	150
5.3.1.2	Cuerpo B	150
5.3.1.2.1	Determinación de los índices a calcular	151
5.3.1.2.1.1	Índice de Hirosawa (I_h)	152
5.3.1.2.1.2	Índices de Shiga	162
5.3.1.2.1.3	Índice de Meli (I_{mm})	164
5.3.1.2.2	Variación de las características del edificio con la altura	166
5.3.1.2.3	Vulnerabilidad estructural	170

5.3.1.3	Estanque elevado sobre cuerpo A . . .	171
5.3.1.3.1	Indice de Hirosawa (I_h)	171
5.3.1.3.2	Vulnerabilidad estructural . . .	175
5.3.2	Hospital de San Antonio	176
5.3.2.1	Cuerpo 3	177
5.3.2.1.1	Determinación del índice de Hirosawa	177
5.3.2.1.2	Variación de las características del edificio con la altura . . .	185
5.3.2.1.3	Vulnerabilidad estructural . . .	187
5.3.2.2	Cuerpo 2	188
5.3.2.2.1	Determinación del índice de Hirosawa (I_h)	188
5.3.2.2.2	Variación de las características del edificio con la altura . .	195
5.3.2.2.3	Vulnerabilidad estructural . . .	198
5.4	Resumen de Indices	199
5.5	Recopilación de Antecedentes de Hospitales de Marcos de Hormigón Armado	201
5.5.1	Hospital de Arica	201
5.5.2	Hospital de Antofagasta	203
5.5.3	Hospital de Copiapó	204
5.5.4	Hospital Dr. Gustavo Fricke	207
5.5.5	Hospital de Curicó	208
5.5.6	Hospital de Talca	211
5.5.7	Hospital de Chillán	212
5.5.8	Hospital de Concepción	213
5.5.9	Resumen de Antecedentes	215
5.5.10	Análisis de los Antecedentes	221
5.6	Disposición y Evaluación de los Elementos No Estructurales	226
5.6.1	Elementos arquitectónicos	226
5.6.2	Equipamiento	232
5.6.3	Líneas vitales	238

CAPITULO 6:	EVALUACION DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LOS HOSPITALES	244
6.1	Introducción	245
6.2	Evaluación Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital de Neurocirugía	245
6.2.1	Ficha del hospital	245
6.2.2	Vulnerabilidad estructural	249
6.2.3	Vulnerabilidad no estructural	249
6.2.4	Vulnerabilidad de los servicios clínicos y de apoyo	253
6.2.5	Vulnerabilidad asociada al hospital de Neurocirugía	254
CAPITULO 7:	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	256
REFERENCIAS	263

ANEXOS

ANEXO A	Descripción de las características a considerar en el cálculo de S_p (Hirosawa, 1981).
ANEXO B	Plantas y elevaciones estructurales Cuerpo A Hospital de Neurocirugía.
ANEXO C	Plantas y elevaciones estructurales Cuerpo B Hospital de Neurocirugía.
ANEXO D	Plantas y elevaciones estructurales Cuerpo 2 Hospital de San Antonio.
ANEXO E	Plantas y elevaciones estructurales Cuerpo 3 Hospital de San Antonio.
ANEXO F	Fotos Hospital de Neurocirugía.
ANEXO G	Fotos Hospital de San Antonio.

INDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1	Isosistas del terremoto del 19 de Noviembre de 1822, escala de Mercalli Modificada (Ramirez D., 1988).	15
Fig. 2.2	Isosistas del terremoto del 16 de Agosto de 1906, escala de Mercalli Modificada (Rudolph, Tans, 1907).	17
Fig. 2.3	Isosistas del terremoto del 3 de Marzo de 1985, escala de Mercalli Modificada (Kausel E., 1985).	23
Fig. 2.4	Areas potenciales de inundación para la ciudad de San Antonio (Claret J., 1982).	28
Fig. 2.5	Unidades geológicas de la ciudad de Santiago (Valenzuela G., 1978)	31
Fig. 2.6	Microzonas sísmicas de la ciudad de Santiago. Grados de intensidad MSK del sismo del 3 de Marzo de 1985 (Monge J., Astroza M., 1991).	32
Fig. 2.7	Microzonificación sísmica de la comuna de Providencia. Grados de intensidad MSK del sismo del 3 de Marzo de 1985 (Hernández J., 1987).	35
Fig. 2.8	Clasificación de suelos de la ciudad de San Antonio. (Geotécnica Consultores, 1988).	40
Fig. 2.9	Microzonificación sísmica de San Antonio Grados de intensidad MM del sismo del 3 de Marzo de 1985. (Geotécnica Consultores, 1988).	41
Fig. 4.1	Hospital de Neurocirugía, distribución de los edificios	99
Fig. 4.2	Hospital de San Antonio, distribución de los edificios	114
Fig. 4.3	Hospital de San Antonio, ubicación de sondajes	118
Fig. 4.4	Hospital de San Antonio, perfiles estratigráficos del terreno de emplazamiento.	119
Fig. 4.5	Hospital de San Antonio, disposición de las armaduras de refuerzo de columnas.	125
Fig. 5.1	Daño sísmico en función del índice de Hirosawa y la intensidad del sismo para estructuras de marcos de hormigón armado.	218
Fig. 5.2	Índice de Hirosawa del primer piso v/s año de construcción y zona sísmica para estructuras de hormigón armado.	219
Fig. 5.3	Índice de Hirosawa crítico v/s año de construcción y zona sísmica para estructuras de hormigón armado.	220

