



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO DE LOS DAÑOS DE LOS TERREMOTOS DEL 21 Y 22 DE
MAYO DE 1960**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ROBERTO GERMÁN LAZO HINRICHS

PROFESOR GUÍA:

MAXIMILIANO ASTROZA INOSTROZA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

RODOLFO SARAGONI HUERTA

SERGIO BARRIENTOS PARRA

SANTIAGO DE CHILE

OCTUBRE 2008

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es reunir los antecedentes de los efectos del terremoto más grande registrado en la historia, ocurrido en las cercanías de la ciudad de Valdivia el día 22 de mayo de 1960 ($M_w = 9.5$), y del mayor de sus precursores, ocurrido el día 21 de mayo en la zona de la bahía de Arauco al sur de la ciudad de Concepción.

Con los antecedentes reunidos, se estimaron las intensidades macrosísmicas a partir de los daños informados principalmente por la prensa de la época e informes técnicos en 109 localidades ubicadas dentro del área de daños de ambos terremotos. Con este propósito se utilizó el método propuesto por la escala MSK de intensidades adaptado a las características de las construcciones chilenas.

De las intensidades obtenidas se concluye que en ambos eventos se produjeron intensidades máximas cercanas a un grado $I_{MSK} = VIII$ si se descartan las localidades donde se presentan efectos de condiciones locales desfavorables. La diferencia entre ambos terremotos se observa más bien en la gran extensión de la zona donde los daños permiten estimar una intensidad macrosísmica de grado VII-VIII para el terremoto del día 22 de mayo. Teniendo en cuenta estos valores de la intensidad macrosísmica, se confirma que el daño estructural en las construcciones con diseño sísmico existentes en la zona de daños, fue moderado como lo destacan los informes de los ingenieros que visitaron la zona afectada por el terremoto.

Además se pudo comprobar que las intensidades macrosísmicas del terremoto del día 21 se atenúan con la distancia medida desde la localidad de interés hasta el trazo de la línea de falla, ubicada a la misma profundidad que el foco del sismo, según una ley representada por la fórmula siguiente: $I = 12,06 - 1,75 \cdot \log(Dh) - 0,009 \cdot Dh$. No ocurre lo mismo con el gran terremoto del día 22 de mayo, en el cual la atenuación queda mejor representada al usar la distancia entre la localidad y la aspereza más cercana, obteniéndose una ley de atenuación de intensidades del tipo exponencial: $I = 11,285 \cdot \exp(-0,003 \cdot Dh)$. En este caso, “Dh” es la mínima distancia entre la localidad de interés hasta una de las cuatro asperezas dominantes de este evento.

Agradecimientos

Escribir estas palabras coincide con el momento en que finalizo una importantísima etapa de mi vida; una etapa que sin duda alguna marcará fuertemente mi futuro en todo ámbito. Sin embargo, me hubiese sido imposible llegar solo hasta estas instancias, ya que ha sido absolutamente imprescindible la inmensa compañía y el apoyo que he recibido de muchas personas, no solo durante el desarrollo de este trabajo, sino a lo largo de todos los años que me ha tocado vivir.

Entre estas personas, debo comenzar por agradecer a mi familia; padres, abuelos y a mi hermana, por todo lo que me han dado, por el infinito apoyo que me entregaron especialmente en el ámbito educacional, y por haberme dado todas las facilidades para lograr esta gran meta. Infinitas gracias a todos mis amigos que me han acompañado durante mi etapa colegial, y a mis grandes amigos que tuve la suerte de conocer durante mi permanencia en la Universidad y con los que compartimos no sólo las salas de clases, sino también importantes momentos fuera de ellas, la mayoría de gran alegría. A mis otros amigos que he conocido por distintas circunstancias y con los que he compartido otros tantos buenos momentos. A la gente y amigos de IDIEM, lugar donde me acerqué al área laboral y donde me permitieron ganar muchísimas experiencias inolvidables. A la Fran, mi polola, por estar siempre a mi lado y por entregarme la fuerza necesaria durante todo el tiempo que ocupé desarrollando este trabajo.

Gracias a todos mis profesores que sin duda han sido el otro pilar fundamental para lograr esta meta que en un principio parecía casi inalcanzable. Considero entre ellos tanto a los que me tomaron cuando sólo tenía 4 años en Prekinder (Tante Bárbara), como a mi profesor guía, Maximiliano Astroza, quien fue parte esencial durante el desarrollo de este trabajo, por todo el valioso tiempo que le dedicó y su disponibilidad incondicional para ayudarme. También merece un agradecimiento por sus enseñanzas en el curso de "Albañilería Estructural" y por permitirme ser su ayudante luego en el mismo ramo. No puedo dejar de mencionar los valiosos aportes y comentarios de los profesores Rodolfo Saragoni y Sergio Barrientos, todos ellos con una increíble disposición

e interés por ayudarme. De gran utilidad fue también el material prestado por Edgard Kausel.

Gracias a todo el personal de la Biblioteca Nacional, por dejarme reproducir gran parte de las fotografías publicadas en este trabajo y por su excelente atención, así como también al personal del INE. A Ricardo León, por su importantísima ayuda para reproducir las fotografías antes mencionadas. A Natalia Silva y Sergio Ruiz, por la insuperable voluntad de ayudarme con cualquier duda.

Espero sinceramente que este trabajo, aparte de servirme personalmente para optar al título de Ingeniero Civil, sea de gran utilidad para otros Ingenieros, Investigadores y estudiantes, tal como para mí lo fueron innumerables trabajos de otros memoristas.

*“...y vuelvo a mirar, y veo a crecer mi deuda
con estos ángeles, que han dedicado una vida entera,
para poder crear, una luz en la oscuridad,
por tantas cosas, gracias una vez más,
gracias una vez más...”*

(Alex Ubago)

Índice

CAPÍTULO 1:INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.2.3. Metodología.....	2
1.3. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA	3
 CAPÍTULO 2:CARACTERIZACIÓN SÍSMICA DE LOS TERREMOTOS DE MAYO DE 1960.....	 5
	 5
2.1. SUBDUCCIÓN DE LA PLACA DE NAZCA BAJO LA SUDAMERICANA.....	5
2.1.1. Aspectos generales.....	5
2.1.2. Modo de subducción y segmentación de la placa de nazca.....	8
2.1.3. Aspectos tectónicos.....	11
2.1.4. Profundidad del contacto sismogénico.....	15
2.2. ANTECEDENTES GENERALES DE LA SISMICIDAD EN CHILE.....	15
2.3. FUENTES SISMOGÉNICAS A LO LARGO DE CHILE.....	17
2.3.1. Eventos de tipo interplaca	18
2.3.2. Eventos de tipo intraplaca.....	19
2.3.3. Eventos de tipo cortical.....	20
2.3.4. Diferencias entre los eventos interplaca e intraplaca oceánica.....	20
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBDUCCIÓN EN LA ZONA DE LOS TERREMOTOS DE MAYO DE 1960.	23
.....	23
2.4.1. Sismicidad de importancia en la zona.....	24
2.4.2. Ubicación de la mezodorsal con respecto a la costa.....	26

2.5. CARACTERISTICAS DE LOS TERREMOTOS DE MAYO DE 1960	27
2.5.1. Mecanismo y parámetros focales principales de los terremotos de mayo de 1960...	29
2.5.2. Coordenadas epicentrales y parámetros focales.....	35
2.5.2.1. “Evento-1” (21 DE MAYO).....	35
2.5.2.2. “Evento-2” (22 DE MAYO).....	38
2.5.2.3. “Evento-3” (22 DE MAYO).....	40
2.5.2.4. “Evento-A” (22 DE MAYO).....	42
2.5.3. Estimación de la longitud de falla mediante fórmula propuesta por Ramírez (1988)..	44
2.5.4. Resumen de los parámetros focales de los terremotos de mayo de 1960.....	45
2.6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	46

CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES DE LOS TERREMOTOS DE MAYO DE 1960**48**

3.1. Antecedentes de la zona afectada	48
3.1.1. Organización político-administrativa.....	48
3.1.1.1. Organización político-administrativa en 1960.....	48
3.1.1.2. Organización político-administrativa actual (2008).....	51
3.1.2. Superficie, población y actividad ocupacional.....	53
3.1.3. Capital.....	54
3.1.4. Ingreso y producción.....	55
3.1.5. Producción manufacturera y turismo.....	55
3.1.6. Viviendas.....	56
3.1.7. Censos.....	61
3.1.7.1. XIII Censo de Población de 1960.....	62
3.1.7.2. III Censo de Vivienda de 1970.....	62
3.2. Cifras generales de los terremotos de mayo de 1960	63
3.2.1. Víctimas.....	64
3.2.2. Pérdidas materiales.....	65
3.3. Comentarios generales acerca de los daños ocasionados por los terremotos de mayo de 1960	68

CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS Y ESTIMACIÓN DE LAS INTENSIDADES DEL TERREMOTO DE CONCEPCIÓN DEL 21 DE MAYO DE 1960.

.....	69
4.1. Región Metropolitana de Santiago.....	69
4.1.1. Santiago.....	69
4.2. VII Región del Maule.....	70
4.2.1. Cauquenes.....	70
4.2.2. Constitución.....	72
4.2.3. Copihue.....	73
4.2.4. Curicó.....	73
4.2.5. Linares.....	73
4.2.6. Longaví.....	74
4.2.7. Parral.....	75
4.2.8. Talca.....	76
4.3. VIII Región del Bío Bío.....	77
4.3.1. Arauco.....	77
4.3.2. Bulnes.....	80
4.3.3. Cabrero.....	82
4.3.4. Cañete.....	83
4.3.5. Carampangue.....	85
4.3.6. Chiguayante.....	86
4.3.7. Chillán.....	87
4.3.8. Cobquecura.....	93
4.3.9. Coelemu.....	94
4.3.10. Coihueco.....	95
4.3.11. Coliumo.....	96
4.3.12. Colliguay.....	97
4.3.13. Concepción.....	97
4.3.14. Coronel.....	140
4.3.15. Curanilahue.....	143
4.3.16. Dichato.....	144
4.3.17. El Carmen.....	146

4.3.18.	El Guape.....	146
4.3.19.	Florida.....	146
4.3.20.	General Cruz.....	148
4.3.21.	Hualqui.....	149
4.3.22.	Huepil.....	150
4.3.23.	Laja.....	150
4.3.24.	Laraquete.....	151
4.3.25.	Lebu.....	151
4.3.26.	Lirquén.....	155
4.3.27.	Los Ángeles.....	156
4.3.28.	Lota.....	162
4.3.29.	Mulchén.....	169
4.3.30.	Nacimiento.....	170
4.3.31.	Negrete.....	170
4.3.32.	Ninhue.....	171
4.3.33.	Pemuco.....	173
4.3.34.	Penco.....	174
4.3.35.	Pinto.....	175
4.3.36.	Portezuelo.....	176
4.3.37.	Quillón.....	176
4.3.38.	Quinchamalí.....	177
4.3.39.	Quirihue.....	177
4.3.40.	San Carlos.....	179
4.3.41.	San Gregorio.....	182
4.3.42.	San Ignacio.....	183
4.3.43.	San Nicolás.....	184
4.3.44.	San Rosendo.....	184
4.3.45.	San Vicente.....	185
4.3.46.	Santa Clara.....	185
4.3.47.	Santa Juana.....	186
4.3.48.	Schwager.....	186
4.3.49.	Talcahuano.....	187
4.3.50.	Talcamávida.....	195
4.3.51.	Tomé.....	196
4.3.52.	Yumbel.....	197
4.3.53.	Yungay.....	198

6.2.	IX Región de la Araucanía.....	233
6.2.1.	Angol	233
6.2.2.	Boroa.....	237
6.2.3.	Carahue.....	237
6.2.4.	Cherquenco.....	239
6.2.5.	Collipulli.....	239
6.2.6.	Curacautín.....	240
6.2.7.	Galvarino.....	240
6.2.8.	Gorbea.....	241
6.2.9.	Labranza.....	242
6.2.10.	Lautaro.....	242
6.2.11.	Loncoche.....	243
6.2.12.	Lonquimay.....	244
6.2.13.	Los Sauces.....	245
6.2.14.	Mehuín.....	245
6.2.15.	Nueva Imperial.....	248
6.2.16.	Padre Las Casas.....	248
6.2.17.	Perquenco.....	249
6.2.18.	Pitrufquén.....	249
6.2.19.	Pucón.....	250
6.2.20.	Puerto Domínguez.....	250
6.2.21.	Puerto Saavedra.....	250
6.2.22.	Queule.....	253
6.2.23.	Quilquén.....	254
6.2.24.	Quitratué.....	254
6.2.25.	Temuco.....	254
6.2.26.	Toltén.....	258
6.2.27.	Traiguén.....	259
6.2.28.	Victoria.....	261
6.2.29.	Villarrica	262
6.3.	XIV Región de Los Ríos.....	264
6.3.1.	Corral.....	264
6.3.2.	Futrono.....	267
6.3.3.	Huellethue.....	267
6.3.4.	La Unión.....	267
6.3.5.	Lanco.....	268

