

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

**ESTIMACION PRELIMINAR
DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LOS HOSPITALES
CARLOS VAN BUREN Y Dr. GUSTAVO FRICKE**

PATRICIO MARCELO GAHONA LOPEZ

1996

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
POR: PATRICIO GAHONA LOPEZ
FECHA: 11/07/1996
PROF. GUIA: RUBEN BOROSCHEK K.
MAXIMILIANO ASTROZA I.

ESTIMACION PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SISMICA
DE LOS HOSPITALES CARLOS VAN BUREN Y Dr. GUSTAVO FRICKE

La vulnerabilidad sísmica de un centro hospitalario queda determinada por la capacidad de atención que pueden ofrecer sus servicio clínicos y de apoyo a la emergencia una vez ocurrido un sismo severo.

El objetivo de este trabajo de título es aplicar una metodología de evaluación sísmica de centros hospitalarios usando como referencia los Hospitales Carlos Van Buren de Valparaíso y Dr. Gustavo Fricke de Viña del Mar. Este estudio surge de la necesidad de conocer el estado actual del Sistema de Salud Pública de Chile ante la amenaza de eventos sísmicos.

Para la evaluación de la vulnerabilidad estructural se utilizan metodologías cualitativas que se apoyan en una serie de índices globales aplicables a la estructura. La evaluación de la vulnerabilidad no estructural se basa en aspectos cualitativos considerando sus características propias, su interacción con el sistema estructural y su función o uso.

La metodología fue aplicada sólo a algunas edificaciones de los hospitales, las cuales fueron seleccionadas de acuerdo a la importancia de los servicios que en ellas funcionan.

De este estudio se concluye que la metodología empleada en estos centros hospitalarios permite detectar en forma preliminar aspectos vulnerables y no vulnerables en los servicios estudiados.

A MIS PADRES, HERMANOS Y
QUIENES PARTICIPARON EN EL BUEN
TERMINO DE ESTA MEMORIA

INDICE

CAPITULO 1	INTRODUCCION	1
CAPITULO 2	SISMICIDAD REGIONAL	7
2.1	Antecedentes Generales	8
2.2	Sismicidad Chilena	9
2.3	Grandes Sismos Históricos	11
-	17 de Mayo de 1575	11
-	13 de Mayo de 1647	12
-	8 de Julio de 1730	12
-	19 de Noviembre de 1822	13
-	16 de Agosto de 1906	16
-	28 de Marzo de 1965	20
-	8 de Julio de 1971	20
-	3 de Marzo de 1985	20
2.4	Riesgo de Tsunami	22
2.4.1	Tsunami en la Bahía de Valparaíso	23
2.4.2	Tsunami en Viña del Mar	24
2.5	Microzonificación Sísmica	26
2.5.1	Microzonificación Sísmica de Valparaíso	26
2.5.2	Microzonificación Sísmica de Viña del Mar	28
2.6	Intensidad Máxima Probable	31
CAPITULO 3	CRITERIOS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE HOSPITALES	35
3.1	Introducción	36
3.2	Vulnerabilidad sísmica del sistema estructural	36
3.2.1	Indices de comportamiento sísmico	38
3.2.1.1	Indice de Hirosawa	38
3.2.1.2	Indice de Shiga	54
3.2.1.3	Indice de densidad de muros de Meli	57
3.2.2	Variación de las características del edificio con la altura	59
3.2.2.1	Variación del área de la planta entre pisos consecutivos	60
3.2.2.2	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos	61
3.2.2.3	Variación de la rigidez	62
3.2.2.4	Excentricidad	64
3.2.2.5	Variación del peso	64

3.2.3	Determinación de índices de comportamiento sísmico a calcular	65
3.2.4	Comentario al cálculo de la vulnerabilidad ...	65
3.2.4.1	Indice de Hirosawa	65
3.3	Vulnerabilidad de los elementos no estructurales	68
3.3.1	Introducción	68
3.3.2	Elementos no estructurales en estudio	68
3.3.3	Métodos de evaluación sísmica	69
3.3.4	Procedimientos de evaluación sísmica del hospital	71
CAPITULO 4	DESCRIPCION DE LOS CENTROS HOSPITALARIOS	77
4.1	Hospital Carlos Van Buren	78
4.1.1	Características generales	78
4.1.2	Suelo de fundación	80
4.1.3	Torre Médica	82
4.1.3.1	Antecedentes generales	82
4.1.3.2	Descripción de la estructura	84
4.1.3.3	Elementos no estructurales	88
4.1.3.4	Líneas vitales	89
4.1.4	Torre Quirúrgica	91
4.1.4.1	Antecedentes generales	91
4.1.4.2	Descripción de la estructura	93
4.1.4.3	Elementos no estructurales	97
4.1.4.4	Líneas vitales	98
4.1.5	Puente de Unión entre la Torre Médica y la Torre Quirúrgica	99
4.2	Hospital Dr. Gustavo Fricke	101
4.2.1	Características generales	101
4.2.2	Suelo de Fundación	103
4.2.3	Edificio Principal	105
4.2.3.1	Antecedentes generales	105
4.2.3.2	Cuerpo A	105
4.2.3.2.1	Descripción de la estructura ..	107
4.2.3.2.2	Elementos no estructurales ...	110
4.2.3.2.3	Líneas vitales	110
4.2.3.3	Cuerpos B y C	112
4.2.3.3.1	Descripción de la estructura ..	115
4.2.3.3.2	Elementos no estructurales ...	117
4.2.3.3.3	Líneas vitales	118

