

RESUMEN

ESTIMACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LOS HOSPITALES DE CHILLAN Y CLINICO REGIONAL DE CONCEPCION

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 Herminda Martín de Chillán y Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción, como parte de un proyecto más amplio, con participación del Ministerio Nacional de Salud y de la Organización Panamericana de la Salud, que persigue conocer el estado actual del Sistema de Salud Pública en Chile ante la amenaza de eventos sísmicos.

Para la evaluación de los centros hospitalarios, se divide el estudio en una parte estructural y una 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 de su disposición, hasta su impacto en el nivel de servicio 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 funcionamiento del centro hospitalario ante un evento sísmico severo.

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 del hospital ante un evento sísmico.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a Dios, porque junto con crear el mar, la lluvia, los árboles, el viento y todas las cosas que hacen deseable vivir, me ha rodeado de los seres más especiales, que han hecho posible el logro de esta meta. Ellos son :

Mi Madre, por su constante palabra de aliento, por su consejo oportuno y porque se ha esforzado junto a mí, a lo largo de toda mi vida. Te quiero con un cariño especial e irremplazable.

Mi Padre, porque junto con brindarme todo cuanto ha podido, me ha guiado con su ejemplo de rectitud y valentía. Te quiero, como sólo se quiere a un ser especial como tu.

Mis hermanos, Nelson y Lorna, quienes comparten un mismo origen y espero que un mismo destino. Los quiero mucho.

El ser humano más especial, a la que ha vivido minuto a minuto junto a mí, no sólo el esfuerzo que ha significado este trabajo, sino que ha compartido mis pensamientos y sentimientos, enseñándome a vivir disfrutando las cosas simples y maravillosas que existen a cada instante. Saide, te amo.

Deseo también agradecer a los profesores, Srs. Astroza y Boroschek, quienes detrás de cada observación y corrección, sólo han perseguido lograr un trabajo mejor y un profesional con desarrollada capacidad de autocrítica. Gracias.

Finalmente, quiero dar las gracias a mis compañeros y amigos del " Grupo Hospitales " , quienes han compartido el desarrollo de este proyecto, y a la Sra. Mariela Mualin, secretaria del Departamento de Estructuras, por su ayuda para llevar a buen término esta memoria.

Con Cariño, Magno Valenti

Santiago, Noviembre de 1996.

INDICE

CAPITULO 1	: INTRODUCCION	1
CAPITULO 2	: SISMICIDAD REGIONAL	5
2.1	Aspectos Básicos de Sismología	6
2.2	Sismicidad Chilena	9
2.3	Estructura Tectónica Local	12
2.3.1	Zona de Chillán	12
2.3.2	Zona de Concepción	12
2.4	Historia Sísmica Regional	13
2.5	Microzonificación Sísmica	22
2.5.1	Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Chillán	22
2.5.2	Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Concepción	22
2.6	Intensidad Máxima Esperada para las Ciudades de Chillán y Concepción	30
2.7	Riesgo de Tsunamis en las Costas de la Región	30
2.8	Aspectos Relevantes asociados a la Actividad Sísmica Regional	35
CAPITULO 3	: CRITERIOS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE HOSPITALES	37
3.1	Introducción	38
3.2	Indicadores de Vulnerabilidad Estructural	39
3.2.1	Indice de Hiroswawa (I_2)	40
3.2.1.1	Cálculo del Indice I_2	53
3.2.1.1.1	Cálculo de E_0	41
3.2.1.1.2	Cálculo de S_p	49
3.2.1.1.3	Cálculo de T	51
3.2.1.2	Cálculo del Indice I_{50}	53
3.2.2	Indices de Shiga (I_1 , I_c e I_2)	58