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Resumen de sismos históricos	24
Tabla 2.2	Escala de grados de un tsunami [Monge J., 1963] ..	27
Tabla 2.3	Valores de intensidades para las distintas	30
	microzonas de Santiago (Monge J., Pinto J., Astroza M., 1993).	
Tabla 2.4	Intensidades máximas esperadas para las	43
	comunas de Providencia y San Antonio. Ms = 8.5. (Monge J., Astroza M., Kausel E., 1992)	
Tabla 3.1	Valores de los coeficientes α_i	52
Tabla 3.2	Valores de G_i y R_i	57
Tabla 3.3	Valores del índice T para diferentes causas	58
	y tipos de deterioro	
Tabla 3.4	Clasificación de daños causados por sismo	59
	(Iglesias et al., 1987).	
Tabla 3.5	Valor de la aceleración efectiva A_0	62
Tabla 3.6	Valores de los parámetros que dependen del	62
	tipo de suelo.	
Tabla 3.7	Rangos de vulnerabilidad sísmica en función	64
	del factor R.	
Tabla 3.8	Relación entre la densidad de muros (I_{mm}) y	70
	el nivel de daños. Edificios construídos con muros de albañilería confinada y ladrillos hechos a máquina.	
Tabla 3.9	Relación entre el nivel de daños y la densidad ...	71
	de muros, (Astroza et al., 1993).	
Tabla 3.10	Categorías de daño y acciones a adoptar	71
	en cada caso.	
Tabla 3.11	Propiedades mecánicas de las distintas	79
	clases de hormigón (Kgf/cm ²).	
Tabla 3.12	Propiedades mecánicas para elementos de	80
	albañilería.	
Tabla 3.13	Aspectos a considerar en la vulnerabilidad ..	93
	de elementos no estructurales.	
Tabla 3.14	Aspectos a evaluar en el impacto en el	95
	sistema de elementos no estructurales.	
Tabla 4.1	Cuerpos que forman parte del hospital de	98
	Neurocirugía.	
Tabla 4.2	Servicios clínicos y de apoyo ubicados	101
	en el cuerpo A.	
Tabla 4.3	Servicios clínicos y de apoyo ubicados	105
	en el cuerpo A.	
Tabla 4.4	Número de pisos de los cuerpos del hospital	113
	de San Antonio.	
Tabla 4.5	Servicios clínicos y de apoyo del hospital	115
	de San Antonio.	