4.2.4	Edificio Normalización	119
4.2.4.1	Antecedentes generales	119
4.2.4.2	Cuerpo E	119
4.2.4.2.1	Descripción de la estructura ..	120
4.2.4.2.2	Elementos no estructurales ...	122
4.2.4.2.3	Líneas vitales	123
4.2.5	Puente de unión entre el Edificio Principal y el Edificio Normalización	124
CAPITULO 5	RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS	125
5.1	Introducción	126
5.2	Cálculo de índices estructurales	126
5.2.1	Hospital Carlos Van Buren	127
5.2.1.1	Comportamiento del Hospital Carlos Van Buren en sismos anteriores	127
-	Comportamiento de la Torre Médica en sismos anteriores	128
-	Comportamiento de la Torre Quirúrgica en sismos anteriores	129
5.2.1.2	Evaluación estructural del Hospital Carlos Van Buren	130
5.2.1.2.1	Torre Médica	131
-	Determinación de índices a calcular	131
-	Índice de Hirosawa	132
-	Evaluación del índice de Hirosawa	140
-	Índices de Shiga	142
-	Evaluación del índice de Shiga ...	144
-	Variación de las características de la Torre Médica con la altura ..	146
-	Evaluación de las variaciones de las características de la Torre Médica con la altura	150
-	Grado de vulnerabilidad de la estructura	151
5.2.1.2.2	Torre Quirúrgica	153
-	Determinación de índices a calcular	153
-	Índice de Hirosawa	153
-	Evaluación del índice de Hirosawa	160
-	Índices de Shiga	163
-	Evaluación del índice de Shiga ...	165

- Variación de las características del cuerpo B con la altura	218
- Evaluación de las variaciones de las características del cuerpo B con la altura	223
- Grado de vulnerabilidad de la estructura	225
Cuerpo C	126
- Determinación de índices a calcular	126
- Índice de Hirosawa	228
- Evaluación del índice de Hirosawa	236
- Índices de Shiga	238
- Evaluación del índice de Shiga ...	240
- Variación de las características del cuerpo C con la altura	241
- Evaluación de las variaciones de las características del cuerpo C con la altura	245
- Grado de vulnerabilidad de la estructura	248
5.2.2.2.2 Edificio Normalización	250
Cuerpo E	250
- Determinación de índices a calcular	250
- Índice de Hirosawa	250
- Evaluación del índice de Hirosawa	254
- Variación de las características del cuerpo E con la altura	256
- Evaluación de las variaciones de las características del cuerpo E con la altura	258
- Grado de vulnerabilidad de la estructura	259
5.2.2.3 Análisis del estanque elevado del Edificio Principal	261
5.2.3 Tabla resumen de los índices I_1 , I_c , I_t e I_2 ..	265
5.3 Disposición de elementos no estructurales	269
5.3.1 Hospital Carlos Van Buren	269
Descripción de las componentes arquitectónicas	269
Evaluación de las componentes	