3.2.3	Indice de Meli (I_3)	63
3.2.4	Variación de Características del Edificio en Altura	68
3.2.4.1	Variación del Area de Planta entre Pisos Consecutivos	68
3.2.4.2	Variación de Resistencia entre Pisos Consecutivos	69
3.2.4.3	Variación de Rigidez de Entrepiso	71
3.2.4.4	Variación de Peso entre Pisos Consecutivos .	74
3.2.4.5	Excentricidad en Planta	76
3.2.5	Determinación de Indices de Vulnerabilidad Estructural a Calcular	77
3.2.6	Comentarios	78
3.3	Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales	80
3.3.1	Métodos de Evaluación Sísmica	80
3.3.1.1	Métodos Cuantitativos y Experimentales . . .	80
3.3.1.2	Métodos Cualitativos	81
3.3.2	Elementos No Estructurales en Estudio . . .	82
3.3.3	Procedimiento de Evaluación Sísmica Utilizado	83
 CAPITULO 4 : DESCRIPCION DE CENTROS HOSPITALARIOS		89
4.1	Introducción	90
4.2	Hospital Hermina Martín de Chillán	91
4.2.1	Características Generales	91
4.2.2	Suelo de Fundación	95
4.2.3	Descripción de la Estructura	96
4.2.3.1	Edificio Antiguo	96
4.2.3.1.1	Descripción de Aspectos Estructurales .	97
4.2.3.1.1.1	Cuerpo M	97
	A. Descripción General	97
	B. Sistema Estructural	99
	C. Detalle de Refuerzos	102
	D. Calidad de Materiales	103
4.2.3.1.1.2	Estanque Elevado de Agua	104
4.2.3.1.2	Descripción de Elementos No Estructurales	105

	A. Elementos Arquitectónicos	105
	B. Lineas Vitales	106
4.2.3.2	Edificio Proyecto de Normalización	109
4.2.3.2.1	Descripción de Aspectos Estructurales	111
4.2.3.2.1.1	Cuerpo C	111
	A. Descripción General	111
	B. Sistema Estructural	112
	C. Detalle de Refuerzos	114
	D. Calidad de Materiales	115
4.2.3.2.1.2	Cuerpos U1 y U2	116
	A. Descripción General	116
	B. Sistema Estructural	118
	C. Detalle de Refuerzos	120
	D. Calidad de Materiales	121
4.2.3.2.1.3	Cuerpo E	122
	A. Descripción General	122
	B. Sistema Estructural	123
	C. Detalle de Refuerzos	123
	D. Calidad de Materiales	124
4.2.3.2.1.4	Pasarela de Comunicación entre el Proyecto de Normalización y el Edificio Antiguo	125
4.2.3.2.2	Descripción de Elementos No Estructurales	126
	A. Elementos Arquitectónicos	126
	B. Lineas Vitales	127
4.3	Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción	130
4.3.1	Características Generales	130
4.3.2	Suelo de Fundación	134
4.3.3	Descripción de la Estructura	136
4.3.3.1	Edificio Monoblock	136
4.3.3.1.1	Descripción de Aspectos Estructurales	138
4.3.3.1.1.1	Cuerpo A	138
	A. Descripción General	138
	B. Sistema Estructural	140
	C. Detalle de Refuerzos	144
	D. Calidad de Materiales	147

4.3.3.1.1.2	Estanque Elevado de Agua	148
4.3.3.1.2	Descripción de Elementos No Estructurales	149
	A. Elementos Arquitectónicos	149
	B. Lineas Vitales	150
4.3.3.2	Edificio Proyecto de Ampliación	153
4.3.3.2.1	Descripción de Aspectos Estructurales .	154
4.3.3.2.1.1	Cuerpo P	154
	A. Descripción General	154
	B. Sistema Estructural	156
	C. Detalle de Refuerzos	158
	D. Calidad de Materiales	160
4.3.3.2.1.2	Puente de Unión entre el Proyecto de Ampliación y el Edificio Monoblock	161
4.3.3.2.2	Descripción de Elementos No Estructurales	162
	A. Elementos Arquitectónicos	162
	B. Lineas Vitales	163
 CAPITULO 5 : RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS PRELIMINARES		166
5.1	Introducción	167
5.2	Antecedentes de Daños ante Sismos Pasados	168
	5.2.1 Hospital Herminda Martín de Chillán	168
	5.2.2 Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente	168
5.3	Cálculo de Indicadores para Evaluación Estructural . .	170
	5.3.1 Hospital Herminda Martín de Chillán	170
	5.3.1.1 Cuerpo M	170
	5.3.1.1.I Determinación de Indices a Calcular . .	170
	5.3.1.1.II.a Índice de Hirosawa por Piso y Dirección	171
	5.3.1.1.II.b Evaluación del Índice de Hirosawa . . .	176
	5.3.1.1.II.c Análisis de Sensibilidad para el Índice de Hirosawa	177
	5.3.1.1.III.a Indices de Shiga por Piso y Dirección	180
	5.3.1.1.III.b Evaluación de los Indices de Shiga . .	181
	5.3.1.1.IV.a Índice de Meli por Piso y Dirección . .	183
	5.3.1.1.IV.b Evaluación del Índice de Meli	184