6.3.6.	Llifén.....	268
6.3.7.	Los Lagos.....	268
6.3.8.	Máfil.....	270
6.3.9.	Neltume.....	270
6.3.10.	Niebla.....	271
6.3.11.	Panguipulli.....	272
6.3.12.	Río Bueno.....	272
6.3.13.	San José de la Mariquina.....	273
6.3.14.	Valdivia.....	274
6.4.	X Región de Los Lagos.....	298
6.4.1.	Achao.....	298
6.4.2.	Ancud.....	299
6.4.3.	Bahía Mansa.....	307
6.4.4.	Calafquén.....	308
6.4.5.	Calbuco.....	309
6.4.6.	Carelmapu.....	310
6.4.7.	Castro.....	311
6.4.8.	Chacao.....	316
6.4.9.	Chaitén.....	317
6.4.10.	Chonchi.....	317
6.4.11.	Cucao.....	318
6.4.12.	Dalcahue.....	318
6.4.13.	Entre Lagos.....	318
6.4.14.	Fresia.....	318
6.4.15.	Frutillar.....	320
6.4.16.	Lago Ranco.....	322
6.4.17.	Las Quemadas.....	322
6.4.18.	Llanquihue.....	323
6.4.19.	Lliuco.....	328
6.4.20.	Los Muermos.....	329
6.4.21.	Malihue.....	330
6.4.22.	Maulín.....	330
6.4.23.	Osorno.....	332
6.4.24.	Palena.....	336
6.4.25.	Pargua.....	336
6.4.26.	Peulla.....	337

6.4.27.	Puerto Montt.....	337
6.4.28.	Puerto Octay	353
6.4.29.	Puerto Varas.....	353
6.4.30.	Puqueldón.....	356
6.4.31.	Purranque.....	356
6.4.32.	Puyehue.....	357
6.4.33.	Queilén.....	357
6.4.34.	Quellón.....	359
6.4.35.	Quemchi.....	360
6.4.36.	Quenac	361
6.4.37.	Quenuir.....	361
6.4.38.	Quinchao.....	362
6.4.39.	Río Negro.....	362
6.4.40.	San Pablo.....	366
6.4.41.	Yates.....	366
6.5.	XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo.....	367
6.5.1.	Aisén	367
6.5.2.	Balmaceda.....	367
6.5.3.	Colhaique.....	367
6.6.	XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena.....	367
6.6.1.	Puerto Natales.....	367
6.7.	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	368
CAPÍTULO 7: ISOSISTAS Y CURVAS DE ATENUACIÓN DE LAS INTENSIDADES DEL TERREMOTO DE VALDIVIA DEL 22 DE MAYO DE 1960.....		370
7.1.	Isosistas del terremoto del DÍA 22 DE mayo de 1960.....	370
7.2.	Atenuación de la intensidad MACROSISMICA del terremoto del día 22 de mayo de 1960... ..	373
7.2.1.	Cálculo de distancias epicentrales e hipocentrales.....	374
7.2.1.1.	Modelo A.....	374
7.2.1.2.	Modelo B.....	376
7.2.1.3.	Modelo C	378
7.2.1.4.	Valores de las distancias epicentrales e hipocentrales.....	381

7.2.2.	Intensidades macrosísmicas estimadas por distintos autores.....	382
7.2.3.	Curvas de atenuación de las intensidades macrosísmicas estimadas en el Capítulo 6.	385
7.2.4.	Análisis de los resultados de atenuación de las intensidades macrosísmicas.....	391
7.3.	COMENTARIOS	391
 CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES		392
8.1.	DATOS DE LOS TERREMOTOS	392
8.2.	DAÑOS PRODUCIDOS POR LOS TERREMOTOS	394
8.3.	TERREMOTO DE CONCEPCIÓN DEL 21 DE MAYO DE 1960.....	395
8.3.1.	Intensidades Macrosísmicas.....	395
8.3.2.	Isosistas.....	396
8.3.3.	Atenuación de Intensidades Macrosísmicas.....	396
8.4.	TERREMOTO DE VALDIVIA DEL 22 DE MAYO DE 1960.....	397
8.4.1.	Intensidades Macrosísmicas.....	397
8.4.2.	Isosistas.....	398
8.4.3.	Atenuación de Intensidades Macrosísmicas.....	399
 REFERENCIAS.....		401
 ANEXO A: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS INTENSIDADES MACROSÍSMICAS DE LOS TERREMOTOS DE LOS DÍAS 21 Y 22 DE MAYO DE 1960		410
A.1.	Recopilación de información para la determinación de los daños.....	410
A.2.	Metodología para determinar el grado de intensidad macrosísmica a partir de los daños	412
 ANEXO B: LISTA COMPLETA DE MOVIMIENTOS QUE AFECTARON A LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE ENTRE EL 21 DE MAYO Y 31 DE DICIEMBRE DE 1960		419

ANEXO C: COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y MAPA DE UBICACIÓN DE LOCALIDADES ESTUDIADAS	422
---	------------

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de toda su historia, nuestro país ha sido afectado por grandes terremotos distribuidos en todo su territorio, entre Arica y la Península de Taitao y en el extremo Sur de la Región de Magallanes. Esta sismicidad se destaca a nivel mundial, produciéndose en el año 1960 uno de los terremotos de mayor magnitud registrado en la historia de la humanidad y cada seis años por lo menos un sismo de magnitud 7.5.

Desde el punto de vista sismológico, en Chile se producen sismos de subducción de diferente tipo; entre éstos se pueden destacar los sismos de subducción del tipo interplaca y los sismos intraplaca de profundidad intermedia por corresponder a los sismos de subducción que controlan el diseño sísmico de las ciudades más pobladas actualmente existente en el país. Los estudios realizados en los últimos 10 años han permitido comprobar que cada uno de estos tipos de sismos tiene sus propias características, las que deben considerarse al momento de establecer la demanda sísmica para los efectos del diseño de los sistemas estructurales.

Teniendo en cuenta lo anterior, es conveniente reunir los antecedentes de la historia sísmica de nuestro país, sobretodo de los sismos más destructores como son los terremotos ocurridos en el sur de Chile los días 21 y 22 de mayo de 1960 de los cuales no se cuenta con información instrumental registrada en la zona de daño y por lo mismo el daño reportado representa la única información de estos eventos.

Dada la importancia que adquiere la información de los daños ocasionados por estos terremotos desde el punto de vista de la Ingeniería Sísmica nacional y mundial en zona de subducción, el objetivo de esta memoria es reunir esta información y procesarla en el marco del conocimiento actual de modo de determinar las intensidades macrosísmicas en la escala MSK considerando principalmente los efectos en las construcciones según el tipo de construcción y los cambios advertidos en la naturaleza.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Reunir antecedentes de los daños de sismos históricos, de los cuales existen pocos o nulos antecedentes instrumentales, para calibrar las demandas del diseño sísmico de edificios e instalaciones de distinto uso.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a.** Estudiar los efectos de los terremotos del sur de Chile de los días 21 y 22 de mayo de 1960 con el propósito de reunir información sobre los daños producidos en la zona epicentral.
- b.** Determinar las intensidades macrosísmicas en las localidades ubicadas en la zona de daño.
- c.** Trazar las curvas isosistas para los terremotos de los días 21 y 22 de mayo de 1960.

1.2.3. Metodología

Con el propósito de lograr los objetivos específicos, se sigue la misma metodología de estudios anteriores, como son las memorias de título de los alumnos Alejandro Moya (Moya, 2002), Simón Sanhueza (Sanhueza, 2002), Oscar Díaz (Díaz, 2001), Marcelo Sandoval (Sandoval, 2004) y Ana Norambuena (Norambuena, 2006). Los terremotos estudiados por los alumnos mencionados son respectivamente el de Chillán de 1939, Talca de 1928, Punitaqui de 1997, Santiago de 1945 y La Ligua de 1965.

La metodología se puede resumir en los siguientes pasos:

- a. Recopilación de los daños producidos por los terremotos del sur de Chile del 21 y 22 de mayo de 1960, información que se obtendrá de las publicaciones de la época, entre las que se destacan revistas, periódicos, informes técnicos, memorias y trabajos en revistas técnicas nacionales e internacionales.
- b. Determinación de las intensidades macrosísmicas apoyándose en el conocimiento que actualmente se dispone, especialmente en lo relacionado con la identificación de efectos locales que producen variaciones importantes de las intensidades macrosísmicas. La determinación de las intensidades macrosísmicas se hará usando la escala MSK (ver punto A.2, del Anexo A), la cual determina el grado de intensidad a partir de los daños que sufren los distintos tipos de construcción agrupados en clases de vulnerabilidad.

1.3. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA

El trabajo de título estará compuesto por la siguiente estructura de capítulos con la cual se cubre el tema propuesto

Capítulo 1: Introducción: Se describe la motivación del tema, los objetivos planteados y la metodología propuesta para conseguirlos.

Capítulo 2: Caracterización Sísmica de los Terremotos de Mayo de 1960: Se entregan los datos sismológicos, reunidos de esta serie de eventos. Previo a esto, se caracterizan los sismos que ocurren en nuestro país, para lo cual se entregan antecedentes relacionados con la sismicidad de Chile.

Capítulo 3: Antecedentes de los Terremotos de Mayo de 1960: Se entregan antecedentes de tipo general acerca de la zona afectada, así como las cifras de las pérdidas que dejaron los terremotos.

Capítulo 4: Descripción de los daños y estimación de las intensidades del *Terremoto de Concepción del 21 de Mayo de 1960*: Se presenta la información reunida de los daños causados por este terremoto por localidad, información con la cual se hace la estimación de la intensidad macrosísmica para cada lugar; también se entrega el daño sufrido por instalaciones como hospitales, iglesias, puentes, caminos y vía férrea.

Capítulo 5: Isosistas y Curvas de Atenuación de las intensidades del *Terremoto de Concepción del 21 de Mayo de 1960*: En este capítulo se trazan las curvas isosistas y la curva de atenuación de las intensidades macrosísmicas del terremoto del 21 de mayo. Los resultados de este capítulo junto con los del Capítulo 7 permitirán comparar los efectos de los terremotos de mayo de 1960 con otros terremotos chilenos originados por el mismo tipo de fuente sismogénica (terremotos interplaca del tipo “thrust”).

Capítulo 6: Descripción de los daños y estimación de las intensidades del *Terremoto de Valdivia del 22 de Mayo de 1960*: Similar al Capítulo 4, pero relacionado con el Terremoto del día 22 de Mayo.

Capítulo 7: Isosistas y Curvas de Atenuación de las intensidades del *Terremoto de Valdivia del 22 de Mayo de 1960*: Similar al Capítulo 5, pero relacionado con el Terremoto del día 22 de Mayo.

Capítulo 8: Conclusiones: Se desatacan las principales conclusiones obtenidas del análisis de los daños causados por los terremotos de Mayo de 1960 y de las intensidades macrosísmicas estimadas.

CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN SÍSMICA DE LOS TERREMOTOS DE MAYO DE 1960

2.1. SUBDUCCIÓN DE LA PLACA DE NAZCA BAJO LA SUDAMERICANA

2.1.1. Aspectos generales

El proceso de subducción bajo Chile puede ser caracterizado como el de una placa oceánica joven con velocidad de convergencia alta (placa de Nazca) (Fujita y Kanamori, 1981) que subducta en sentido oeste-este bajo una placa continental con velocidad de convergencia baja (placa Sudamericana).

Para facilitar el desarrollo de este Capítulo, la Figura 2.1 esquematiza la distribución superficial de las placas tectónicas existentes en el mundo, la Figura 2.2 muestra la ubicación de Chile dentro del continente Sudamericano, y por último la Figura 2.3 corresponde a un mapa topográfico de Chile, donde se muestran las principales ciudades además las latitudes y longitudes que son útiles de referencia.

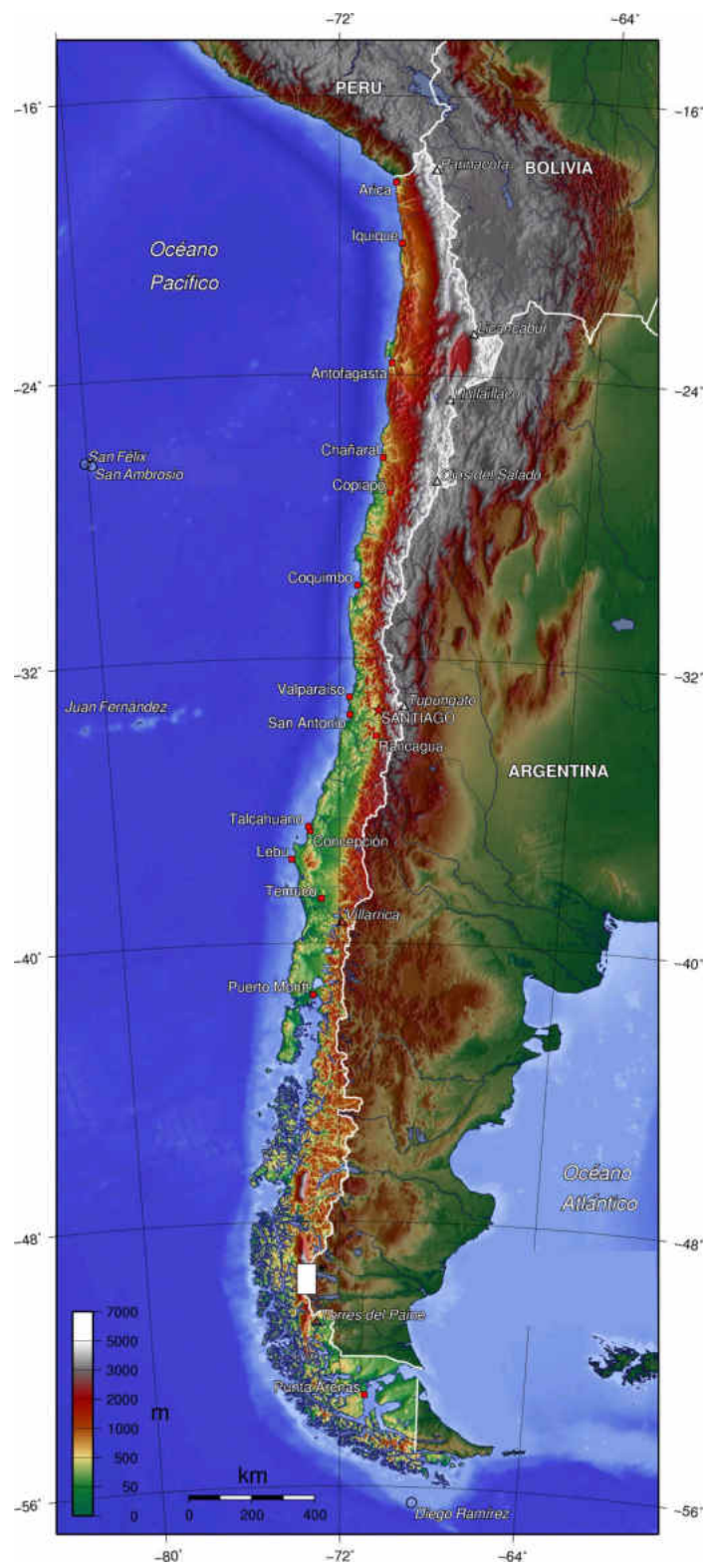


Figura 2.3. Mapa topográfico de Chile, destacando las principales ciudades. (es.wikipedia.org)

2.1.2. Modo de subducción y segmentación de la placa de nazca

La costa del oeste de Sudamérica es una de las zonas de subducción más largas en el mundo, donde la placa de Nazca (oceánica) subducta bajo la placa Sudamericana (continental).