Tabla 5.1	Areas de elementos resistentes verticales del cuerpo A.	134
Tabla 5.2	Valores del factor FC_j y determinación de los índices a calcular en el cuerpo A.	135
Tabla 5.3	Areas de elementos resistentes del Cuerpo A en la dirección Longitudinal (cm^2).	136
Tabla 5.4	Areas de elementos resistentes del cuerpo A en la dirección Transversal (cm^2).	136
Tabla 5.5	Areas de planta y pesos sísmicos por piso del cuerpo A.	137
Tabla 5.6	Indices de resistencia del cuerpo A en la dirección longitudinal.	138
Tabla 5.7	Indices de resistencia del cuerpo A en la dirección transversal.	138
Tabla 5.8	Valores de los coeficientes α_i y F del cuerpo A	139
Tabla 5.9	Valores del índice E_o del cuerpo A	139
Tabla 5.10	Valores de q_i del cuerpo A	140
Tabla 5.11	Valores de T_i del cuerpo A	141
Tabla 5.12	Valores del índice I_h del cuerpo A	141
Tabla 5.13	Area total de muros ($\sum A_m$) y columnas ($\sum A_c$) del cuerpo A.	144
Tabla 5.14	Areas de planta y áreas acumuladas del cuerpo A.	145
Tabla 5.15	Valores de los índices I_m (cm^2/m^2), I_c (cm^2/m^2) e I_t (Kgf/cm^2) del cuerpo A.	145
Tabla 5.16	Valores de $(I_m)_{\min}$ (cm^2/m^2) para el cuerpo A	146
Tabla 5.17	Variación del área de planta entre pisos consecutivos del cuerpo A.	147
Tabla 5.18	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos del cuerpo A.	148
Tabla 5.19	Variación del peso entre pisos consecutivos del cuerpo A.	149
Tabla 5.20	Areas de elementos resistentes del cuerpo B	151
Tabla 5.21	Valores del factor FC_j e identificación de los índices a calcular en el cuerpo B.	151
Tabla 5.22	Areas de elementos resistentes verticales del Cuerpo B en la dirección Longitudinal (cm^2).	152
Tabla 5.23	Areas de elementos resistentes verticales del cuerpo B en la dirección Transversal (cm^2).	153
Tabla 5.24	Areas de planta y pesos sísmicos por piso del cuerpo B.	153
Tabla 5.25	Distribución de pesos del cuerpo B	154
Tabla 5.26	Indices de resistencia del cuerpo B en la dirección longitudinal.	155
Tabla 5.27	Indices de resistencia del cuerpo B en la dirección transversal.	155
Tabla 5.28	Valores de α_i y F del cuerpo B	156
Tabla 5.29	Valores de E_o del cuerpo B	157
Tabla 5.30	Valores de q_i del cuerpo B	158
Tabla 5.31	Valores de T_i del cuerpo B	158
Tabla 5.32	Valores del índice I_h del cuerpo B	159

Tabla 5.33	Area total de muros ($\sum A_m$) y columnas ($\sum A_m$) del cuerpo B.	162
Tabla 5.34	Areas de planta y áreas acumuladas del cuerpo B.	163
Tabla 5.35	Valores de los índices I_m (cm^2/m^2), I_c (cm^2/m^2) e I_t (Kgf/cm^2) del cuerpo B.	163
Tabla 5.36	Valores de $(I_m)_{\min}$ (cm^2/m^2) para el cuerpo B.	164
Tabla 5.37	Areas totales, corregidas por esbeltez, de elementos resistentes verticales del cuerpo B.	165
Tabla 5.38	Areas de planta y áreas de planta acumulada del cuerpo B.	165
Tabla 5.39	Valores del índice de Meli I_{mm} del cuerpo B.	166
Tabla 5.40	Valores mínimos para el índice de Meli ($I_{mm \min}$).	166
Tabla 5.41	Variación del área de planta entre pisos consecutivos del cuerpo B.	167
Tabla 5.42	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos del cuerpo B.	168
Tabla 5.43	Variación del peso entre pisos consecutivos del cuerpo B.	169
Tabla 5.44	Excentricidad de piso del cuerpo B	169
Tabla 5.45	Areas de elementos resistentes verticales del estanque del cuerpo A en las direcciones Longitudinal y Transversal (cm^2).	171
Tabla 5.46	Peso sísmico del estanque elevado del cuerpo A.	172
Tabla 5.47	Indices de resistencia del estanque elevado del cuerpo A.	172
Tabla 5.48	Valores de α_1 y F del estanque elevado del cuerpo A.	173
Tabla 5.49	Valores de E_o del estanque del cuerpo A	173
Tabla 5.50	Valores del índice de Hirosawa del estanque elevado del cuerpo A.	174
Tabla 5.51	Areas de elementos resistentes verticales del cuerpo 3 (m^2).	177
Tabla 5.52	Pesos sísmicos por piso del cuerpo 3	178
Tabla 5.53	Distribución de pesos del cuerpo 3	179
Tabla 5.54	Indices de resistencia del cuerpo 3	179
Tabla 5.55	Valores de α_1 y F del cuerpo 3	180
Tabla 5.56	Valores de E_o del cuerpo 3	181
Tabla 5.57	Valores de q_1 del cuerpo 3	181
Tabla 5.58	Valores del índice I_n del cuerpo 3	182
Tabla 5.59	Variación del área de planta entre pisos consecutivos del cuerpo 3.	185
Tabla 5.60	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos del cuerpo 3	186
Tabla 5.61	Variación del peso entre pisos consecutivos del cuerpo 3.	187
Tabla 5.62	Areas de elementos resistentes verticales del cuerpo 2 (cm^2).	188