5.3.1.1.V.a	Variación de las Características del Edificio en Altura	186
5.3.1.1.V.b	Evaluación de la Variación de las Características del Edificio en Altura	189
5.3.1.1.VI	Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo M	189
5.3.1.2	Cuerpo C	191
5.3.1.2.I	Determinación de Índices a Calcular . .	191
5.3.1.2.II.a	Índice de Hirosawa por Piso y Dirección	192
5.3.1.2.II.b	Evaluación del Índice de Hirosawa . . .	196
5.3.1.2.III.a	Variación de las Características del Edificio en Altura	198
5.3.1.2.III.b	Evaluación de la Variación de las Características del Edificio en Altura	201
5.3.1.2.IV	Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo C	201
5.3.1.3	Cuerpo E	202
5.3.1.3.I	Determinación de Índices a Calcular . .	202
5.3.1.3.II.a	Índice de Hirosawa por Piso y Dirección	203
5.3.1.3.II.b	Evaluación del Índice de Hirosawa . . .	206
5.3.1.3.III	Variación de las Características del Edificio en Altura	208
5.3.1.3.IV	Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo E	209
5.3.1.4	Cuerpo U1	210
5.3.1.4.I	Determinación de Índices a Calcular . .	210
5.3.1.4.II.a	Índice de Hirosawa por Piso y Dirección	211
5.3.1.4.II.b	Evaluación del Índice de Hirosawa . . .	215
5.3.1.4.III.a	Variación de las Características del Edificio en Altura	217
5.3.1.4.III.b	Evaluación de la Variación de las Características del Edificio en Altura	219
5.3.1.4.IV	Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo U1	219
5.3.1.5	Cuerpo U2	220
5.3.1.5.I	Determinación de Índices a Calcular . .	220

5.3.1.5.II.a	Indice de Hirosawa por Piso y Dirección	221
5.3.1.5.II.b	Evaluación del Índice de Hirosawa . . .	225
5.3.1.5.III	Variación de las Características del Edificio en Altura	226
5.3.1.5.IV	Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo U2	227
5.3.1.6	Otras Estructuras Evaluadas en el Hospital .	228
5.3.1.6.1	Estanque Elevado de Agua	228
5.3.1.6.2	Pasarela de Comunicación entre el Proyecto de Normalización y el Edificio Antigo . .	229
5.3.1.7	Resumen de Indices Estructurales para el Hospital Herminda Martín de Chillán	230
5.3.1.7.I	Dirección Longitudinal	230
5.3.1.7.II	Dirección Transversal	231
5.3.2	Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción	233
5.3.2.1	Cuerpo A	233
5.3.2.1.I	Determinación de Indices a Calcular . .	233
5.3.2.1.II.a	Indice de Hirosawa por Piso y Dirección	234
5.3.2.1.II.b	Evaluación del Índice de Hirosawa . . .	239
5.3.2.1.II.c	Análisis de Sensibilidad para el Índice de Hirosawa	241
5.3.2.1.III.a	Indices de Shiga por Piso y Dirección	244
5.3.2.1.III.b	Evaluación de los Indices de Shiga . .	246
5.3.2.1.IV.a	Variación de las Características del Edificio en Altura	248
5.3.2.1.IV.b	Evaluación de la Variación de las Características del Edificio en Altura	251
5.3.2.1.V	Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo A	252
5.3.2.2	Cuerpo P	253
5.3.2.2.I	Determinación de Indices a Calcular . .	253
5.3.2.2.II.a	Indice de Hirosawa por Piso y Dirección	255
5.3.2.2.II.b	Evaluación del Índice de Hirosawa . . .	260
5.3.2.2.II.c	Análisis de Sensibilidad para el Índice de Hirosawa	261

5.3.2.2.III.a	Variación de las Características del Edificio en Altura	263
5.3.2.2.III.b	Evaluación de la Variación de las Características del Edificio en Altura	267
5.3.2.2.IV	Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural del Cuerpo P	267
5.3.2.3	Otras Estructuras Evaluadas en el Hospital	269
5.3.2.3.1	Estanque Elevado de Agua	269
5.3.2.3.2	Pasarela de Comunicación entre el Proyecto de Ampliación y el Edificio Monoblock	270
5.3.2.4	Resumen de Indices Estructurales para el Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción	272
5.3.2.4.I	Dirección Longitudinal	272
5.3.2.4.II	Dirección Transversal	273
5.4	Disposición de Elementos No Estructurales	274
5.4.1	Hospital Herminda Martín de Chillán	274
5.4.1.1	Edificio Antiguo	274
	A. Elementos Arquitectónicos	274
	B. Líneas Vitales	277
	C. Equipamiento	280
	D. Otros Elementos No Estructurales Analizados	281
5.4.1.2	Edificio Proyecto de Normalización	282
	A. Elementos Arquitectónicos	282
	B. Líneas Vitales	286
	C. Equipamiento	288
	D. Otros Elementos No Estructurales Analizados	291
5.4.2	Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción	292
5.4.2.1	Edificio Monoblock	292
	A. Elementos Arquitectónicos	292
	B. Líneas Vitales	295
	C. Equipamiento	297
5.4.2.2	Edificio Proyecto de Ampliación	299