Según Barazangi e Isacks (1976) la zona de subducción de Nazca se divide en cinco segmentos de longitud variable que poseen ángulos de subducción muy diferentes. En Chile las tres zonas principales son:

- (a) Desde los 15° (sur de Perú) hasta los 26° de latitud Sur; en la zona del “Norte Grande” de Chile, la placa de Nazca desciende bajo el continente sudamericano con un ángulo “normal” de unos 25° a 30°.
- (b) Entre los 26° y 33° de latitud Sur, en la zona de los “Valles Transversales”, la placa de Nazca parece pegarse bajo el continente sudamericano y desciende bajo la Cordillera de los Andes y Argentina con un ángulo muy pequeño de sólo unos 10° de inclinación.
- (c) Finalmente, a partir de 33° S hasta los 45° S, en la región del “Valle Central”, la zona de Benioff posee nuevamente un ángulo “normal” de cerca de 30° de inclinación con una sismicidad que no se extiende más allá de 200 km de profundidad.

Esta diferencia en el ángulo de la zona de contacto entre las dos placas se manifiesta de manera perfectamente clara en la topografía y la geología de Chile. La zona del Norte Grande posee grandes volcanes activos, una cordillera de la Costa y una meseta intermedia. En cambio, la zona de los Valles Transversales carece de volcanes y las grandes estructuras geológicas poseen una dirección transversal al eje principal andino. En esta zona existe también una abundante sismicidad del lado argentino de la cordillera de los Andes, especialmente en la vecindad de San Juan y Mendoza. Más al Sur en la región del Valle Central, nuevamente existen volcanes activos y un valle central muy bien desarrollado (Kausel y Lomnitz, 1968).

La Figura 2.4 a la Figura 2.6 entregan una visión de la sismicidad en las tres zonas de Chile descritas anteriormente. En la Figura 2.4 se muestra una sección en la zona Norte de Chile,

centrada en el paralelo 22° Sur y un ancho de 100 km hacia el norte y hacia el sur de este paralelo, en ella se ve claramente que la sismicidad define una zona de Benioff casi perfectamente recta a partir de unos 50 km de profundidad y hasta cerca de 300 km directamente bajo de la cordillera de los Andes. Después la sismicidad cesa completamente y reaparece entre 500 y 600 km de profundidad bajo la Argentina. La presencia de volcanes en esta zona permite pensar que entre la placa de Nazca y la base de la cordillera existe un proceso de fusión parcial que produce la lava que alimenta estos volcanes andesíticos (Madariaga, 1998).

El contraste entre la zona del Norte Grande y la zona de los Valles Transversales se ve claramente comparando la Figura 2.4 y Figura 2.5. En esta última, la zona de Benioff comienza como en el Norte Grande de Chile, pero a partir de unos 60 km de profundidad toma una forma casi horizontal definiendo una ancha banda de sismicidad que se extiende hacia el Este de la cumbre de Los Andes. En esta zona aparentemente no existen las condiciones adecuadas para generar material magmático para alimentar volcanes; por esta razón no existe actualmente ningún volcán activo entre los paralelos 26° y 33° de latitud Sur. Finalmente, a partir de 33° de latitud Sur, la sismicidad de profundidad intermedia disminuye considerablemente. Esta disminución es notable y corresponde a observaciones hechas desde principio de siglo en el Instituto de Geofísica de la Universidad de Chile. Con la excepción del gran terremoto de 1960 y sus réplicas, esta zona presenta una sismicidad que se reduce progresivamente hacia el Sur. En la zona Central de Chile, se ha podido confirmar que la sismicidad define una zona de Benioff de ángulo de subducción normal de unos 30° de inclinación lo que se muestra en la Figura 2.6 (Madariaga, 1998).

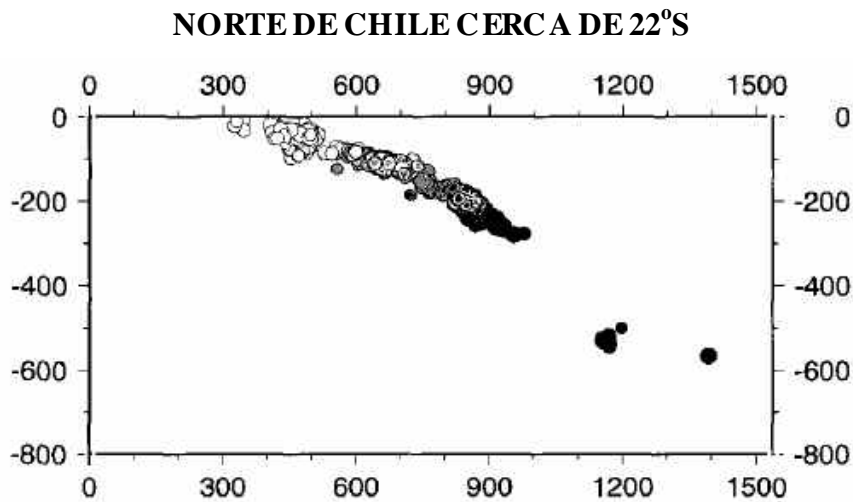


Figura 2.4. Sección vertical de la sismicidad en la zona “Norte Grande” de Chile. El perfil perpendicular a la costa de Chile contiene sismos proyectados en una zona de 100 km de cada lado de un plano vertical cerca de 22° S. (Madariaga, 1998)

Cahill e Isacks (1992) observaron que la transición de subducción normal a subducción subhorizontal en el Norte Chico de Chile es gradual y forma una especie de lengua alargada hacia la Argentina como se puede apreciar en la Figura 2.5. Más al Sur, alrededor de 31° de latitud Sur, el paso de la subducción casi plana a la subducción normal de la zona central-sur de Chile, es mucho más abrupta y coincide sin lugar a dudas con la subducción de la zona de elevación de Juan Fernández.

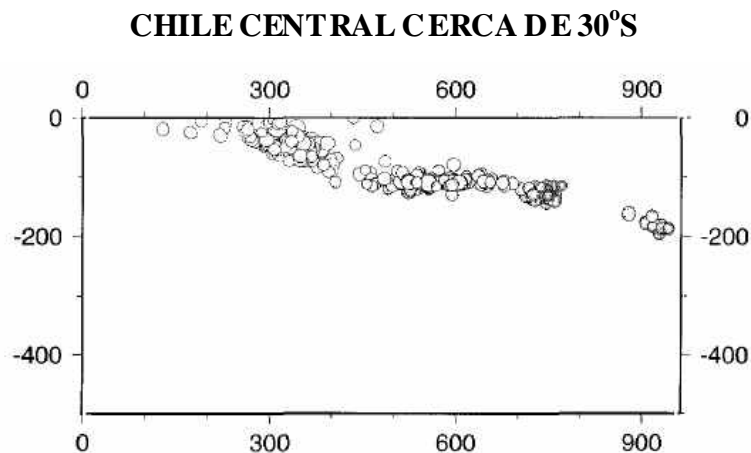


Figura 2.5. Sección vertical de la sismicidad en la Zona Central de Chile. El perfil perpendicular a la costa de Chile contiene sismos proyectados en una zona de 100 km de cada lado de un plano vertical cerca de 30° S. (Madariaga, 1998)

SUR DE CHILE CERCA DE 35°S

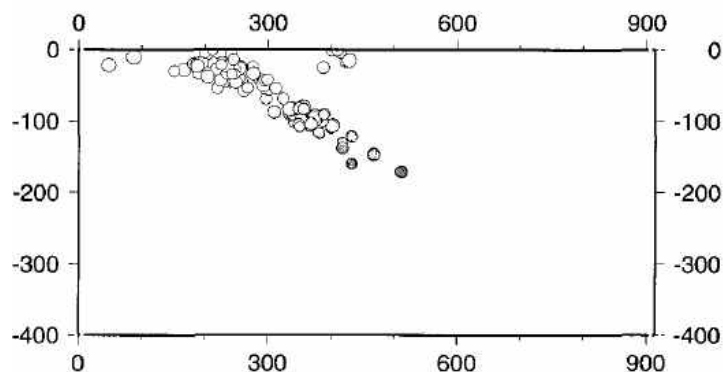


Figura 2.6. Sección vertical de la sismicidad en la zona Central-Sur de Chile. El perfil perpendicular a la costa de Chile contiene sismos proyectados en una zona de 100 km de cada lado de un plano vertical cerca de 35° S. (Madariaga, 1998)

En conclusión, la segmentación es una característica esencial de la sismicidad de la zona de subducción de Chile, pero su origen exacto y su relación con estructuras de la placa oceánica están lejos de ser unánimemente entendidas (Madariaga, 1998).

2.1.3. Aspectos tectónicos

La interacción entre la placa de Nazca y la Sudamericana conforman un ejemplo clásico de un margen convergente de tipo subductivo, en el cual la litósfera continental se sobrepone a la placa oceánica. A pesar de que la subducción ha sido esencialmente un proceso continuo a lo largo de Los Andes, su impacto en la evolución geológica del continente varía con el tiempo y la ubicación. La cinemática de las placas, la subducción de dorsales activas o pasivas, zonas de fracturas, edad de la placa en la fosa, y cambios climáticos son todos factores controlantes de la evolución geológica y segmentación de la placa continental (Cembrano et al., 2007). La Figura 2.7 muestra la tectónica y elementos morfológicos que determinan la evolución geológica del margen de Los Andes. La segmentación tectónica mostrada en esta figura constituye una útil referencia de la evolución geológica de Los Andes.

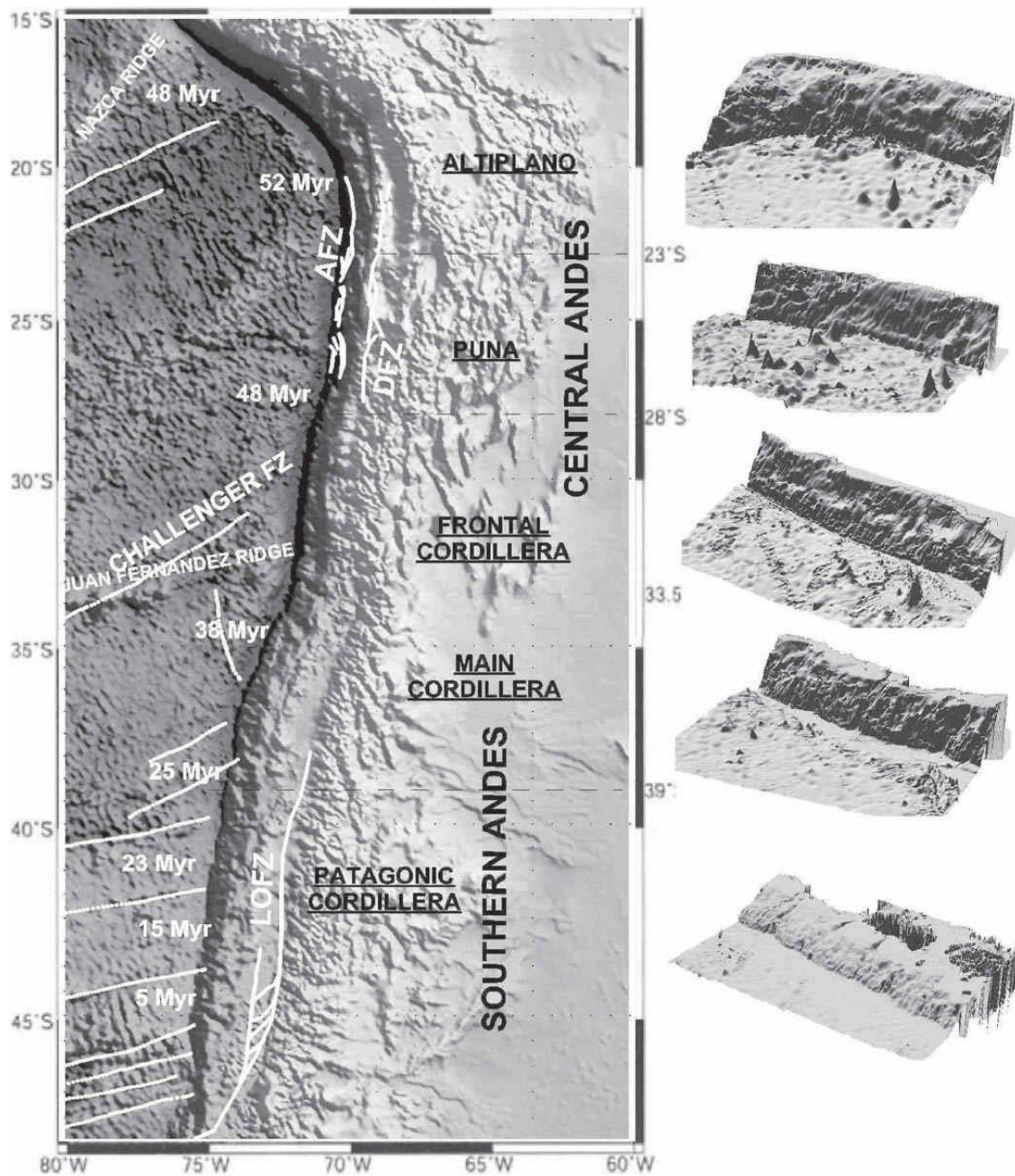


Figura 2.7. Izquierda: Estructura tectónica en la zona Central y Sur de Los Andes. Zonas de fractura (FZ), dorsales (Ridge) y edad del suelo marino (millones de años) se muestran para la Placa subductiva de Nazca. Se indican los principales dominios tectónicos de la Placa Sudamericana (sobrepuesta) como también las zonas de falla de escala regional (AFZ, Zona de Falla de Atacama; DFZ, Zona de Falla de Domeyko ; LOFZ, Zona de Falla de Lique-Ofqui). Derecha: Vistas batimétricas tridimensionales de los cinco segmentos definidos en el esquema de la izquierda. Las líneas de contorno del lado continental representan el plano de Benioff (Cembrano et al., 2007).