Tabla 5.63	Areas de planta y pesos sísmicos por piso del cuerpo 2.	189
Tabla 5.64	Distribución de pesos del cuerpo 2	190
Tabla 5.65	Indices de resistencia del cuerpo 2	191
Tabla 5.66	Valores de α_1 y F del cuerpo 2	191
Tabla 5.67	Valores de E_o del cuerpo 2	192
Tabla 5.68	Valores del índice I_b del cuerpo 2	193
Tabla 5.69	Variación del área de planta entre pisos consecutivos del cuerpo 2.	195
Tabla 5.70	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos del cuerpo 2.	196
Tabla 5.71	Variación del peso entre pisos consecutivos del cuerpo 2.	197
Tabla 5.72	Resumen de los índices evaluados para el hospital de Neurocirugía.	199
Tabla 5.73	Resumen de los índices evaluados para el hospital de San Antonio.	200
Tabla 5.74	Indices de Hirosawa de los cuerpos I1 e I3, Hospital de Arica (Hauyon, 1996).	202
Tabla 5.75	Indices de Hirosawa para el cuerpo de Some y Administración del Hospital de Copiapó (Boroschek et al., 1996).	206
Tabla 5.76	Indices de Hirosawa del cuerpo E, Hospital Dr Gustavo Fricke (Gahona, 1996).	208
Tabla 5.77	Indices de Hirosawa de los cuerpos A y B del hospital de Curicó (Sepúlveda, 1997).	210
Tabla 5.78	Indices de Hirosawa de los cuerpos C y D del hospital de Talca (Sepúlveda, 1997).	211
Tabla 5.79	Indices de Hirosawa del cuerpo C, Hospital de Chillán (Mery, 1996).	212
Tabla 5.80	Indices de Hirosawa del cuerpo P, Hospital de Concepción (Mery, 1996).	214
Tabla 5.81	Resumen de valores para calibración del índice de Hirosawa.	215
Tabla 5.82	Vulnerabilidad estructural y categorías de daño esperado para estructuras de marcos de hormigón armado en función del índice de Hirosawa.	225

Tabla 6.1	Perfil del Servicio de Salud Metropolitano Oriente.	246
Tabla 6.2	Perfil hospitalario del Hospital de Neurocirugía.	247
Tabla 6.3	Características de los cuerpos A y B, Hospital de Neurocirugía.	248
Tabla 6.4	Vulnerabilidad estructural de los cuerpos analizados para el hospital de Neurocirugía.	249
Tabla 6.5	Vulnerabilidad de elementos no estructurales del hospital de Neurocirugía. Elementos Arquitectónicos.	250
Tabla 6.6	Vulnerabilidad de elementos no estructurales del hospital de Neurocirugía. Equipamiento.	251
Tabla 6.7	Vulnerabilidad no estructural del Hospital de Neurocirugía. Líneas Vitales.	252
Tabla 6.8	Vulnerabilidad de los servicios clínicos y de apoyo del Hospital de Neurocirugía.	253

CAPITULO 1
INTRODUCCION

CAPITULO 1

INTRODUCCION

Esta memoria es parte de un proyecto realizado en conjunto por el Ministerio de Salud de Chile y el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, con el apoyo de la Comunidad Económica Europea y la Organización Panamericana de la Salud. El objetivo de este proyecto es evaluar la vulnerabilidad sísmica del sistema de Salud Pública de Chile.

El proyecto selecciona 14 hospitales a lo largo de Chile. Posteriormente se ha incluido el hospital de San Antonio, para calibrar las metodologías empleadas en el estudio al caso de un hospital seriamente dañado durante el terremoto del 3 de Marzo de 1985 en la zona central de Chile.

En particular, en esta memoria se analiza la vulnerabilidad sísmica de los hospitales de Neurocirugía y de San Antonio, ubicados en la ciudad de Santiago y San Antonio respectivamente. Adicionalmente, se reúne la información de hospitales cuyos edificios están estructurados con marcos de hormigón armado para establecer las relaciones entre daño, intensidad del evento sísmico y valores del índice de Hirosawa; estableciendo una calibración de este índice de acuerdo con las características de la sismicidad y de estas estructuras chilenas.

La metodología usada para estimar la vulnerabilidad sísmica de un centro hospitalario se basa en la serviciabilidad del sistema, es decir, la vulnerabilidad sísmica del hospital queda determinada por la capacidad de los servicios clínicos y de apoyo de funcionar durante la situación de emergencia producida una vez ocurrido un sismo severo.