A. Elementos Arquitectónicos	299
B. Lineas Vitales	302
C. Equipamiento	304
D. Otros Elementos No Estructurales Analizados	305
 CAPITULO 6 : EVALUACION DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LOS HOSPITALES	 306
6.1 Introducción	307
6.2 Evaluación Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital Herminda Martin de Chillán	308
6.2.1 Perfil del Hospital	308
6.2.2 Vulnerabilidad Estructural	314
6.2.3 Vulnerabilidad No Estructural	314
6.2.4 Vulnerabilidad de Servicios Clínicos y de Apoyo	319
6.2.5 Vulnerabilidad Asociada al Hospital Herminda Martin de Chillán	321
6.3 Evaluación Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción	323
6.3.1 Perfil del Hospital	323
6.3.2 Vulnerabilidad Estructural	327
6.3.3 Vulnerabilidad No Estructural	327
6.3.4 Vulnerabilidad de Servicios Clínicos y de Apoyo	332
6.3.5 Vulnerabilidad Asociada al Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción	334
 CAPITULO 7 : RESUMEN Y CONCLUSIONES	 337
 REFERENCIAS	 343

ANEXOS	349
ANEXO A	<i>Descripción de las Características a Considerar en el Cálculo de S_p (Hirosawa, 1981).</i>
ANEXO B	<i>Categorías de Daños.</i>
ANEXO C	<i>Plantas y Elevaciones Estructurales de los Cuerpos Evaluados.</i>
ANEXO D_I	<i>Fotografías del Hospital Herminda Martín de Chillán.</i>
ANEXO D_II	<i>Fotografías del Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción.</i>

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 2 :

Tabla 2.1	Sismos de Magnitud $M_s \geq 7,0$ (en la zona estudiada)	14
Tabla 2.2	Intensidades de Sismos Históricos en las ciudades de Chillán y Concepción	20
Tabla 2.3	Escala de Grados de un Tsunami (Imamura, 1949)	31
Tabla 2.4	Tsunamis en la Región del Bío-Bío (Monge, 1993)	31
Tabla 2.5	Altura de Ola Máxima (H_o) en la Zona de Generación (Villablanca, 1983)	33
Tabla 2.6	Altura de Ola Máxima (H) en la Costa (Villablanca, 1983)	33

CAPITULO 3 :

Tabla 3.1	Valores de los coeficientes α_i	46
Tabla 3.2	Valores de G_i y R_i	51
Tabla 3.3	Valores del índice T para diferentes causas y tipos de deterioro	52
Tabla 3.4	Clasificación de daños (Iglesias et al, 1987)	53
Tabla 3.5	Rangos de I_2 para definir la Vulnerabilidad Estructural en función del Índice (I_{so})ult para $R = 2$ y 7 (Astroza y Boroschek, 1996)	57
Tabla 3.6	Relación entre la densidad de muros (I_3) y el nivel de daños	64
Tabla 3.7	Relación entre el nivel de daños y la densidad de muros (Astroza et al, 1993)	65
Tabla 3.8	Servicios y Equipos a Evaluar	85
Tabla 3.9	Categorías de Equipos según McGavin	86
Tabla 3.10	Aspectos a considerar en la Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales	87
Tabla 3.11	Aspectos a evaluar en el Impacto en el Sistema de Elementos No Estructurales	88

CAPITULO 4 :

Tabla 4.1	Cuerpos del Hospital Hermina Martin	94
Tabla 4.2	Dimensiones Cuerpo M	99
Tabla 4.3	Dimensiones Cuerpo C	112
Tabla 4.4	Dimensiones Cuerpo U1	117
Tabla 4.5	Dimensiones Cuerpo U2	117
Tabla 4.6	Dimensiones Cuerpo E	122
Tabla 4.7	Cuerpos del Hospital Guillermo Grant Benavente	133
Tabla 4.8	Dimensiones Cuerpo A	139
Tabla 4.9	Dimensiones Cuerpo P	155

CAPITULO 5 :