	arquitectónicas	273
-	Descripción del equipamiento	276
-	Evaluación del equipamiento	279
-	Descripción de las líneas vitales	281
-	Evaluación de las líneas vitales	283
5.3.2	Hospital Dr. Gustavo Fricke	285
	Descripción de las componentes arquitectónicas	285
	Evaluación de las componentes arquitectónicas	287
	Descripción del equipamiento	289
	Evaluación del equipamiento	292
	Descripción de las líneas vitales	295
	Evaluación de las líneas vitales	296
5.4	Recomendaciones	297
CAPITULO 6	EVALUACION DE VULNERABILIDAD SISMICA DE HOSPITALES	302
6.1	Introducción	303
6.2	Hospital Carlos Van Buren	303
	6.2.1 Perfil Hospitalario	304
	6.2.2 Grado de vulnerabilidad estructural	307
	6.2.3 Grado de vulnerabilidad no estructural	307
	6.2.4 Grado de vulnerabilidad de las líneas vitales	310
	6.2.5 Grado de vulnerabilidad de los servicios clínicos y de apoyo del Hospital Carlos Van Buren	312
	6.2.6 Grado de vulnerabilidad asociado al Hospital Carlos Van Buren	314
6.3	Hospital Dr. Gustavo Fricke	315
	6.3.1 Perfil Hospitalario	316
	6.3.2 Grado de vulnerabilidad estructural	320
	6.3.3 Grado de vulnerabilidad no estructural	320
	6.3.4 Grado de vulnerabilidad de las líneas vitales	323
	6.3.5 Grado de vulnerabilidad de los servicios clínicos y de apoyo del Hospital Dr. Gustavo Fricke	325
	6.3.6 Grado de vulnerabilidad asociado al Hospital Dr. Gustavo Fricke	327
CAPITULO 7	COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	328
REFERENCIAS	333

- ANEXO A Descripción de las características a considerar en el cálculo de S_p
- ANEXO B Categorías de daños para el índice de Meli
- ANEXO C Plantas y elevaciones estructurales
- ANEXO D Plantas arquitectónicas
- ANEXO E Evaluación de los desplazamientos del cuerpo E, Edificio Normalización
- ANEXO F Fotografías del Hospital Carlos Van Buren
- ANEXO G Fotografías del Hospital Dr. Gustavo Fricke
- ANEXO H Gráficos del índice de Shiga

INDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1	Mapa Tectónico General de América (J. Monge, 1975) ..	10
Fig. 2.2	Línea isosísta del terremoto de Valparaíso, 1822 (D.Ramírez, 1988)	15
Fig. 2.3	Mapa de daños según relatos del terremoto de 1906 ..	18
Fig. 2.4	Intensidades MM para construcciones de albañilería barrio El Almendral, terremoto de 1906	19
Fig. 2.5	Area de inundación de Viña del Mar	25
Fig. 2.6	Microzonas sísmicas de Valparaíso, grados de intensidad MSK en el sismo del 3 de Marzo de 1985 (Astroza y Monge, 1992)	27
Fig. 2.7	Zonificación sísmica para Viña del Mar (Pérez y Aguirre, 1988)	29
Fig. 2.8	Microzonas sísmicas de la comuna de Viña del Mar, grados de intensidad MSK en el sismo del 3 de Marzo de 1985 (Pérez y Aguirre, 1988)	30
Fig. 2.9	Sismo máximo M=8.5, Intensidades esperada (Astroza y Monge, 1992)	32
Fig. 2.10	Microzonas sísmicas de Valparaíso, Intensidad de Mercalli Modificada para el sismo máximo M=8.5	33
Fig. 2.11	Microzonas sísmicas de la comuna de Viña del Mar, Intensidad de Mercalli Modificada para el sismo máximo M=8.5	34
Fig. 3.1	Relación entre los índices de áreas de muros, de áreas de columnas y la tensión media de corte con el daño, Shiga 1977	56
Fig. 4.1	Croquis general del Hospital Carlos Van Buren	79
Fig. 4.2	Croquis general del Hospital Dr. Gustavo Fricke ...	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Escala de grados de un tsunami (Monge, J., 1963)	22
Tabla 2.2	Tsunami en la bahía de Valparaíso (Monge, J., 1963)	23
Tabla 3.1	Valores de los coeficientes α_1	42
Tabla 3.2	Valores de G_1 y R_1	47
Tabla 3.3	Valores del índice T para diferentes causas y tipos de deterioro	48
Tabla 3.4	Clasificación de los daños causados por sismo (Iglesias et al., 1987)	50
Tabla 3.5	Grados de Vulnerabilidad	54
Tabla 3.6	Relación entre la densidad de muros (I_1) y el nivel de daños	58
Tabla 3.7	Relación entre el nivel de daños y la densidad de muros, (Astroza et al., 1993)	59
Tabla 4.1	Cuerpos que forman el Hospital C. V. Buren	80
Tabla 4.2	Dimensiones de las plantas de la Torre Médica ..	83
Tabla 4.3	Servicios clínicos y de apoyo ubicados en la T.M.	84
Tabla 4.4	Dimensiones de las plantas de la Torre Quirúrgica	92
Tabla 4.5	Servicios clínicos y de apoyo ubicados en la T.Q.	93
Tabla 4.6	Cuerpos que forman el Hospital Dr. Gustavo Fricke	103
Tabla 4.7	Dimensiones de las plantas del Cuerpo A	106
Tabla 4.8	Servicios clínicos y de apoyo ubicados en el Cuerpo A	107
Tabla 4.9	Dimensiones de las plantas del Cuerpo B	113
Tabla 4.10	Dimensiones de las plantas del Cuerpo C	113
Tabla 4.11	Servicios clínicos y de apoyo ubicados en el Cuerpo B	114
Tabla 4.12	Servicios clínicos y de apoyo ubicados en el Cuerpo C	114
Tabla 4.13	Dimensiones de las plantas del Cuerpo E	120
Tabla 4.14	Servicios clínicos y de apoyo ubicados en el Cuerpo E y F	120
Tabla 5.1	Areas de muros de hormigón armado de la Torre Médica en la dirección X	133
Tabla 5.2	Areas de columnas de hormigón armado de la Torre Médica en la dirección X	133
Tabla 5.3	Areas de muros de hormigón armado de la Torre Médica en la dirección Y	134
Tabla 5.4	Areas de columnas de hormigón armado de la Torre Médica en la dirección Y	134
Tabla 5.5	Peso sísmico por piso de la Torre Médica	135
Tabla 5.6	Valores de los índices de resistencia de la Torre Médica en la dirección X	136
Tabla 5.7	Valores de los índices de resistencia de la Torre Médica en la dirección Y	137
Tabla 5.8	Valores de E_c para cada dirección de la Torre Médica	138
Tabla 5.9	Valores de q_1 para la Torre Médica	139