Por otro lado, en la Figura 2.8 se muestra la batimetría, distribución de volcanes y edad de la Placa de Nazca.

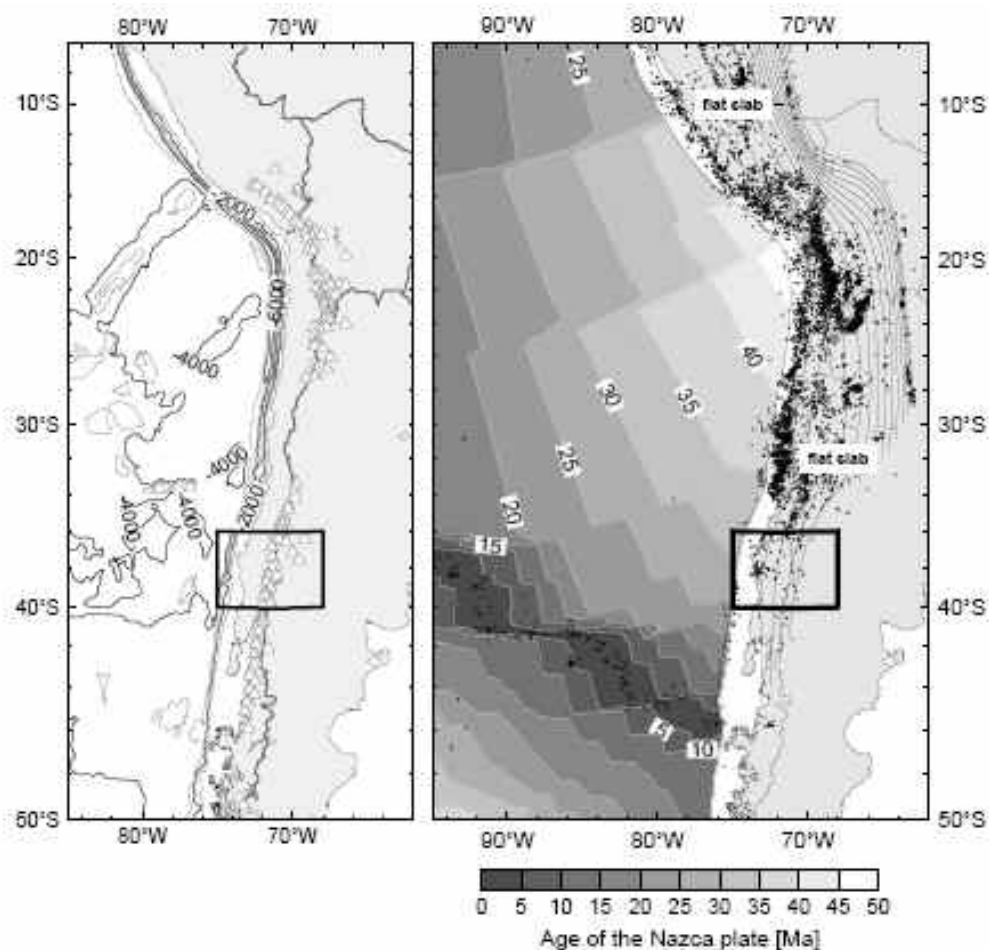


Figura 2.8. Vista de la subducción en los Andes Centrales y Andes del Sur. Izquierda: Batimetría y distribución de volcanes. Derecha: Edad del suelo marino de la Placa de Nazca y sismicidad desde 1973 ($M \geq 4$). (Bohm, 2004)

Entre los rasgos más importantes asociados con la superficie de la placa continental habría que señalar que en la zona sur de Perú y norte de Chile, entre los paralelos 15° y 28° de latitud Sur, se aprecia la existencia de un Altiplano (“plateau”), con una altura media de 4000 m, la presencia de un arco volcánico y la formación de un delgado cordón con fallamiento inverso a lo largo del margen este del “plateau”, conocido como Cordón Oriental de los Andes. El arco volcánico se alinea en el borde occidental del “plateau” (Puna-Altiplánica) la cual está dotada de volcanes jóvenes (Isacks, 1988, Belmonte-Pool, 1997).

En el norte de Chile, el Altiplano y el Cordón Oriental de la Cordillera de los Andes muestran las más altas elevaciones, con alturas superiores a 4.000 m y algunas montañas sobrepasando los 6.000 m. En contraste, la zona más al sur de Los Andes chilenos tiene una elevación en promedio de 1.500 m y localmente alcanza los 4.000 m. Estas grandes diferencias en topografías son consistentes con un espesor de la corteza, 70 km bajo el Altiplano y sólo 30 km en la zona más al sur de Los Andes (Cembrano et al., 2007).

La zona central, entre el paralelo 28 ° y el paralelo 33° de latitud Sur, caracterizada por la ausencia de volcanismo, parece haber estado sometida a un modo de subducción diferente al de la zona norte durante el final del Mioceno. Aparentemente un arco volcánico se habría extinguido en ese tiempo (12 – 6 m.a.) (Kay et al., 1987), coincidiendo tal desaparición con la del cinturón volcánico en la parte central de Perú, hoy sin volcanismo (Belmonte-Pool, 1997).

La asociación espacial y temporal de volcanes y “plateaus” con zonas de subducción de gran ángulo sugiere que la variación de la inclinación afecta tanto la génesis de magma como la transferencia de calor hacia la superficie de la placa superior. La presencia de una cuña astenosférica, alineada a 75 km de profundidad bajo el alineamiento volcánico cuando éste existe, gobernaría los procesos de generación de magma, y debilitamiento mecánico de la placa superior (Belmonte-Pool, 1997).

Todas estas relaciones explicarían como la inclinación de la placa afecta el estilo y extensión de la deformación en la placa superior. Pero, ¿por qué la geometría de la placa cambia desde horizontal a inclinada, y por qué las transiciones ocurren donde ocurren?; Cahill e Isacks (1992) descartan, como posibles respuestas, *la existencia de las dorsales* de Nazca, Perdida y Juan Fernández, que intersectan a la fosa en los paralelos 15°S, 21.1°S, y 33.4°S respectivamente, y *la edad de la placa oceánica*.

Bevis e Isacks (1984) sugirieron que la horizontabilidad de la placa que subducta bajo el sur de Perú, es una acomodación geométrica a la forma del borde de la placa Sudamericana en la región. Este margen varía desde convexo hacia el mar (8° – 15°S) a cóncavo hacia el mar (15° – 24°S), repitiéndose dicha característica con menor curvatura hacia el sur, convexo hacia el mar (24° – 32°S) a cóncavo hacia el mar (32° – 36°S) (Belmonte-Pool, 1997).

2.1.4. Profundidad del contacto sismogénico.

Considerando que el cambio desde una zona acoplada a una desacoplada debiera estar relacionado con la transición desde “grandes” terremotos (zona acoplada) a “pequeños” terremotos (zona desacoplada), Tichelaar y Ruff (1991) concluyeron al estudiar sismos con magnitud mayor a 6.0 que existe un gran cambio en la máxima profundidad del acoplamiento alrededor de los 28°S. Al sur y al norte de esta latitud, la zona sísmicamente acoplada se extiende a profundidades que varían entre 48-53 km y 36-41 km, respectivamente. También observaron que tanto la velocidad de convergencia como la edad de la placa no controlan (al menos por sí sola) la profundidad máxima de acoplamiento sísmico (Belmonte-Pool, 1997).

Por otra parte, Suárez y Comte (1993) indicaron que la máxima profundidad del acoplamiento sismogénico a lo largo de la zona de subducción de Chile se extiende consistentemente hasta los 50 km sin presentar variaciones apreciables a lo largo del rumbo de la fosa.

Así entonces, la profundidad del acoplamiento sísmico, al menos a lo largo de Chile, no presentaría aparentemente relación con la edad y velocidad relativa de la placa, con la geometría del contacto sismogénico, con la presencia o ausencia de volcanes en la placa superior, o con el espesor de los sedimentos en la fosa (Suárez y Comte, 1993).

2.2. ANTECEDENTES GENERALES DE LA SISMICIDAD EN CHILE

Chile es sin lugar a dudas uno de los países más sísmicos de nuestro planeta, lo que significa que en promedio un terremoto de 8 grados magnitud se produce cada diez años en alguna parte del territorio. La Figura 2.9 muestra una visión esquemática de esta realidad mostrando los terremotos más grandes que se han producido a lo largo de la costa de Chile entre 1868 y 1995, es decir en 127 años. Como se ve en esta figura prácticamente todo segmento de la costa chilena desde Arica (18°S) hasta la península de Taitao en Aisén (47°s) ha sufrido un evento de gran magnitud en ese período.

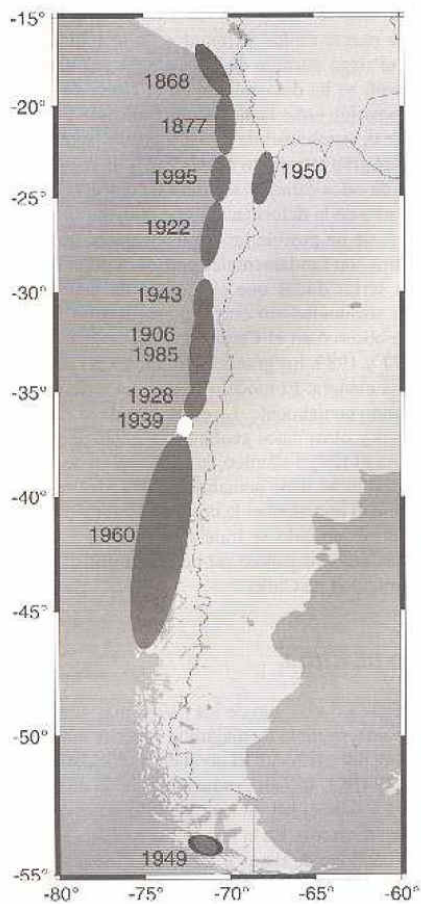
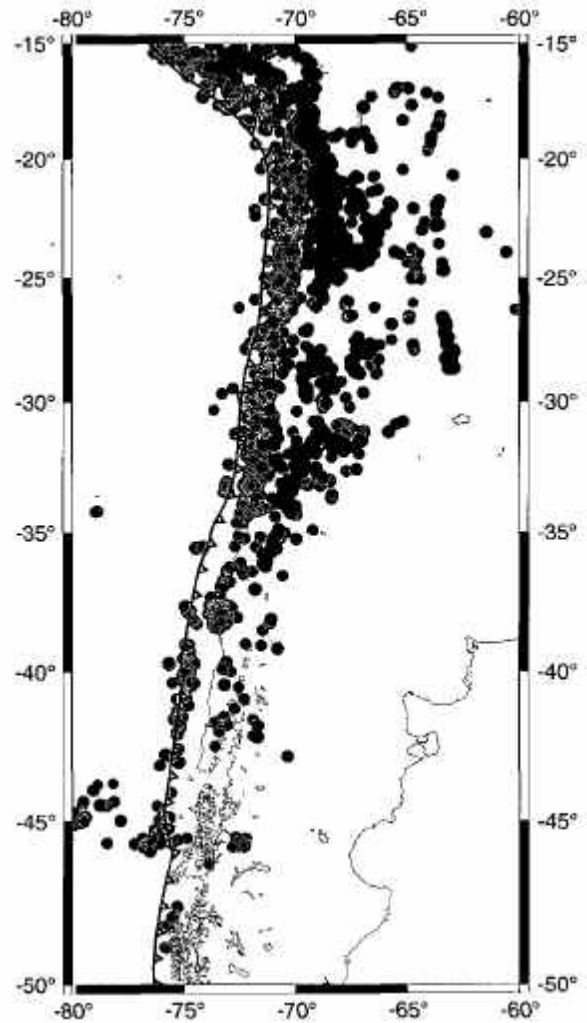


Figura 2.9. Áreas de rupturas de los mayores terremotos chilenos ocurridos entre los años 1868 y 1995. Cada zona elipsoidal define de manera aproximada el área de ruptura estimado para cada uno de estos eventos. (Madariaga, 1998)

La sismicidad de Chile no está repartida uniformemente a lo largo del territorio como se aprecia en la Figura 2.10. Esto se debe en parte a la relativa calma sísmica que se ha producido en el Sur de Chile, a partir del paralelo 35°S , desde que en esa zona se terminaron las últimas réplicas de los terremotos de mayo de 1960.