Tabla 5.1	Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo M	170
Tabla 5.2	Indices a Calcular para el Cuerpo M	171
Tabla 5.3	Desglose de Areas Transversales para el Cuerpo M	172
Tabla 5.4	Factores α_1 y F para el Cuerpo M	173
Tabla 5.5	Indices C_1 y E_0 para el Cuerpo M	173
Tabla 5.6	Indice S_0 para el Cuerpo M	174
Tabla 5.7	Indice T para el Cuerpo M	175
Tabla 5.8	Indices de Hirosawa para el Cuerpo M	175
Tabla 5.9	Indices de Hirosawa para $f'c = 172 \text{ kg/cm}^2$ y $\tau_0 = 5 \text{ Kg/cm}^2$	178
Tabla 5.10	Area Elementos Verticales de Hormigón Cuerpo M	180
Tabla 5.11	Area de Plantas y Pesos Cuerpo M	180
Tabla 5.12	Indices de Shiga para el Cuerpo M	181
Tabla 5.13	Area Elementos Verticales Cuerpo M	183
Tabla 5.14	Area Transversal de Muros de Albañilería Cuerpo M	183
Tabla 5.15	Indices de Meli para el Cuerpo M	184
Tabla 5.16	$(I_3)_{\text{min}}$ para el 2º y 3º Piso del Cuerpo M . .	184
Tabla 5.17	Variación del Area de Planta Cuerpo M	186
Tabla 5.18	Variación de Resistencia Cuerpo M	187

Tabla 5.19	Variación de Rigidez Cuerpo M	187
Tabla 5.20	Variación de Peso Cuerpo M	188
Tabla 5.21	Excentricidad en Planta Cuerpo M	188
Tabla 5.22	Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo C	191
Tabla 5.23	Indices a Calcular para el Cuerpo C	192
Tabla 5.24	Desglose de Areas Transversales para el Cuerpo C	192
Tabla 5.25	Factores α_1 y F para el Cuerpo C	193
Tabla 5.26	Peso de cada Piso y Acumulado sobre él para el Cuerpo C	193
Tabla 5.27	Indices C_1 y E_c para el Cuerpo C	194
Tabla 5.28	Indice S_D para el Cuerpo C	195
Tabla 5.29	Indice T para el Cuerpo C	195
Tabla 5.30	Indices de Hirosawa para el Cuerpo C	196
Tabla 5.31	Variación del Area de Planta Cuerpo C	198
Tabla 5.32	Variación de Resistencia Cuerpo C	199
Tabla 5.33	Variación de Rigidez Cuerpo C	199
Tabla 5.34	Variación de Peso Cuerpo C	200
Tabla 5.35	Excentricidad en Planta Cuerpo C	200
Tabla 5.36	Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo E	202
Tabla 5.37	Indices a Calcular para el Cuerpo E	202
Tabla 5.38	Desglose de Areas Transversales para el Cuerpo E	203
Tabla 5.39	Factores α_1 y F para el Cuerpo E	203
Tabla 5.40	Peso del único Piso del Cuerpo E	204
Tabla 5.41	Indices C_1 y E_0 para el Cuerpo E	204
Tabla 5.42	Indice S_D para el Cuerpo E	205
Tabla 5.43	Indice T para el Cuerpo E	205
Tabla 5.44	Indices de Hirosawa para el Cuerpo E	206
Tabla 5.45	Excentricidad en Planta Cuerpo E	208
Tabla 5.46	Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo U1	210
Tabla 5.47	Indices a Calcular para el Cuerpo U1	210
Tabla 5.48	Desglose de Areas Transversales para el	