Tabla 5.10	Valores de los factores T_1 , Torre Médica	139
Tabla 5.11	Valores del índice de Hirosawa (I_2) para ambas direcciones de la planta de la Torre Médica	140
Tabla 5.12	Area total de muros (ΣA_m) y columnas (ΣA_c), Torre Médica	142
Tabla 5.13	Areas de plantas y áreas acumuladas de plantas sobre el nivel considerado, Torre Médica	143
Tabla 5.14	Valores de los índices I_1 , I_c y I_t para ambas direcciones de la planta de la Torre Médica	144
Tabla 5.15	Nivel de daños de acuerdo a las coordenadas I_1 v/s I_t de la Torre Médica	145
Tabla 5.16	Variación del área de planta entre pisos consecutivos, T.M.	146
Tabla 5.17	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos, Torre Médica	147
Tabla 5.18	Variación de la Rigidez, T.M.	148
Tabla 5.19	Excentricidad, T.M.	149
Tabla 5.20	Variación del peso entre pisos consecutivos, T.M.	149
Tabla 5.21	Areas de muros de hormigón armado de la Torre Quirúrgica en la dirección X	154
Tabla 5.22	Areas de columnas de hormigón armado de la Torre Quirúrgica en la dirección X	154
Tabla 5.23	Areas de muros de hormigón armado de la Torre Quirúrgica en la dirección Y	155
Tabla 5.24	Areas de columnas de hormigón armado de la Torre Quirúrgica en la dirección Y	155
Tabla 5.25	Peso sísmico por piso de la Torre Quirúrgica ..	156
Tabla 5.26	Valores de los índices de resistencia de la Torre Quirúrgica en la dirección X	156
Tabla 5.27	Valores de los índices de resistencia de la Torre Quirúrgica en la dirección Y	157
Tabla 5.28	Valores de E_c para cada dirección de la Torre Quirúrgica	158
Tabla 5.29	Valores de q_i para la Torre Quirúrgica	158
Tabla 5.30	Valores de los factores T_1 , Torre Quirúrgica ...	159
Tabla 5.31	Valores del índice de Hirosawa (I_2) para ambas direcciones de la planta de la Torre Quirúrgica	160
Tabla 5.32	Valores del índice de Hirosawa (I_2) para ambas direcciones de la planta de la Torre Quirúrgica considerando albañilería de relleno	162
Tabla 5.33	Area total de muros (ΣA_m) y columnas (ΣA_c), Torre Quirúrgica	163
Tabla 5.34	Areas de plantas y áreas acumuladas de plantas sobre el nivel considerado, Torre Quirúrgica ..	164
Tabla 5.35	Valores de los índices I_1 , I_c y I_t para ambas direcciones de la planta de la Torre Quirúrgica	165
Tabla 5.36	Nivel de daños de acuerdo a las coordenadas I_1 v/s I_t de la Torre Quirúrgica	166
Tabla 5.37	Valores de los índices I_1 , I_c y I_t para ambas direcciones de la planta de la	