Otra zona de sismicidad reducida, claramente visible en la Figura 2.10, es la ubicada alrededor del paralelo 35° de latitud Sur. Esta región corresponde al extremo sur de la zona de ruptura del terremoto del 3 de marzo de 1985 y ha sido identificada como la laguna sísmica de Constitución-Concepción por Ponce y Kausel (1994). En esta zona, ningún gran terremoto se ha producido desde el terremoto de Concepción de 1835 (Madariaga, 1998).

Figura 2.10. Sismicidad en Chile para el período 1962-1995. (Madariaga, 1998).



Curiosamente se observa de la Figura 2.10 que la región comprendida entre los paralelos 18° y 23° latitud Sur, llamada laguna sísmica del Norte de Chile, es una de las regiones más activas de Chile con una sismicidad que se extiende de manera continua desde la fosa y a todo lo largo de la zona de Benioff.

2.3. FUENTES SISMOGÉNICAS A LO LARGO DE CHILE

Dado el movimiento relativo entre las placas de Nazca y Sudamericana, se producen deformaciones y acumulaciones de tensiones a lo largo del plano de contacto o plano de Benioff, las que al liberarse producen los llamados sismos del tipo **interplaca (Tipo B)**. Además, debido al movimiento convergente de las placas y al peso de la placa que subducta, se producen estados

tensionales en el interior de ella, que al momento de liberarse producen en el interior de la placa los sismos **intraplaca oceánica de profundidad intermedia (Tipo C)**. Además al interior de la placa Sudamericana se producen sismos a una profundidad menor de 30 km, los que se conocen como sismos **corticales (Tipo D)**.

En la Figura 2.11 se ilustran los distintos tipos de sismos destacados anteriormente. Entre ellos, los eventos tipo B, C y D son los que controlan el diseño sísmico de las construcciones e instalaciones que se construyen en Chile.

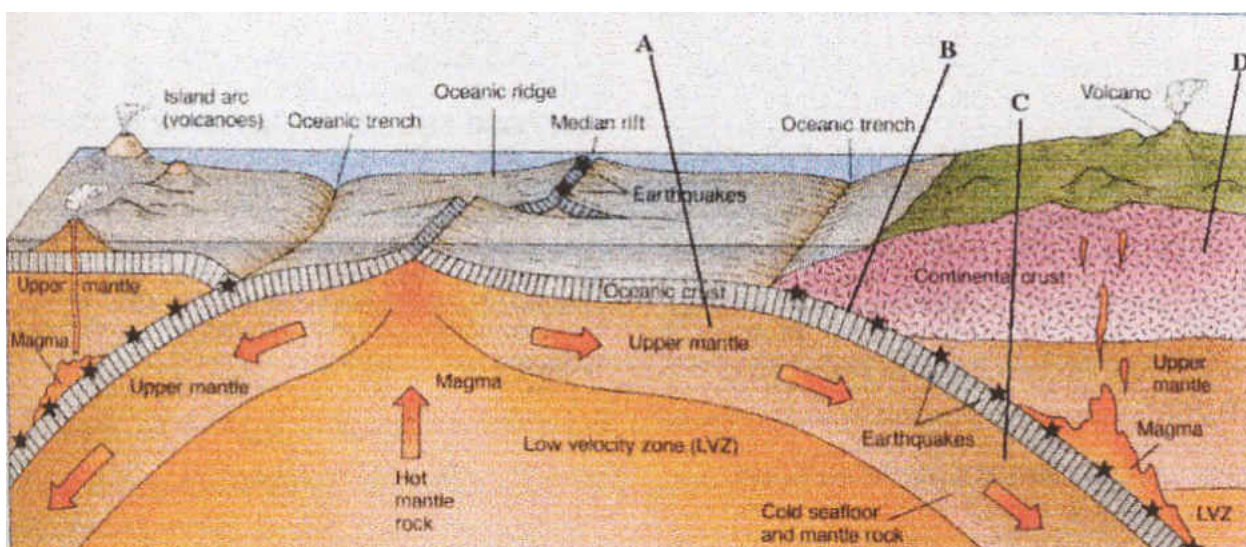


Figura 2.11. Esquema con los distintos tipos de fuentes sísmogénicas que ocurren en Chile. Se muestra el tipo de evento que se esperaría encontrar en las zonas que se señalan en la figura. A = Intraplaca (ante-arco); B = Interplaca; C = Intraplaca; D = Intraplaca (tras-arco) o corticales. (Belmonte – Pool, 1997)

2.3.1. Eventos de tipo interplaca

Los eventos de subducción de tipo interplaca son los que se generan en la zona de contacto sísmogénico entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana. Ellos tienen epicentros costeros y se caracterizan por presentar grandes magnitudes (Silva, 2003). Algunos eventos de este tipo interplaca ocurridos en los últimos 50 años son:

- Valdivia, 1960: Este terremoto fue el más grande y destructor de Chile, con una magnitud estimada $M_W = 9.5$, ocurrió el 22 de mayo de 1960.
- Papudo, 1971: Este sismo ocurrió el 8 de julio de 1971 y tuvo una magnitud $M_S = 7.9$ (ISC).
- Valparaíso, 1985: Este terremoto tuvo una magnitud $M_S = 7.8$ (ISC), ocurrió el 3 de marzo de 1985 y afectó principalmente a la región Metropolitana y a las V y VI regiones.
- Antofagasta, 1995: Este sismo con una magnitud $M_S = 7.7$, ocurrió el 31 de julio de 1995 (Ruiz, 2002).
- Tocopilla, 2007: Este sismo tuvo una magnitud $M_S = 7.4$ y ocurrió el 14 de Noviembre de 2007 (NEIC).

2.3.2. Eventos de tipo intraplaca

Estos eventos se producen en el interior de la placa que subducta (placa de Nazca), por efecto de flexiones, desacoplamiento, peso de la placa oceánica y cambios de fase de minerales (Belmonte-Pool, 1997), esto genera anomalías de esfuerzo en el interior de la placa, las cuales inducen localmente estados tensionales o compresionales. Estos eventos tienen hipocentros en el continente con profundidad de foco entre intermedio y profundo (Leyton, 2001).

Entre los eventos intraplaca más destacados que han ocurrido los últimos 100 años, se pueden mencionar:

- Chillán, 1939: Este terremoto tuvo una magnitud $M_S = 7.8$, sucedió el 24 de enero de 1939, y ha sido el sismo que ha producido mayor cantidad de víctimas fatales en Chile.
- Calama, 1950: El 9 de diciembre de 1950 ocurrió este sismo de magnitud $M_S = 8.0$ (Kausel y Campos, 1992).
- La Ligua, 1965: Este terremoto ocurrió el 28 de marzo de 1965 con una magnitud $M_S = 7.2$ (ISC).
- Punitaqui, 1997: Este terremoto ocurrió el día 14 de octubre de 1997, con una magnitud $M_W = 7.1$ (Ruiz, 2002).

- Tarapacá, 2005: Este terremoto ocurrió el día 13 de junio de 2005, con una magnitud $M_S = 7.2$ (ISC) y $M_W = 7.7$ (NEIC).

2.3.3. Eventos de tipo cortical

Los sismos corticales son los sismos que se originan en el interior de la placa, a profundidades no mayores a los 30 km y por lo general presentan mecanismos de falla de rumbo. Aunque pueden tener algunos mecanismos de tipo compresivo y también pueden estar asociados a volcanes.

Los sismos corticales no alcanzan las magnitudes de los sismos de subducción. Por lo regular son de magnitudes pequeñas e intermedias. Sin embargo, algunos sismos corticales pueden llegar a causar severos daños a las poblaciones cercanas al epicentro debido a su poca profundidad (<http://tlacaelel.igeofcu.unam.mx>).

Entre los eventos de tipo cortical ocurridos en Chile durante los últimos cien años, se destacan los siguientes:

- Las Melosas, 1958: Este terremoto ocurrió el día 4 de septiembre de 1958 y tuvo una magnitud $M_S = 6.6$ (ISC).
- Chusmiza, 2001: Ocurrido el 24 de julio de 2001, su magnitud fue de $M_S = 6.2$ (ISC).
- Aisén, 2007: Este sismo ocurrió el 21 de abril de 2007, tuvo una magnitud $M_S = 6.3$ y $M_W = 6.2$ (NEIC).

2.3.4. Diferencias entre los eventos interplaca e intraplaca oceánica.

Los eventos interplaca e intraplaca oceánica de profundidad intermedia se diferencian en su intervalo de recurrencia, siendo mayor en un evento intraplaca, y en la caída de tensión, la que es más alta en un evento intraplaca (Silva, 2003). Estos dos tipos de sismos se diferencian también en la profundidad del foco; los sismos intraplaca oceánica de profundidad intermedia son más profundos (60 a 100 km) debido a que ocurren bajo el contacto entre las placas y al interior de la

placa que subducta. Otra diferencia importante es la relacionada con la ubicación de los epicentros, ya que los eventos interplaca suelen tener epicentros marítimos, mientras que los del tipo intraplaca de profundidad intermedia presentan epicentros continentales.

De los resultados de estudios relacionados con aspectos sismológicos, se ha observado que a igual momento sísmico, la frecuencia de esquina y la energía sísmica liberada en los eventos intraplaca de profundidad intermedia es mayor que en los eventos interplaca.

En cuanto a la razón entre la energía sísmica y el momento sísmico, este valor difiere en aproximadamente un orden de magnitud para ambos tipos de sismos siendo mayor en un evento intraplaca oceánica. Esto quiere decir que para igual momento sísmico, el largo de ruptura es mayor en un evento interplaca (Scholz et al., 1986, Silva, 2003).

Otro aspecto importante que se ha estudiado es el de la atenuación de sus efectos; Kausel (1991) destaca que los terremotos del tipo intraplaca a distancias y magnitudes comparables son más destructivos en las proximidades del epicentro.

Finalmente, en relación con la eventual ocurrencia de tsunamis, cabe destacar que éstos son producidos por cambios bruscos en la componente vertical del fondo marino provocados por un terremoto de gran magnitud con epicentro costero o próximo a la costa. Por lo general, este tipo de fenómenos ocurren cuando el terremoto es interplaca ya que provoca un cambio en el fondo marino, tal como ocurrió luego del gran terremoto del día 22 de mayo de 1960.

En la Tabla 2.1 se entrega un resumen con las principales diferencias entre estos dos tipos de eventos (Norambuena, 2006).

Tabla 2.1. Principales diferencias entre los eventos de tipo interplaca e intraplaca oceánica de profundidad intermedia. (Norambuena, 2006).

CARACTERÍSTICA	INTERPLACA	INTRAPLACA
Tipo de Mecanismo	Subducción tipo compresional (thrust).	Subducción de profundidad intermedia (compresional o tensional).
Profundidad de foco	Superficial, en el contacto de las placas.	Intermedia, bajo el contacto de las placas, en el interior de la placa que subducta.
Ubicación del epicentro	Marítimo.	Continental.
Réplicas	Muchas réplicas.	Pocas réplicas.
Caída de Tensión	Baja caída de tensión.	Alta caída de tensión.
Tsunami	Presencia de Tsunami para eventos de gran magnitud ($M_w > 7.5$).	Ausencia de Tsunami.
Contenido de frecuencias	Menor contenido de alta frecuencia. Menor cantidad de cruces por cero.	Mayor contenido de alta frecuencia. Mayor cantidad de cruces por cero.
Aceleraciones	Menores aceleraciones, las cuales no decaen significativamente con la distancia.	Mayores aceleraciones, las cuales decaen significativamente con la distancia
Intensidades	Menores intensidades y atenuación menor (daños menores que se extienden en áreas mayores).	Altas intensidades en la zona epicentral y rápida atenuación.
Orden de magnitud	Eventos grandes pueden presentar $M_w > 8$.	Grandes eventos pueden presentar $7 < M_w < 8$.

Las diferencias señaladas en la Tabla 2.1, demuestran la importancia de considerar las características propias de cada tipo de evento en el diseño estructural, de manera de controlar el riesgo sísmico y así los terremotos de mayo de 1960 no pueden faltar.

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBDUCCIÓN EN LA ZONA DE LOS TERREMOTOS DE MAYO DE 1960

La zona centro-sur de Chile, donde se produjo el terremoto más grande registrado en la historia, más precisamente en la región de Valdivia, es parte de un sistema de subducción activo. La región presenta como característica esencial, el cambio brusco de la edad de la placa oceánica desde 32 m.a. al norte de la fractura de Mocha (39°S) a 20 m.a. al sur de ésta, y posteriormente, la disminución paulatina de la edad hasta encontrarse con la intersección entre la dorsal de Chile y la fosa oceánica en el paralelo 46.5° de latitud Sur aproximadamente (Belmonte – Pool, 1997).