La capacidad de atención y de prestación de servicios queda asegurada cuando cada una de las componentes que intervienen en el funcionamiento del centro hospitalario pueden mantener su funcionamiento luego que ha ocurrido el sismo. En relación con esto último, se establecen los requerimientos siguientes:

i.- Los sistemas estructurales del hospital no deben sufrir daños que impidan la permanencia de sus ocupantes y el funcionamiento de los servicios clínicos y de apoyo esenciales durante la emergencia.

ii.- Las componentes no estructurales no deben sufrir daños que puedan entorpecer e inclusive impedir la realización de las actividades que se realizan en estos recintos. Dentro de los elementos no estructurales deben considerarse los elementos arquitectónicos, el equipamiento tanto clínico como industrial y la red de líneas vitales.

Todas estas componentes contribuyen a la realización de una cadena de actividades, todas necesarias para la adecuada atención de los pacientes hospitalizados y de los que deben ser atendidos como consecuencia del evento sísmico.

Esta memoria está compuesta por siete capítulos; cuyos alcances se resumen a continuación:

i) Capítulo 2: Sismicidad Regional

En este capítulo se destacan aspectos relacionados con la ocurrencia de los eventos sísmicos y, en forma más detallada, aspectos propios de la sismicidad de Chile. Se hace una recopilación bibliográfica de los terremotos más importantes que han afectado la zona central de Chile, se hace una descripción de los efectos documentados que produjeron dichos sismos y se entregan los valores de intensidades y magnitudes.

Además se incluyen los resultados de un estudio sobre el riesgo de tsunamis en la costa de San Antonio.

Todos estos antecedentes permiten caracterizar el peligro sísmico de la zona en la que se ubican los hospitales estudiados.

ii) Capítulo 3: Criterios de Análisis de Vulnerabilidad Sísmica de Hospitales

En este capítulo se detallan las metodologías y criterios utilizados para la determinación de la vulnerabilidad sísmica estructural y no estructural de los hospitales.

Para la vulnerabilidad estructural se hace una descripción general de metodologías cuantitativas y cualitativas, y se justifica el uso de éstas últimas.

Para la vulnerabilidad no estructural se hace una división de los elementos no estructurales y se detallan las distintas opciones utilizadas para el análisis de la vulnerabilidad sísmica de estos elementos.

iii) Capítulo 4: Descripción de Centros Hospitalarios

En este capítulo se realiza una descripción de los centros hospitalarios analizados, considerando sus aspectos de funcionalidad y las características estructurales y no estructurales, para el caso del hospital de Neurocirugía. En el caso del hospital de San Antonio sólo se describen las características estructurales.

Primeramente se entregan las características de todo el centro hospitalario, detallando la ubicación de los distintos servicios clínicos y los aspectos funcionales de los mismos, para luego describir los cuerpos seleccionados de acuerdo con la importancia de los servicios clínicos que se encuentran en estos.

iv) Capítulo 5: Recolección y Análisis de Datos Preliminares

En este capítulo se entregan los datos reunidos de los planos y de las visitas a terreno.

De acuerdo con lo establecido en el capítulo 3, se detallan todos los cálculos para determinar los valores de los índices de comportamiento sísmico. Además, se calculan los valores mínimos de los índices de comportamiento sísmico con los que se hace la estimación de la vulnerabilidad estructural.

En el hospital de Neurocirugía se detalla la disposición de las distintas componentes no estructurales y se establece para cada una de estas una evaluación de la vulnerabilidad que representan.

En este capítulo se incluye una descripción del comportamiento de los hospitales en sismos anteriores.

Con el objeto de realizar la calibración del índice de Hirosawa, para el caso de estructuraciones de marcos de hormigón armado, se recopilan los datos de daños de hospitales con este tipo de estructuración que son parte del proyecto de evaluación de vulnerabilidad sísmica y también los valores del índice.

v) Capítulo 6: Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de los Hospitales

En este capítulo se entrega la estimación preliminar de la vulnerabilidad de los hospitales analizados. Se resumen las estimaciones de vulnerabilidad tanto estructural como no estructural para todos los cuerpos analizados para finalmente establecer la vulnerabilidad sísmica de cada hospital.

vi) Capítulo 7: Resumen y Conclusiones

En este capítulo se entregan los comentarios y conclusiones finales del análisis de vulnerabilidad sísmica de los hospitales estudiados. Se destacan los casos en que es aconsejable efectuar un análisis de vulnerabilidad sísmica más exhaustivo.