	Torre Quirúrgica considerando albañilería de relleno	167
Tabla 5.38	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos, Torre Quirúrgica	168
Tabla 5.39	Variación de la Rigidez considerando sólo las deformaciones por flexión, T.Q.	170
Tabla 5.40	Variación de la Rigidez considerando que los muros del primer piso sólo se deforman por corte, T.Q.	171
Tabla 5.41	Excentricidad cuando los muros sólo se deforman por flexión, T.Q.	172
Tabla 5.42	Excentricidad cuando los muros del primer piso sólo se deforman por corte, T.Q.	172
Tabla 5.43	Variación del peso entre pisos consecutivos, T.Q.	173
Tabla 5.44	Calificación de la excentricidad por piso, Torre Quirúrgica	174
Tabla 5.45	Area de elementos resistentes del Cuerpo A ...	181
Tabla 5.46	Valores del factor FC_1 , Cuerpo A	182
Tabla 5.47	FR_1 , Cuerpo A	183
Tabla 5.48	Areas de los muros de hormigón armado y de los muros de albañilería del Cuerpo A en la dirección X	184
Tabla 5.49	Areas de las columnas de hormigón armado del Cuerpo A en la dirección X	184
Tabla 5.50	Areas de los muros de hormigón armado y de los muros de albañilería del Cuerpo A en la dirección Y	185
Tabla 5.51	Areas de las columnas de hormigón armado del Cuerpo A en la dirección Y	185
Tabla 5.52	Peso sísmico por piso, Cuerpo A	186
Tabla 5.53	Valores de los índices de resistencia del Cuerpo A en la dirección X	187
Tabla 5.54	Valores de los índices de resistencia del Cuerpo A en la dirección Y	187
Tabla 5.55	Valores de E_c para ambas direcciones de la planta, Cuerpo A	188
Tabla 5.56	Valores de q_c para el Cuerpo A del Edificio Principal	189
Tabla 5.57	Valores de los factores T_1 , Cuerpo A	189
Tabla 5.58	Valores del índice de Hirosawa (I_1) para ambas direcciones de la planta del Cuerpo A ..	190
Tabla 5.59	Valores del índice de Hirosawa (I_1) para ambas direcciones de la planta del Cuerpo A considerando $f'_c = 200$ [kg/cm ²]	192
Tabla 5.60	Area total de muros (ΣA_m) y columnas (ΣA_c), Cuerpo A	193
Tabla 5.61	Areas de plantas y áreas acumuladas de plantas, Cuerpo A	194
Tabla 5.62	Valores de los índices I_1 , I_c y I_t para ambas direcciones de análisis, Cuerpo A	195
Tabla 5.63	Variación del área de planta entre pisos consecutivos, Cuerpo A	196
Tabla 5.64	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos, Cuerpo A	197
Tabla 5.65	Variación de la Rigidez, Cuerpo A	198

Tabla 5.66	Excentricidad, Cuerpo A	198
Tabla 5.67	Variación del peso entre pisos consecutivos, Cuerpo A	199
Tabla 5.68	Calificación de la excentricidad por piso en ambas direcciones de la planta del Cuerpo A ...	200
Tabla 5.69	Calificación de la variación del peso del Cuerpo A	201
Tabla 5.70	Area de elementos resistentes del Cuerpo B ...	204
Tabla 5.71	Valores del factor FC_1 , Cuerpo B	205
Tabla 5.72	FR_1 , Cuerpo B	206
Tabla 5.73	Areas de los muros de hormigón armado y de los muros de albañilería del Cuerpo B en la dirección X	206
Tabla 5.74	Areas de las columnas de hormigón armado del Cuerpo B en la dirección X	207
Tabla 5.75	Areas de los muros de hormigón armado y de los muros de albañilería del Cuerpo B en la dirección Y	207
Tabla 5.76	Areas de las columnas de hormigón armado del Cuerpo B en la dirección Y	208
Tabla 5.77	Peso sísmico por piso, Cuerpo B	208
Tabla 5.78	Valores de los índices de resistencia del Cuerpo B en la dirección X	209
Tabla 5.79	Valores de los índices de resistencia del Cuerpo B en la dirección Y	209
Tabla 5.80	Valores de E_0 para ambas direcciones de la planta, Cuerpo B	210
Tabla 5.81	Valores de q_1 para el Cuerpo B del Edificio Principal	211
Tabla 5.82	Valores de los factores T_1 , Cuerpo B	211
Tabla 5.83	Valores del índice de Hirosawa (I_2) para ambas direcciones de la planta del Cuerpo B ..	212
Tabla 5.84	Valores del índice de Hirosawa (I_2) para ambas direcciones de la planta del Cuerpo B considerando $f'_c = 200$ [kg/cm ²]	214
Tabla 5.85	Area total de muros (ΣA_m) y columnas (ΣA_c), Cuerpo B	215
Tabla 5.86	Areas de plantas y áreas acumuladas de plantas, Cuerpo B	216
Tabla 5.87	Valores de los índices I_1 , I_c y I_t para ambas direcciones de análisis, Cuerpo B	216
Tabla 5.88	Variación del área de planta entre pisos consecutivos, Cuerpo B	218
Tabla 5.89	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos, Cuerpo B	219
Tabla 5.90	Variación de la Rigidez por flexión, Cuerpo B	220
Tabla 5.91	Variación de la Rigidez por corte, Cuerpo B ...	220
Tabla 5.92	Excentricidad por flexión, Cuerpo B	221
Tabla 5.93	Excentricidad por corte, Cuerpo B	222
Tabla 5.94	Variación del peso entre pisos consecutivos, Cuerpo B	222
Tabla 5.95	Calificación de la excentricidad por piso en ambas direcciones de la planta del Cuerpo B ...	224
Tabla 5.96	Area de elementos resistentes del Cuerpo C	227
Tabla 5.97	Valores del factor FC_1 , Cuerpo C	227