De la distribución en profundidad de eventos de la Figura 2.12 (Belmonte – Pool, 1997), es posible apreciar una placa con una zona de W-B limitada por el este por el arco volcánico y en profundidad por 150 km aproximadamente. Por otra parte, el conjunto de eventos “thrust” (al norte y al sur de la zona de análisis) define un plano de ruptura con una inclinación del orden de $14^{\circ} \pm 6^{\circ}$ con una profundidad máxima del orden de 41 km para la zona ubicada al norte del segmento en análisis. Según Belmonte-Pool, esta profundidad marcaría tanto la profundidad máxima del contacto sismogénico como también la profundidad de inicio del desacoplamiento. El conjunto de eventos bajo el arco volcánico, sugieren una inclinación para la placa de dicha zona del orden de 35° .

De la Figura 2.12 se puede observar la coincidencia entre el término de la zona acoplada con el inicio del arco volcánico, a 200 km desde la fosa.

Finalmente, Belmonte-Pool destaca que la zona sismogénica se encuentra acotada respecto a la fosa entre los 50 km y 210 km para las profundidades de 10 y 40 km respectivamente. Estos valores coinciden con lo observado al sur de los 33°S en el segmento asociado al terremoto de 1906, sugiriendo una posible continuidad entre éste y el segmento asociado a los terremotos de mayo de 1960.

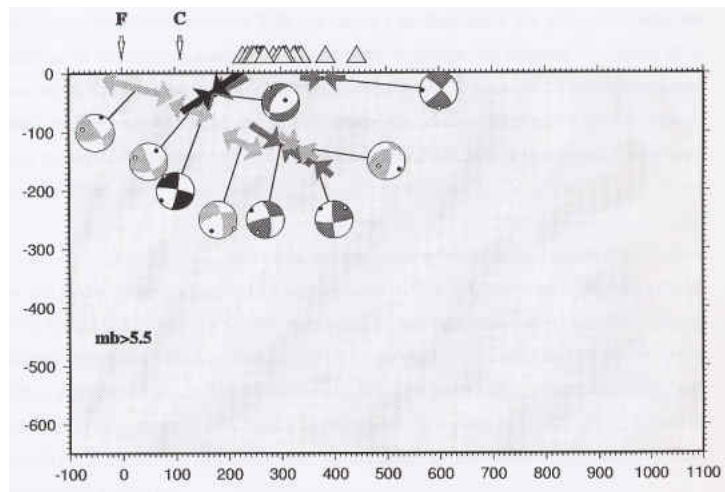


Figura 2.12. Proyección en perfil de los eventos “thrust” (negro), compresionales (gris oscuro), y tensionales (gris claro) de la zona asociada al terremoto de 1960, para los eventos con magnitud $mb > 5.5$. Las flechas que convergen indican la inclinación del eje de compresión (P), y las que divergen, la inclinación del eje tensional (T). La letra F indica la fosa oceánica en los 42°S , y la letra C la línea de Costa. (Belmonte – Pool, 1997).

2.4.1. Sismicidad de importancia en la zona

Según Cifuentes (1989), el segmento del contacto entre las placas Sudamericana y de Nazca que sufrió su ruptura durante los terremotos de 1960 ha sido objeto de grandes terremotos históricos. Estos eventos han sido identificados como los *terremotos de Concepción o Valdivia* según cuál de las dos ciudades haya resultado más severamente dañada en cada caso. Aparentemente estos eventos han ocurrido de a pares, es decir, el tiempo transcurrido entre eventos de una y otra ciudad es mucho más corto que el tiempo de repetición de estos eventos, el cual es del orden de 150 años.

Antes de los terremotos de 1960, la secuencia de grandes terremotos en la región ocurrió en 1835 y 1837. Las alturas del Tsunami registradas en Japón (Takahashi y Hatori, 1961), así como las medidas de levantamiento de terreno (Darwin, 1851), indican que ambos eventos fueron grandes terremotos, pero significativamente menores que el gran terremoto de Chile de 1960.

Ningún otro terremoto tan grande como el terremoto del 22 de mayo de 1960 ha sido encontrado en los registros japoneses de tsunamis originados de terremotos en Sudamérica, los cuales comenzaron a registrarse cerca del año 1500 (Takahashi y Hatori, 1961). No es sorprendente que en los registros históricos no se tenga algún otro evento del tamaño del terremoto de 1960 en esta región, ya que a las tasas de convergencia actuales entre las placas, tomaría aproximadamente entre 240 a 360 años para acumular los 20 a 30 m de deslizamiento en promedio que se estimó que ocurrió durante el terremoto principal de 1960 (Cifuentes, 1989). Cisternas et al. (2005) respaldan esta teoría mediante la inspección geológica de los suelos, señalando que el terremoto de 1960 finalizó un intervalo de 385 años que incluyó los terremotos de 1737 y 1837 (más pequeños), por lo que el período de repetición de este fenómeno sería del orden de esta cantidad de años. El gran terremoto anterior fue el ocurrido en 1575, con efectos similares a aquellos descritos para 1960.

En resumen, el proceso de subducción en esta región ha presentado dos modelos de comportamiento: muy grandes terremotos que producen la ruptura en el contacto entre las placas con un período de repetición del orden de 385 años y pares de grandes terremotos con largos de ruptura menores y períodos de repetición del orden de 150 años.

La secuencia de precursores del terremoto de 1960, la mayoría de las grandes réplicas ($M_s \geq 7.0$) y gran parte de los terremotos en el área de ruptura después de 1963, ocurrieron en la región de la Península de Arauco. La concentración de actividad sísmica y la frecuente ocurrencia de terremotos de magnitud 7.5 y mayores, indican que ésta es un área de concentración de tensiones (Nishenko, 1985).

Del estudio de los patrones de sismicidad a lo largo del margen occidental de la placa Sudamericana, Barazangi & Isacks (1976) determinaron que entre los paralelos 38°S y 45°S , la sismicidad está en gran parte confinada a profundidades menores de 70 km (Barrientos & Ward, 1990).

2.4.2. Ubicación de la mezodorsal con respecto a la costa.

En la Figura 2.13 se muestra un esquema con las Placas tectónicas que interactúan en Chile. Tal como se puede apreciar en esta figura, la Placa de Nazca limita al oeste con la Placa del Pacífico y al sur con la Placa Antártica.



Figura 2.13. Placas tectónicas que interactúan con el territorio chileno y Placas adyacentes a ellas. (Ruiz y Saragoni, 2004)

En la Figura 2.13 se observa además que aproximadamente desde la latitud 35° S hacia el sur, la mezodorsal originada por el límite común entre la Placa del Pacífico y la Placa de Nazca comienza a acercarse directamente hacia la costa de Chile hasta la latitud 46° S, donde termina por encontrarse con la Placa Sudamericana, en el denominado punto triplaca (cerca de las

localidades de Aisén y Coihaique). En otras palabras, entre la latitud 35° S y 46° S, la distancia medida entre las localidades chilenas hasta la mencionada mezodorsal disminuye considerablemente. Este fenómeno es importante de tener en cuenta, ya que puede haber influido en las intensidades macrosísmicas estimadas en los Capítulos 4 y 6 para los terremotos del 21 y 22 de mayo de 1960 respectivamente, ya que las localidades que sufrieron en mayor forma los efectos de estos terremotos se encuentran entre las latitudes mencionadas.

2.5. CARACTERISTICAS DE LOS TERREMOTOS DE MAYO DE 1960

El terremoto de Valdivia del 22 de mayo de 1960, con una magnitud de onda de $M_s = 8.5$ y una magnitud momento de $M_w = 9.5$ (Cifuentes, 1989, Barrientos, 2005) es el sismo más grande registrado instrumentalmente en el mundo (Kanamori 1977). El terremoto, sus fuertes precusores y réplicas, además del posterior maremoto que lo siguió, afectaron a una región habitada por dos millones y medio de personas, y provocaron la muerte de más de 2.000 personas y daños valuados entre 500 y 700 millones de dólares (Plafker y Savage, 1970). Prácticamente todas las ciudades importantes de la zona centro-sur de Chile, entre Concepción y Puerto Montt, sufrieron severos daños por los movimientos, sobrepasando la intensidad VIII en áreas de suelos pobres o sin consolidar (Barrientos, 2005).

En grandes extensiones se presentaron licuaciones de suelos y fallas en la superficie del suelo. También se produjeron grandes deslizamientos, siendo el de mayor impacto el que bloqueó el desagüe del Lago Riñihue, alcanzando el agua la cota 26.5 m, y poniendo en situación de peligro a la ciudad de Valdivia, 65 km al oeste (Barrientos y Ward, 1990). Registros históricos anteriores de Valdivia describen un terremoto de magnitud inusual el 16 de diciembre de 1575 (Davis y Karzulovic, 1961). En aquella ocasión, el lago Riñihue también fue bloqueado por un enorme deslizamiento, no permitiendo el desagüe normal de las aguas, y provocando finalmente una inundación catastrófica que destruyó gran parte de Valdivia. Estos sucesos de 1575 parecen haberse duplicado casi 400 años después, pero afortunadamente en 1960 el desagüe del lago no fue tan desastroso gracias a las labores de los ingenieros.

Las erupciones del volcán Puyehue comenzaron dos días después del terremoto principal y fueron incrementando su violencia durante siete días.

El tsunami inducido por el terremoto se propagó por el Océano Pacífico causando cientos de muertos en lugares tan lejanos como Japón. En las costas de Chile, las olas alcanzaron alturas de hasta 25 m en la isla Mocha (NOAA), causando estragos en las instalaciones costeras y arrasando con diversos pueblos. En la bahía de Corral, ubicada al oeste de Valdivia, un remolcador y tres barcos de carga fueron arrastrados por kilómetros repetidamente, mar adentro y hacia el puerto. Dos de los cargueros perdieron parte de su fondo y finalmente se hundieron, uno en el Río Valdivia, 5 km aguas arriba de su posición original. El remolcador fue arrastrado hacia una turbulenta fosa de 8 metros de profundidad durante la retirada de una de las grandes olas, por lo que se volcó dos veces desapareciendo completamente.

En la provincia de Valdivia, más de 15.000 hectáreas de tierra cultivable y dedicada a la agricultura quedaron sumergidas (Barrientos y Ward, 1990).

El número de víctimas fatales no fue mayor gracias a los días y las horas en que se produjeron los movimientos más fuertes del 21 y 22 de mayo de 1960, correspondiendo a un fin de semana y a un día 21 de mayo feriado. La gran cantidad de movimientos y terremotos precursoros, mantenían alertada a la población, lo que también influyó en la relativa baja cantidad de muertos en la zona afectada de aproximadamente de 1.000 kilómetros de extensión.

Según la ISC, se produjeron más de 500 réplicas durante los ocho años siguientes al evento principal. La mayor parte de esta sismicidad se centró en el extremo norte de la ruptura cerca de Concepción, mientras que hacia el sur, la mayoría de la sismicidad se restringió en una franja de 300 km de ancho, teniendo como límite oeste la fosa Perú-Chile y como límite sur la península de Taitao. La mayoría de las réplicas con magnitudes superior a 6.0 se localizaron bajo el océano al este de la fosa.

2.5.1. Mecanismo y parámetros focales principales de los terremotos de mayo de 1960

Los principales eventos que formaron parte de la serie de sismos que ocurrieron el 21 y 22 de mayo de 1960 fueron interplaca del tipo “Thrust” y el área de ruptura asociado a estos eventos fue de 900÷1000 km, con un ancho de 60÷200 km y un desplazamiento promedio de la falla de 20÷24 m.

La ruptura de la zona más austral de la placa de Nazca, comenzó con un terremoto el día 21 de mayo de 1960, “*Evento-1*” en la Figura 2.14. El largo de ruptura de este evento es de 150 km (Cifuentes, 1989) y su magnitud fue de $M_w = 8.1$ (Belmonte-Pool, 1997, Cifuentes, 1989).

La secuencia de terremotos entre el “*Evento-1*” y el gran terremoto o evento principal (*Evento-A*), estuvo compuesta de 9 eventos (ver Figura 2.14), de los cuales tres tuvieron una magnitud mayor que 7.0 (Belmonte Pool, 1997). Estos eventos precursoros ocurrieron dentro del área de ruptura del *Evento-1* (Cifuentes, 1989) y se detallan en la Tabla B.1 del Anexo B, donde se muestra la lista completa de movimientos con magnitud $M_s > 5$ que ocurrieron en la zona centro – sur de Chile, entre el 21 de mayo y el 31 de diciembre de 1960.

El inicio del “*Evento-1*” y la secuencia de movimientos siguientes, definieron una migración de la actividad sísmica a una velocidad estimada de 1 m/s hacia la zona donde se originó el gran terremoto de Chile de 1960. Este terremoto principal (“*Evento A*”), el cual ocurrió 33 horas después del “*Evento-1*”, presentó un largo de ruptura de 920 ± 100 km, determinado con la distribución de las réplicas y de las deformaciones en la corteza terrestre (Cifuentes, 1989).

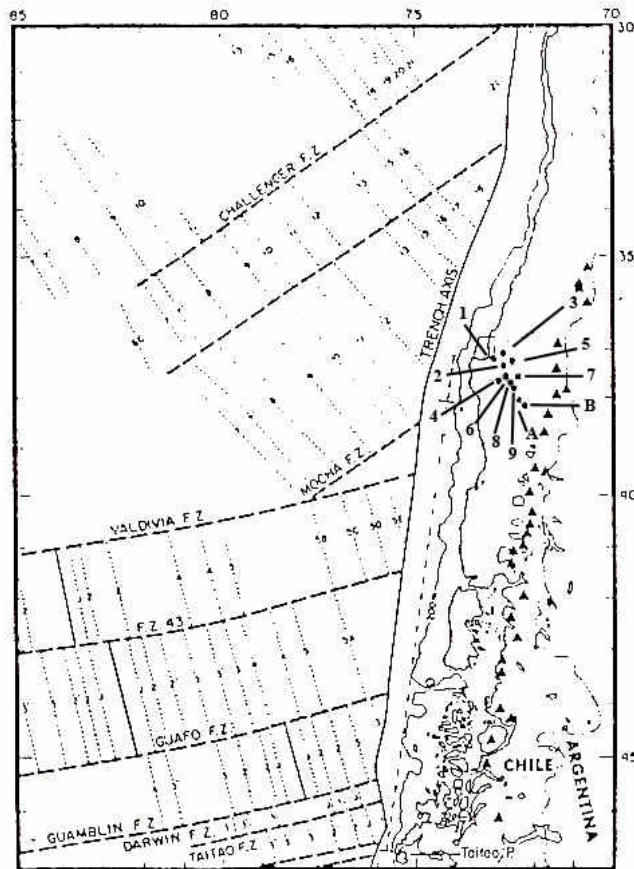


Figura 2.14. Secuencia de eventos (1 a 9) precursoros del gran terremoto de 1960. (Cifuentes, 1989).