	Cuerpo U1	211
Tabla 5.49	Factores α_1 y F para el Cuerpo U1	211
Tabla 5.50	Peso de cada Piso y Acumulado Cerpo U1	212
Tabla 5.51	Indices C_i y E_0 para el Cuerpo U1	212
Tabla 5.52	Indice S_D para el Cuerpo U1	213
Tabla 5.53	Indice T para el Cuerpo U1	214
Tabla 5.54	Indices de Hirosawa para el Cuerpo U1	214
Tabla 5.55	Variación del Area de Planta Cuerpo U1	217
Tabla 5.56	Variación de Peso Cuerpo U1	218
Tabla 5.57	Excentricidad en Planta Cuerpo U1	218
Tabla 5.58	Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo U2	220
Tabla 5.59	Indices a Calcular para el Cuerpo U2	221
Tabla 5.60	Desglose de Areas Transversales para el Cuerpo U2	221
Tabla 5.61	Factores α_1 y F para el Cuerpo U2	222
Tabla 5.62	Peso del único Piso del Cuerpo U2	222
Tabla 5.63	Indices C_i y E_0 para el Cuerpo U2	223
Tabla 5.64	Indice S_D para el Cuerpo U2	224
Tabla 5.65	Indice T para el Cuerpo U2	224
Tabla 5.66	Indices de Hirosawa para el Cuerpo U2	225
Tabla 5.67	Excentricidad en Planta Cuerpo U2	226
Tabla 5.68a	Indices de Hirosawa (Resumen Dir. Longitudinal)	230
Tabla 5.68b	Indices de Shiga (Resumen Dir. Longitudinal)	230
Tabla 5.68c	Indices de Meli (Resumen Dir. Longitudinal)	231
Tabla 5.69a	Indices de Hirosawa (Resumen Dir. Transversal)	231
Tabla 5.69b	Indices de Shiga (Resumen Dir. Transversal)	232
Tabla 5.69c	Indices de Meli (Resumen Dir. Transversal)	232
Tabla 5.70	Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo A	234
Tabla 5.71	Indices a Calcular para el Cuerpo A	234
Tabla 5.72	Desglose de Areas Transversales para el Cuerpo A	235
Tabla 5.73	Factores α_1 y F para el Cuerpo A	236
Tabla 5.74	Indices C_i y E_0 para el Cuerpo A	237

Tabla 5.75	Indice S_D para el Cuerpo A	238
Tabla 5.76	Indice T para el Cuerpo A	239
Tabla 5.77	Indices de Hirosawa para el Cuerpo A	239
Tabla 5.78a	Indices de Hirosawa para $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$	241
Tabla 5.78b	Indices de Hirosawa para $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ y $S_D = 1.0$	242
Tabla 5.79	Area Elementos Verticales de Hormigón Cuerpo A	244
Tabla 5.80	Area de Plantas y Pesos Cuerpo A	245
Tabla 5.81	Indices de Shiga para el Cuerpo A	245
Tabla 5.82	$(I_1)_{\min}$ e $(I_2)_{\max}$ para el Cuerpo A	246
Tabla 5.83	Variación del Area de Planta Cuerpo A	248
Tabla 5.84	Variación de Resistencia Cuerpo A	249
Tabla 5.85	Variación de Rigidez Cuerpo A	250
Tabla 5.86	Variación de Peso Cuerpo A	251
Tabla 5.87	Area Elementos Verticales Resistentes del Cuerpo P	254
Tabla 5.88	Indices a Calcular para el Cuerpo P	254
Tabla 5.89	Desglose de Areas Transversales para el Cuerpo P	255
Tabla 5.90	Factores α_1 y F para el Cuerpo P	256
Tabla 5.91	Peso de cada Piso y Acumulado sobre él para el Cuerpo P	257
Tabla 5.92	Indices C_1 y E_0 para el Cuerpo P	257
Tabla 5.93	Indice S_D para el Cuerpo P	258
Tabla 5.94	Indice T para el Cuerpo P	259
Tabla 5.95	Indices de Hirosawa para el Cuerpo P	259
Tabla 5.96	Indices de Hirosawa despreciando las columnas cortas	262
Tabla 5.97	Variación del Area de Planta Cuerpo P	263
Tabla 5.98	Variación de Resistencia Cuerpo P	264
Tabla 5.99	Variación de Rigidez Cuerpo P	265
Tabla 5.100	Variación de Peso Cuerpo P	266
Tabla 5.101	Excentricidad en Planta Cuerpo P	266
Tabla 5.102a	Indices de Hirosawa (Resumen Dir. Longitudinal)	272
Tabla 5.102b	Indices de Shiga (Resumen Dir. Longitudinal)	272
Tabla 5.103a	Indices de Hirosawa (Resumen Dir. Transversal)	273

Tabla 5.103b *Indices de Shiga (Resumen Dir. Transversal)* . 273

CAPITULO 6 :