Tabla 5.98	FR ₁ , Cuerpo C	228
Tabla 5.99	Areas de los muros de hormigón armado y de los muros de albañilería del Cuerpo C en la dirección X	229
Tabla 5.100	Areas de las columnas de hormigón armado del Cuerpo C en la dirección X	229
Tabla 5.101	Areas de los muros de hormigón armado y de los muros de albañilería del Cuerpo C en la dirección Y	230
Tabla 5.102	Areas de las columnas de hormigón armado del Cuerpo C en la dirección Y	230
Tabla 5.103	Peso sísmico por piso, Cuerpo C	231
Tabla 5.104	Valores de los índices de resistencia del Cuerpo C en la dirección X	231
Tabla 5.105	Valores de los índices de resistencia del Cuerpo C en la dirección Y	232
Tabla 5.106	Valores de E ₀ para ambas direcciones de la planta, Cuerpo C	233
Tabla 5.107	Valores de q _i para el Cuerpo C del Edificio Principal	234
Tabla 5.108	Valores de los factores T ₁ , Cuerpo C	235
Tabla 5.109	Valores del índice de Hirosawa (I ₁) para ambas direcciones de la planta del Cuerpo C ...	235
Tabla 5.110	Valores del índice de Hirosawa (I ₁) para ambas direcciones de la planta del Cuerpo C considerando f ₀ = 200 [kg/cm ²]	237
Tabla 5.111	Area total de muros (ΣA _m) y columnas (ΣA _c), Cuerpo C	238
Tabla 5.112	Areas de plantas y áreas acumuladas de plantas, Cuerpo C	239
Tabla 5.113	Valores de los índices I ₁ , I _c y I _t para ambas direcciones de análisis, Cuerpo C	239
Tabla 5.114	Variación del área de planta entre pisos consecutivos, Cuerpo C	241
Tabla 5.115	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos, Cuerpo C	242
Tabla 5.116	Variación de la Rigidez por flexión, Cuerpo C	243
Tabla 5.117	Variación de la Rigidez por corte, Cuerpo C ...	243
Tabla 5.118	Excentricidad por flexión, Cuerpo C	244
Tabla 5.119	Excentricidad por corte, Cuerpo C	244
Tabla 5.120	Variación del peso entre pisos consecutivos, Cuerpo C	245
Tabla 5.121	Calificación de la excentricidad por piso del Cuerpo C	247
Tabla 5.122	Calificación de la variación del peso del Cuerpo C	248
Tabla 5.123	Areas de las columnas de hormigón armado del Cuerpo E en la dirección X	251
Tabla 5.124	Areas de las columnas de hormigón armado del Cuerpo E en la dirección Y	251
Tabla 5.125	Peso sísmico por piso, Cuerpo E	251
Tabla 5.126	Valores de los índices de resistencia del Cuerpo E en la dirección X	252
Tabla 5.127	Valores de los índices de resistencia del Cuerpo E en la dirección Y	252
Tabla 5.128	Valores de E ₀ para ambas direcciones de la	