La ciudad de Concepción se ubica al norte del “*Evento-1*”, mientras que la ciudad de Valdivia se encuentra a 300 km al sur, dentro del área de ruptura del terremoto principal (Cifuentes, 1989).

Plafker y Savage (1970) reportaron cambios de niveles en la costa producidos por los terremotos de 1960, desde la Península de Arauco hasta la Península de Taitao, en una extensión de 1000 km a lo largo de la costa sur de Chile. Estas medidas, llevadas a cabo en 1968, están basadas en las modificaciones de las marcas entre mareas indicadas por las algas marinas (marea más alta y más baja), evidencias de distintos crustáceos y árboles muertos, que revelaron un levantamiento de 6 metros en Isla Guambelin y un hundimiento de 2 metros en la ciudad de Valdivia.

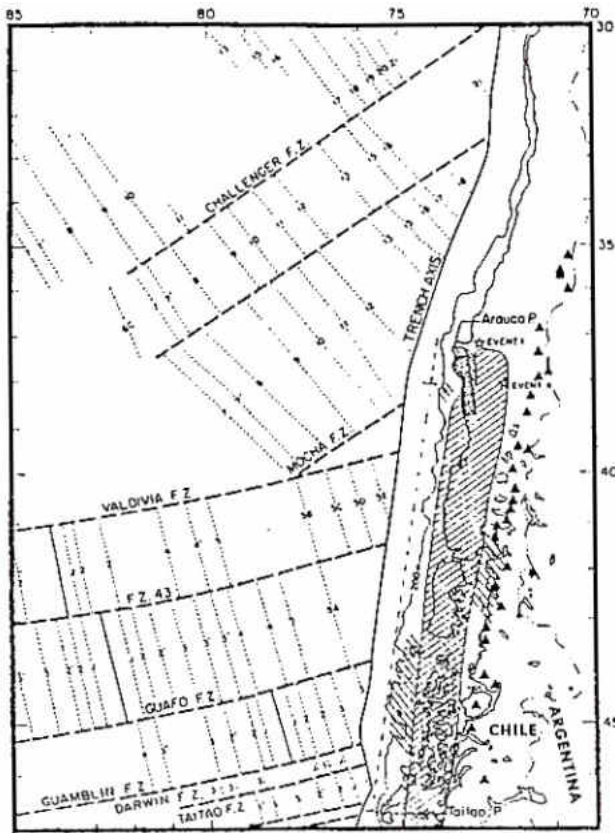


Figura 2.15. Distribución de la zona afectada por hundimiento y levantamiento (Plafker y Savage, 1970). Las líneas en dirección NO-SE indican áreas de levantamiento, y en dirección EN-SO indican áreas de hundimiento. La línea discontinua (paralela a la fosa oceánica) indica el largo de ruptura tanto del “Evento-1” como del evento principal de 1960 (“Evento-A”) basada sobre la extensión del levantamiento vertical y el área de réplicas. (Cifuentes, 1989)

Según Plafker y Savage (1970), los cambios en las elevaciones del terreno medidas entre las latitudes 37.40° S y 38.74° S fueron asociados al primer evento (“Evento-1”). En esa misma región, el terremoto principal no produjo cambios en las elevaciones. Un largo de ruptura de aproximadamente 150 km, que cubre la zona donde ocurrieron los cambios en las elevaciones, es consistente con el momento estimado de 2.0×10^{21} N m. El momento y el largo de ruptura del “Evento-1” son a su vez, comparables con aquellos del terremoto de Chile Central de 1985 ($M_0 = 1.0 \times 10^{21}$ N m; largo de ruptura de 170 km) (Cifuentes, 1989).

Repetidas medidas de triangulación como también de nivelación fueron usadas en las estimaciones de los principales parámetros focales del terremoto: una dislocación cercana a 1000 km de largo con un desplazamiento de falla de 20 a 40 metros. Posteriormente, Plafker (1972), reanalizó la deformación estática y dedujo que la falla presentaba un ancho de 120 km y un largo de 1000 km, sumergiéndose (dipping) 20° E con un deslizamiento (slip) de 20 metros. Suponiendo un módulo de rigidez de 5×10^{10} Pa, el momento sísmico total alcanza 1.2×10^{23} Nm,

lo que representa un magnitud $M_w = 9.3$. Kanamori y Cipar (1974) estimaron una magnitud momento de 9.5 (Barrientos, 2005).

Barrientos y Ward (1990) usaron la misma información recopilada por Plafker y Savage (1970) para crear un modelo de ruptura de desplazamiento variable, identificando desplazamientos de cerca de 40 m en la mitad más al norte de la ruptura y de sólo 15 m en la parte sur de ésta, produciendo un momento total de 1.8×10^{23} N m ($M_w=9.4$). Barrientos y Ward (1990) propusieron que este tipo de eventos ocurriría aproximadamente cada 400 años, hipótesis reafirmada posteriormente por Cisternas et al. (2005) mediante registros de depósitos de arena originados por maremotos históricos al oeste de Maullín, en pleno mar abierto en la latitud de Puerto Montt. En la Figura 2.16 se muestra el mejor modelo plano de deslizamiento uniforme (modelo USP) y en la Figura 2.17 el modelo plano de deslizamiento variable (modelo VSP) para la serie de eventos según Barrientos y Ward (1990).

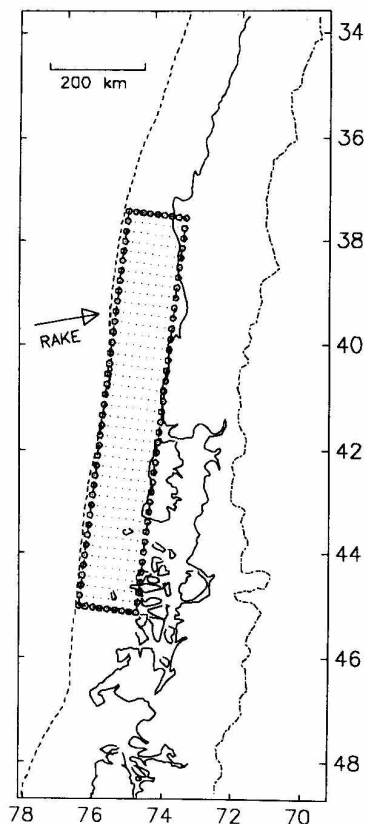


Figura 2.16. Contorno del mejor modelo de falla USP (Modelo plano de deslizamiento uniforme). La falla es de 850 km de largo, 130 km de ancho, subducta con un ángulo de 20° y presenta un desplazamiento de 17 m. La mayor parte del deslizamiento se localiza bajo el mar y delante de la fosa (Barrientos y Ward, 1990).

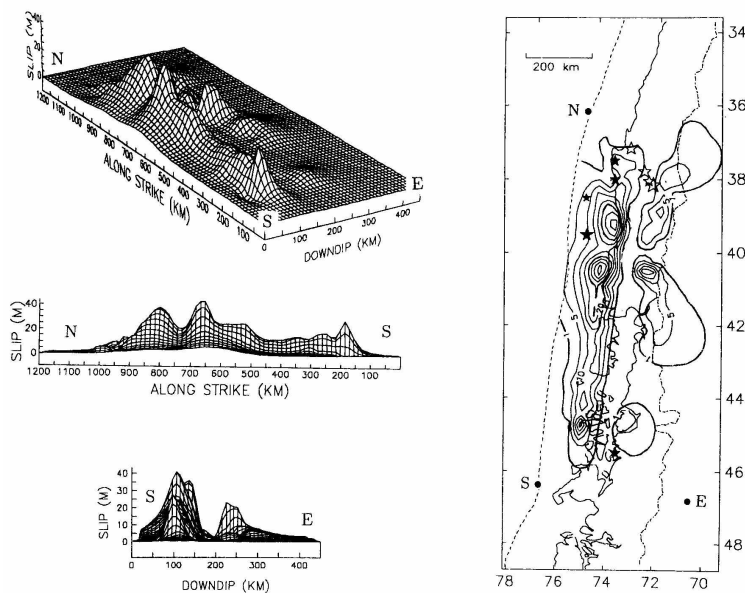


Figura 2.17. Cuatro vistas de la distribución de deslizamiento VSP de los eventos de 1960 (Modelo plano de deslizamiento variable). La ruptura, modelada a partir de 600 fuentes, tiene aproximadamente 900 km de largo, 150 km de ancho, y un deslizamiento máximo de poco más de 40 m. La mayor parte del deslizamiento se centró 50-150 km bajo la fosa, siguiendo el ángulo de la subducción (downdip). Se pueden notar las tres zonas aisladas de deslizamiento, 100 km bajo de la zona principal de liberación de momento. *La de más al norte probablemente está asociada a los precursores y a la fase inicial del movimiento principal.* Datos tomados de las mareas sugieren que la zona de deslizamiento más al este que se muestra en el gráfico slip/downdip, es el resultado del lento creep post-sísmico (Barrientos y Ward, 1990).

Desplazamientos post-sísmicos asociados a este gran evento fueron reportados por Barrientos et al. (1992), mediante observaciones hechas en 1991-1992 en diversos sitios previamente inspeccionados por Plafker y Savage (1970). Estas observaciones, en conjunto con medidas de las marcas en Puerto Montt, indicaron que existe un continuo levantamiento en esta región. Nelson y Manley (1992) midieron anteriormente el levantamiento en Isla Mocha, antes y después del evento de 1960, con aproximadamente el mismo cambio de la elevación del terreno, 1.5 m de levantamiento cosísmico y 1.5 m adicionales de levantamiento postsísmico.

De los movimientos sísmicos que formaron parte de la larga secuencia de eventos que ocurrieron entre el 21 y 22 de mayo, cuatro de ellos podrían definirse como terremotos propiamente tal, y a

que habrían sobrepasado la magnitud 7.5 de Richter ($M_s > 7.5$). Por esta razón, se detallan más adelante los principales parámetros focales de dichos eventos.

Cabe destacar que el principal terremoto (“*Evento A*”) fue el último de los terremotos de esta secuencia, siendo los tres restantes precursores de él. Los tres precursores serán denominados “*Evento-1*”, “*Evento-2*” y “*Evento-3*”, respectivamente. Las zonas donde se ubicaron los epicentros más probables de dichos terremotos (ver punto 2.5.2) se pueden ver en la Figura 2.18.

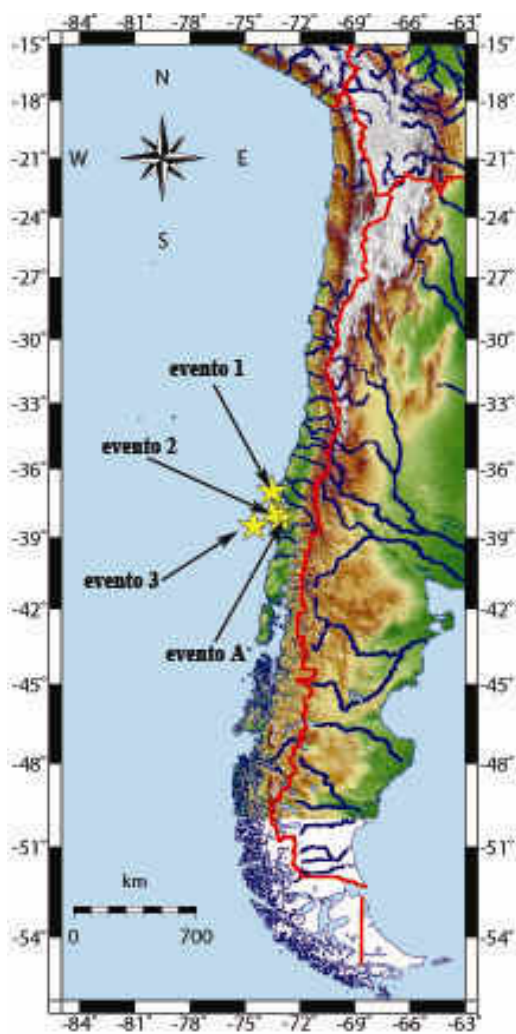


Figura 2.18 . Epicentros más probables de los cuatro principales terremotos ocurridos en la zona Centro-Sur de Chile en 1960.

La secuencia de movimientos precursores al terremoto principal del día 22 de mayo define una tendencia N120°E en la dirección de inicio del gran terremoto. El evento principal se alinea también a lo largo de este rumbo. Este desplazamiento ocurre cerca de la intersección de la

fractura de Mocha con la fosa oceánica, donde la edad de la litósfera oceánica decrece desde 23 a 20 m.a., y puede ser debido al incremento de la flotación de la placa de Nazca en esta región (Cifuentes, 1989).