Tabla 6.1	<i>Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural de los cuerpos analizados en el Hospital Herminda Martin de Chillán</i>	<i>314</i>
Tabla 6.2a	<i>Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales del Hospital Herminda Martin de Chillán. Elementos Arquitectónicos y Equipamiento. Edificio Antiguo</i>	<i>316</i>
Tabla 6.2b	<i>Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales del Hospital Herminda Martin de Chillán. Elementos Arquitectónicos y Equipamiento. Edificio Proyecto de Normalización</i>	<i>317</i>
Tabla 6.3a	<i>Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales del Hospital Herminda Martin de Chillán. Líneas Vitales. Edificio Antiguo</i>	<i>318</i>
Tabla 6.3b	<i>Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales del Hospital Herminda Martin de Chillán. Líneas Vitales. Edificio Proyecto de Normalización</i>	<i>319</i>
Tabla 6.4	<i>Vulnerabilidad de Servicios Clínicos y de Apoyo. Hospital Herminda Martin de Chillán</i>	<i>320</i>
Tabla 6.5	<i>Estimación Preliminar de la Vulnerabilidad Estructural de los cuerpos analizados en el Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción</i>	<i>327</i>
Tabla 6.6a	<i>Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales del Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción. Elementos Arquitectónicos y Equipamiento. Edificio Monoblock</i>	<i>329</i>
Tabla 6.6b	<i>Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales del Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción. Elementos Arquitectónicos y Equipamiento. Edificio Proyecto de Ampliación</i>	<i>330</i>
Tabla 6.7a	<i>Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales del</i>	

	<i>Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción. Líneas Vitales.</i>	
	<i>Edificio Monoblock</i>	<i>331</i>
<i>Tabla 6.7b</i>	<i>Vulnerabilidad de Elementos No Estructurales del Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción. Líneas Vitales.</i>	
	<i>Edificio Proyecto de Ampliación</i>	<i>332</i>
<i>Tabla 6.8</i>	<i>Vulnerabilidad de Servicios Clínicos y de Apoyo. Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción</i>	<i>333</i>

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2 :

Figura 2.1	Placas Tectónicas (Monge, 1980)	8
Figura 2.2	Zonificación Sísmica del Territorio Nacional (NCh433 Of.93)	11
Figura 2.3	Fallas Geológicas en la ciudad de Concepción (Woywood, 1979)	21
Figura 2.4	Mapa Geológico de la Región de Chillán (Lomnitz, 1959)	25
Figura 2.5	Niveles de la Napa en la ciudad de Concepción (Oppliger, 1968)	26
Figura 2.6	Microregionalización Sísmica de la ciudad de Concepción basada en una encuesta de daños (Oppliger, 1968)	27
Figura 2.7	Microzonas por clase de Suelos e Incremento de Intensidad Asociado en la ciudad de Concepción (Oppliger, 1968)	28
Figura 2.8	Incremento de la Intensidad por efecto del Nivel Freático en la ciudad de Concepción (Oppliger, 1968)	29
Figura 2.9	Ubicación de Alturas de Olas Esperadas según lo indicado en la tabla 2.6 (Villablanca, 1983) .	34

CAPITULO 3 :

Figura 3.1	Relación entre los índices de área de muros, de área de columnas y de tensión media de corte con el daño (Shiga, 1977)	62
Figura 3.2	Relación entre la densidad de muros y el nivel de daños en edificios de albañilería (Astroza et al., 1993)	67

CAPITULO 4 :

<i>Figura 4.1</i>	<i>Distribución de Cuerpos en el Hospital Herminda Martín de Chillán</i>	<i>93</i>
<i>Figura 4.1a</i>	<i>Disposición de Estribos de Columnas. Cuerpo C</i>	<i>115</i>
<i>Figura 4.2</i>	<i>Distribución de Cuerpos en el Hospital Clínico Regional Guillermo Grant Benavente de Concepción</i>	<i>132</i>

CAPITULO 1

INTRODUCCION

CAPITULO 1 INTRODUCCION

En esta memoria se realiza una estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica del Hospital *Herminda Martin de Chillán* y del Hospital Clínico Regional *Guillermo Grant Benavente de Concepción*. Este estudio, forma parte de un proyecto a nivel nacional auspiciado por la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S) e impulsado por el Ministerio Nacional de Salud (MINSAL) y el Departamento de Ingeniería Civil de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile.

Las razones que motivan la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un centro hospitalario, se encuentran en la necesidad de mitigar los riesgos que representa un sismo en el nivel de **Servicio** que debe prestar el hospital para satisfacer las demandas de la comunidad, durante y después del evento sísmico.

Para salvaguardar la función del hospital, se debe abordar el estudio de vulnerabilidad considerando fundamentalmente dos puntos de vista :

i.- Estructural y Arquitectónico.

Los edificios de los hospitales son en muchos casos antiguos y han sufrido modificaciones o ampliaciones en razón de la demanda de sus servicios, otros en tanto son más contemporáneos y representan arquitectónicamente configuraciones que es necesario evaluar.

ii.- Equipamiento y Líneas Vitales.