	planta, Cuerpo E	253
Tabla 5.129	Valores de q_1 para el Cuerpo E	253
Tabla 5.130	Valores de los factores T_1 , Cuerpo E	254
Tabla 5.131	Valores del índice de Hirosawa (I_2) para ambas direcciones de la planta del Cuerpo E...	254
Tabla 5.132	Variación del área de planta entre pisos consecutivos, Cuerpo E	256
Tabla 5.133	Variación de la resistencia entre pisos consecutivos, Cuerpo E	256
Tabla 5.134	Variación de la Rigidez, Cuerpo E	257
Tabla 5.135	Excentricidad, Cuerpo E	257
Tabla 5.136	Variación del peso entre pisos consecutivos, Cuerpo E	258
Tabla 5.137	Areas de muros de hormigón armado del estanque elevado	261
Tabla 5.138	Valores del índice de resistencia C_v del estanque elevado	262
Tabla 5.139	Valores de E_s para ambas direcciones de la planta, estanque elevado	263
Tabla 5.140	Valores de los factores T_1 , estanque elevado ..	263
Tabla 5.141	Valores de I_2 para ambas direcciones de la planta, estanque elevado	264
Tabla 5.142	Resumen del índice sísmicos básicos (E_s), Hospital Carlos Van Buren	265
Tabla 5.143	Resumen de índices, Hospital Carlos Van Buren	266
Tabla 5.144	Resumen del índice sísmicos básicos (E_s), Hospital Dr. Gustavo Fricke	267
Tabla 5.145	Resumen de índices, Hospital Dr. Gustavo Fricke	268
Tabla 6.1	Grado de vulnerabilidad estructural, Hospital Carlos Van Buren	307
Tabla 6.2	Grado de vulnerabilidad de los elementos no estructurales de la T.M.	308
Tabla 6.3	Grado de vulnerabilidad de los elementos no estructurales de la T.Q.	309
Tabla 6.4	Grado de vulnerabilidad de las líneas vitales de la T.M.	310
Tabla 6.5	Grado de vulnerabilidad de las líneas vitales de la T.Q.	311
Tabla 6.6	Grado de vulnerabilidad de los servicios clínicos y de apoyo a la emergencia del Hospital Carlos Van Buren	313
Tabla 6.7	Grado de vulnerabilidad estructural, Hospital Dr. Gustavo Fricke	320
Tabla 6.8	Grado de vulnerabilidad de los elementos no estructurales del Edificio Principal	321
Tabla 6.9	Grado de vulnerabilidad de los elementos no estructurales del Edificio Normalización ..	322
Tabla 6.10	Grado de vulnerabilidad de las líneas vitales del Edificio Principal	323
Tabla 6.11	Grado de vulnerabilidad de las líneas vitales del Edificio Normalización	324
Tabla 6.12	Grado de vulnerabilidad de los servicios clínicos y de apoyo a la emergencia del Hospital Dr. Gustavo Fricke	326

CAPITULO 1

INTRODUCCION

CAPITULO 1

INTRODUCCION

Uno de los primeros servicios requeridos en los desastres producidos por sismos de gran magnitud son los ofrecidos por los centros hospitalarios, por ello, es necesario ver el estado en que se encuentran y prepararlos para mitigar los posibles efectos de un evento de esta naturaleza, garantizando su buen funcionamiento durante y después del sismo.

Considerando que Chile esta ubicado en una zona altamente sísmica, es de vital importancia conocer el estado actual de los centros hospitalarios, con el objeto de ver si están preparados para soportar eventos de esta categoría.

Para ello se realizó una selección de 14 hospitales de distintos puntos del país, con el objeto de tener una muestra representativa del sistema hospitalario chileno.

En el marco de este proyecto, este trabajo tiene como objeto mostrar el estudio de vulnerabilidad sísmica realizado a los hospitales CARLOS VAN BUREN de Valparaíso y Dr. GUSTAVO FRICKE de Viña del Mar, ambos de la Quinta Región.

Para que estos hospitales puedan dar atención a la gran demanda que producen estos desastres, es necesario que sus componentes estructurales, como son : cimientos, columnas, muros, losas y vigas entre otros, no sufran daños de consideración y que sus componentes no estructurales o arquitectónicas como son : los tabiques, cielos falsos, cornisas, parapetos, chimeneas, etc. no sufran daños que puedan entorpecer las actividades que se realizan en el hospital. Dentro de las componentes no estructurales hay que mencionar además el equipamiento del hospital y las redes de líneas vitales como son la red de agua potables, la red de oxígeno, la red de aguas servidas y la red eléctrica, sin los cuales se rompe una cadena de actividades previas necesarias para la atención de los

pacientes.

El estado de las componentes estructurales y no estructurales de los hospitales son inicialmente evaluadas por separado, a través de índices que puedan determinar si el centro hospitalario es vulnerable o no.

Para el estudio estructural de los hospitales seleccionados, se escogieron aquellos edificios o cuerpos que caracterizaran un sistema estructural definido y que posean los servicios clínicos y de apoyo más importantes desde el punto de vista de los requerimientos del hospital en caso de sismo.

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos de este estudio de vulnerabilidad es hacer una evaluación estructural preliminar de cada uno de los edificios y cuerpos seleccionados, se ha escogido el uso de metodologías cualitativas y cuantitativas preliminares que quedan definidas por el valor de una serie de índice aplicables a cada estructura, entre los que se encuentra el índice de Hiroswawa, Shiga y Meli. En conjunto con estos índices se verifican algunos criterios de regularidad de la estructura, considerando las variaciones de las características del edificio con la altura, tales como: la variación de áreas de plantas entre pisos consecutivos, variación de la resistencia entre pisos consecutivos, variación de la rigidez entre pisos, excentricidad del piso y variación del peso entre pisos consecutivos.

La vulnerabilidad o no vulnerabilidad estructural queda definida finalmente por el análisis en conjunto de estos valores.

El estudio de los elementos no estructurales abarca todo el centro hospitalario, poniendo especial énfasis en los edificios y cuerpos analizados estructuralmente.

La vulnerabilidad de los elementos no estructurales queda definida a través del análisis en terreno que se hace de sus

disposiciones y ubicación dentro del hospital. Estos análisis no se basan en estudios teóricos, sino mas bien en recomendaciones generales considerando sus comportamientos en sismos que han afectados a otros centros hospitalarios.

El alcance de este estudio es mostrar una metodología que permita determinar en rasgos generales si el centro hospitalario en estudio está preparado para soportar en buena forma un evento sísmico, en ningún caso se dan pasos a seguir que solucionen los problemas de carácter estructural, sólo se dan recomendaciones que ayudan a mitigar los efectos que el sismo produce sobre los elementos no estructurales.

El presente estudio esta compuesto por siete capítulos.

Capítulo 1: Introducción.

En este capítulo se describen los objetivos y alcances del estudio. Se explica el proyecto del cual forma parte, y la importancia de realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica en los centros hospitalarios.

Capítulo 2: Sismicidad Regional.

En este capítulo se presentan aspectos básicos de sismología, explicando como se generan la mayoría de los sismos chilenos. Estos aspectos se complementan con una descripción de los sismos importantes que han afectado a la zona en estudio, describiéndose en cada uno de ellos la Magnitud de Richter, Intensidad de Mercalli Modificada, longitud de ruptura y daños producidos.

Dentro de los estudios que se incluyen en este capítulo se encuentra el estudio de riesgo de tsunami, estudio de microzonificación sísmica en Valparaíso y Viña del Mar, y un estudio las intensidades producidas por un sismo máximo

probable.

Capítulo 3: Criterios de análisis de vulnerabilidad sísmica de hospitales.

Este capítulo, en su parte estructural, establece los criterios y métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica de la estructura, mientras que en su parte no estructural se detallan los elementos en estudio y los procedimientos de evaluación.

Capítulo 4: Descripción de centros hospitalarios.

La descripción de estos centros se separa en una descripción de la estructura y una de los elementos no estructurales, en la primera de ellas se describe el sistema estructural de los edificios seleccionados, incluyendo los refuerzos de los distintos elementos estructurales, y la calidad de los materiales utilizados en su construcción, mientras que en la descripción de los elementos no estructurales se describen los tipos de tabiques, tipos de cielos falsos y sectores en donde se encuentran, y la red de cañerías que forman el sistema de líneas vitales. Como la idea es dar una visión general del hospital, no se incluye la descripción de los sistemas de apoyo o anclajes de estos elementos, los cuales se describen en el capítulo 5.

Una vez finalizada la descripción de los cuerpos, se hace una descripción estructural de los puentes de unión existente en cada uno de los hospitales.

La descripción de la estructura se complementa con un anexo que incluye el dibujo a escala de las plantas estructurales y arquitectónicas del edificio.

Capítulo 5: Recolección y análisis de datos preliminares.

Este capítulo, en su parte estructural, muestra la evaluación de los índices y de las variaciones de las características del edificio descritas en el capítulo 3, determinándose su grado de vulnerabilidad, mientras que en su parte no estructural se detalla la disposición de los elementos no estructurales, destacándose posible aspectos vulnerables. Posteriormente se dan recomendaciones para que estos elementos se comporten sin mayores problemas en caso de sismo.

Capítulo 6: Evaluación de vulnerabilidad sísmica de hospitales.

En este capítulo se resumen los principales aspectos del capítulo 5 y se da una evaluación general de la vulnerabilidad sísmica de los centros hospitalarios en estudio.

Capítulo 7: Comentario y conclusiones.

En este capítulo se hacen comentarios de los resultados obtenidos tanto en su parte estructural como no estructural.