En la inversión requerida por un hospital, de por si elevada, el costo de los equipamientos médicos y de apoyo puede estimarse como superior al costo de la estructura, y además por sus características de ocupación y porque deben seguir prestando

servicios en caso de un sismo, deben cumplir condiciones especiales que disminuyan su vulnerabilidad.

En forma complementaria al objetivo destacado, este trabajo constituye una base de datos para trabajos futuros que persigan generar criterios a considerar en el diseño de hospitales en los aspectos arquitectónico-estructural, distribución espacial de redes de líneas vitales y protección de equipamiento.

Junto con lo anterior, y también como complemento, el estudio desarrollado permitirá obtener valores de ciertos índices estructurales de fácil determinación, que posibilitarán prever el comportamiento sísmico de otros edificios, los cuales no necesariamente serán hospitales. Este aspecto será posible gracias a que en el conjunto de edificios estudiados, se encuentran hospitales que se han visto afectados por sismos, cuyo nivel de daños se revisará adecuadamente. Con esta información, será posible establecer rangos para determinar la relación entre la capacidad que ofrece la estructura y el requerimiento al que se le somete.

Los objetivos señalados se conseguirán estructurando la presente memoria en los siguientes capítulos, cuyo alcance se indica en cada caso :

CAPITULO 2. SISMICIDAD REGIONAL

En este capítulo se presentan aspectos básicos de sismología, información relevante de la historia sísmica y del riesgo de sismos y tsunamis que puedan afectar las zonas a las cuales pertenecen los hospitales estudiados.

CAPITULO 3. CRITERIOS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE HOSPITALES

En este capítulo se presenta el marco teórico dentro del cual se realiza la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los

hospitales, es decir se establecen los criterios y métodos para evaluar la vulnerabilidad en los aspectos Estructural y No Estructural de los centros hospitalarios.

CAPITULO 4. DESCRIPCION DE LOS CENTROS HOSPITALARIOS

Este capítulo tiene por objetivo establecer los aspectos funcionales básicos, así como las características estructurales, arquitectónicas y de líneas vitales de cada hospital.

CAPITULO 5. RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS PRELIMINARES

En este capítulo se tratará lo referido a la recolección y procesamiento de los datos obtenidos de los planos estructurales y arquitectónicos y de las visitas a terreno.

De esta forma, se presentan el cálculo de los índices de evaluación de la vulnerabilidad estructural, los antecedentes de daños sufridos por los centros hospitalarios ante sismos pasados y en general toda la información que permite emitir juicios respecto de la vulnerabilidad de los hospitales.

CAPITULO 6. EVALUACION DE VULNERABILIDAD SISMICA DE LOS HOSPITALES

En este capítulo se entrega una estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales en sus aspectos Estructural y No estructural, en conformidad a la información obtenida en los capítulos anteriores.

CAPITULO 7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este capítulo se presenta un resumen y conclusiones, respecto de los resultados más relevantes de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a Dios, porque junto con crear el mar, la lluvia, los árboles, el viento y todas las cosas que hacen deseable vivir, me ha rodeado de los seres más especiales, que han hecho posible el logro de esta meta. Ellos son :

Mi Madre, por su constante palabra de aliento, por su consejo oportuno y porque se ha esforzado junto a mí, a lo largo de toda mi vida. Te quiero con un cariño especial e irremplazable.

Mi Padre, porque junto con brindarme todo cuanto ha podido, me ha guiado con su ejemplo de rectitud y valentía. Te quiero, como sólo se quiere a un ser especial como tu.

Mis hermanos, Nelson y Lorna, quienes comparten un mismo origen y espero que un mismo destino. Los quiero mucho.

El ser humano más especial, a la que ha vivido minuto a minuto junto a mí, no sólo el esfuerzo que ha significado este trabajo, sino que ha compartido mis pensamientos y sentimientos, enseñándome a vivir disfrutando las cosas simples y maravillosas que existen a cada instante. Saide, te amo.

Deseo también agradecer a los profesores, Srs. Astroza y Boroschek, quienes detrás de cada observación y corrección, sólo han perseguido lograr un trabajo mejor y un profesional con desarrollada capacidad de autocrítica. Gracias.

Finalmente, quiero dar las gracias a mis compañeros y amigos del " Grupo Hospitales " , quienes han compartido el desarrollo de este proyecto, y a la Sra. Mariela Mualín, secretaria del Departamento de Estructuras, por su ayuda para llevar a buen término esta memoria.

Con Cariño, Magno Valenti

Santiago, Noviembre de 1996.