2.5.2. Coordenadas epicentrales y parámetros focales

2.5.2.1. “Evento-1” (21 DE MAYO)

Las coordenadas epicentrales del “Evento-1”, terremoto que inició la secuencia de movimientos y que ocurrió el día 21 de mayo de 1960, se entregan en la Tabla 2.2 de acuerdo a las versiones de las distintas fuentes consultadas.

Tabla 2.2. Coordenadas epicentrales del “Evento-1” ocurrido el día 21 de mayo de 1960.

ID.	Hora GMT	Hora local	Latitud [°]	Longitud [°]	Referencia
1	10:02:52	6:02:52	-37.57	-73.07	ISS/ISC (Original) (Cifuentes, 1989)
2	10:02:52	6:02:52	-37.17	-72.96	ISS/ISC (Relocalizado) (Cifuentes, 1989)
3	-	-	-37.5	-73.5	U.S. Coast y Geodetic Survey
	10:02:50	6:02:50	-37.5	-73.5	Barrientos (1980)
	10:02:50	6:02:50	-37.5	-73.5	CGS (Ceresis, 1985)
	-	-	-37.5	-73.5	DGF
	10:02:50	6:02:50	-37.5	-73.5	CGS (ISC)
4	10:02:50	6:02:50	-37	-73.5	MOS (ISC)
	10:02:52	6:02:50	-37	-73.5	TAC (ISC)

De la Tabla 2.2 se aprecia que existe un total de cuatro pares de coordenadas distintas para el epicentro del “Evento-1”, las que se identifican con los números del 1 al 4. El par de coordenadas que corresponde al N°3 se muestra sombreado ya que es la ubicación que ha sido señalada la

mayor cantidad de veces por las distintas referencias, razón por la cual será considerado como el epicentro más probable del “*Evento-1*” en este trabajo.

En la Figura 2.19 muestra gráficamente la ubicación de los epicentros para el “*Evento-1*” según las distintas referencias consultadas.

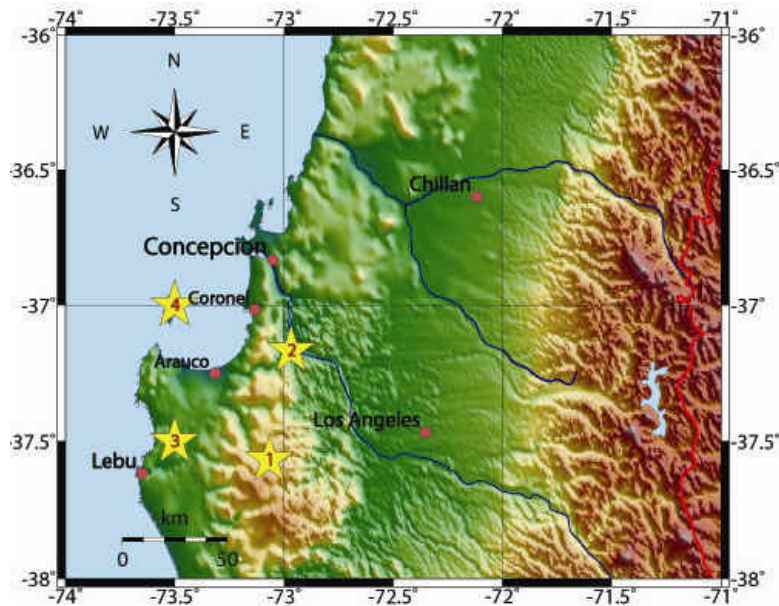


Figura 2.19. Posibles epicentros para el “*Evento-1*” según las fuentes consultadas. En esta memoria se considerará que el N°3 es el epicentro más probable.

A su vez, las magnitudes y los parámetros focales propuestas para este evento se indican en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Magnitudes y parámetros focales.

Referencia	M_s	M_w	Mo N m	Prof. [km]	Largo de ruptura (L) [km]	Ancho de ruptura (W) [km]	Area de ruptura (S) [km ²]	Dislo- cación (D) [m]
Duda (1963)	8,3	-	-	-	-	-	-	-
Cifuentes (1989)	-	8,1	(2+-1)E+21	-	150	140	21000	-
P. Saint Amand (1961)	7,5	-	-	> 50	100	-	-	-
ISC	7,5	-	-	-	-	-	-	-
DGF	7,3	-	-	-	-	-	-	-
Barrientos (1980)	7,3	-	-	<60	-	-	-	-
Jorgue Quezada (internet)	-	-	-	25	-	-	-	-
PAS (Ceresis, 1985)	7,3	-	-	-	-	-	-	-
PAS (ISC)	7,5	-	-	-	-	-	-	-
MOS(ISC)	8	-	-	-	-	-	-	-
PAS (ISC)	7,2	-	-	-	-	-	-	-
Plafker y Savage (1970)	-	-	2E+21	-	150	-	-	-

2.5.2.2. “Evento-2” (22 DE MAYO)

Los epicentros propuestos para el “Evento-2”, ocurrido el día 22 de mayo de 1960, se muestran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Coordenadas epicentrales del “Evento-2” (22 de mayo de 1960).

Id.	Hora GMT	Hora local	Latitud [°]	Longitud [°]	Referencia
5	18:55:57	14:55:57	-38,06	-72,74	ISS/ISC Original (Cifuentes, 1989)
	18:55:57	14:55:57	-38,06	-72,74	ISS (ISC)
6	18:56:00	14:56:00	-39,00	-72,00	MOS (ISC)
	18:55:55	14:55:55	-39,00	-72,00	TAC (ISC)
7	18:55:57	14:55:57	-38,00	-73,50	CGS (ISC)
	18:55:57	14:55:57	-38,00	-73,50	Barrientos (1980)
8	18:55:57	14:55:57	-37,79	-72,49	ISS/ISC Relocalizado (Cifuentes, 1989)
9	18:56:04	14:56:04	-38,15	-72,98	EHB (ISC)

En este caso, las coordenadas de los números 5, 6 y 7 son propuestas por dos referencias distintas. Dado las características sismológicas de los eventos de mayo de 1960, es esperable que los epicentros sean submarinos o al menos se encuentren cercanos a la costa. Entre los epicentros propuestos, el que cumple mejor con la condición anterior es el correspondiente al N°7 según la Figura 2.20, por lo que se considerará en esta memoria como el epicentro más probable.

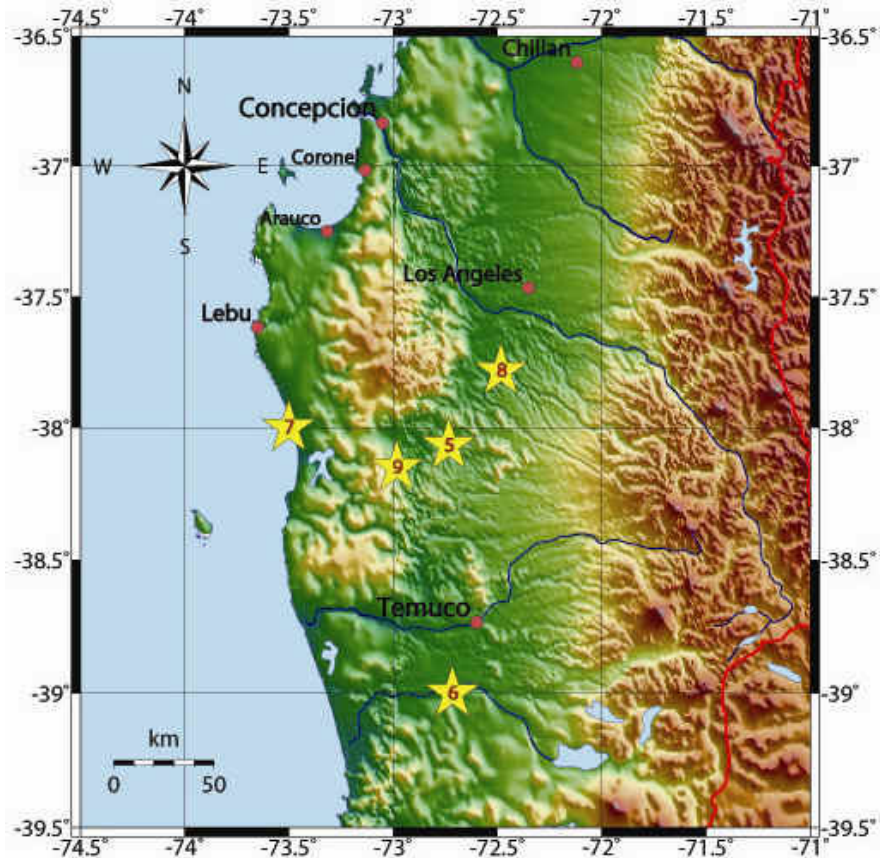


Figura 2.20. Epicentros propuestos para el “Evento-2” (22 de mayo de 1960). En esta memoria se considerará que el N^o7 es el epicentro más probable.

Las magnitudes y parámetros focales propuestos para el “Evento-2” se entregan en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Magnitudes y Parámetros focales del “Evento-2” (22 de mayo de 1960).

Referencia	M_s	M_w	M_0 N m	Prof. [km]	Largo de ruptura (L) [km]	Ancho de ruptura (W) [km]	Area de ruptura (S) [km ²]	Dislo- cación (D) [m]
BRK (ISC)	7,8	-	-	-	-	-	-	-
PAS (ISC)	6,5	-	-	-	-	-	-	-
EHB (ISC)	-	-	-	35	-	-	-	-
Duda (1963)	7,8	-	-	-	-	-	-	-
Barrientos (1980)	6,8	-	-	<60	-	-	-	-

Probablemente la magnitud de Richter de este evento fue menor que 7.5 y no debió haber sido considerado en esta sección. En la Tabla 2.5, dos autores sostienen que este movimiento no alcanzó una magnitud de Richter de 7 grados. Sin embargo, otros autores señalaron que este evento presentó una magnitud $M_s > 7.5$, por lo que ante la duda fue preferible incluir este evento en el presente estudio.

2.5.2.3. “Evento-3” (22 DE MAYO)

Este evento se produjo segundos antes del terremoto principal (“Evento-A”), no habiendo finalizado completamente cuando comenzó el movimiento que correspondía al gran terremoto. Las coordenadas epicentrales propuestas por distintas fuentes para este evento se entregan en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Coordenadas epicentrales del “Evento-3” (22 de mayo de 1960).

Id.	Hora GMT	Hora local	Latitud [°]	Longitud [°]	Referencia
10	19:10:40	15:10:40	-38,05	-72,19	ISS/ISC Original (Cifuentes, 1989)
	19:10:40	15:10:40	-38,05	-72,19	ISS (ISC)
11	19:10:37	15:10:37	-38,50	-74,50	CGS (ISC)
	19:10:48	15:10:48	-38,50	-74,50	TAC (ISC)
	19:10:37	15:10:37	-38,50	-74,50	Barrientos (1980)
12	19:10:48	15:10:48	-38,06	-71,89	EHB (ISC)
13	19:10:40	15:10:40	-38,05	-72,34	ISS/ISC Relocalizado (Cifuentes, 1989)

Utilizando el mismo criterio que para el “Evento-1” y el “Evento-2”, se puede considerar que la ubicación más probable del epicentro de este evento es la dada por el par de coordenadas correspondientes al N°11, ya que los otros tres epicentros se ubican al interior del continente (ver Figura 2.21). Además estas coordenadas son señaladas la mayor cantidad de veces por las

distintas fuentes consultadas. La Figura 2.21 muestra los cuatro epicentros propuestos para este evento.



Figura 2.21. Epicentros del “Evento-3” según distintas fuentes. En esta memoria se considerará que el N°11 es el epicentro más probable.

Las magnitudes y los parámetros focales propuestas para este evento se muestran en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Valores de las magnitudes y parámetros focales del “Evento-3”.

Referencia	M_s	M_w	M_0 N m	Prof. [km]	Largo de ruptura (L) [km]	Ancho de ruptura (W) [km]	Area de ruptura (S) [km ²]	Dislo- cación (D) [m]
PAS (ISC)	8,3	-	-	-	-	-	-	-
EHB (ISC)	-	-	-	39,9	-	-	-	-
Barrientos (1980)	6,9	-	-	<60	-	-	-	-

2.5.2.4. “Evento-A” (22 DE MAYO)

Este fue el principal terremoto de toda la secuencia. Las coordenadas del epicentro según diversas fuentes se entregan en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8. Coordenadas epicentrales del “Evento-A”.

COORDENADAS EPICENTRALES EVENTO A (22 DE MAYO)				
Id.	Hora GMT	Latitud [°]	Longitud [°]	Referencia
14	-	-38,00	-73,50	U.S. Coast y Geodetic Survey
15	-	-38,16	-73,08	EOS (2003)
16	19:11:14	-38,17	-72,57	ISS/ISC Original (Cifuentes, 1989)
17	19:11:14	-38,16	-72,20	ISS/ISC Relocalizado (Cifuentes, 1989)
18	19:11:17	-39,50	-74,50	Barrientos (1980)
	19:11:17	-39,50	-74,50	CGS (Ceresis, 1985)
	-	-39,50	-74,50	DGF
	19:11:16	-39,50	-74,50	TAC (ISC)
	19:11:17	-39,50	-74,50	CGS (ISC)

Como se puede ver en la Tabla 2.8, la mayoría de las fuentes coinciden en el epicentro dado por el par de coordenadas N°18. En esta memoria se usará esta ubicación considerando que está próxima a una de las zonas donde se produce la mayor parte de deslizamiento, la más al norte (ver Figura 2.17), y la cual se asocia a la fase inicial del movimiento principal (Barrientos y Ward, 1990). En la Figura 2.22 se muestran los distintos epicentros propuestos para este evento.

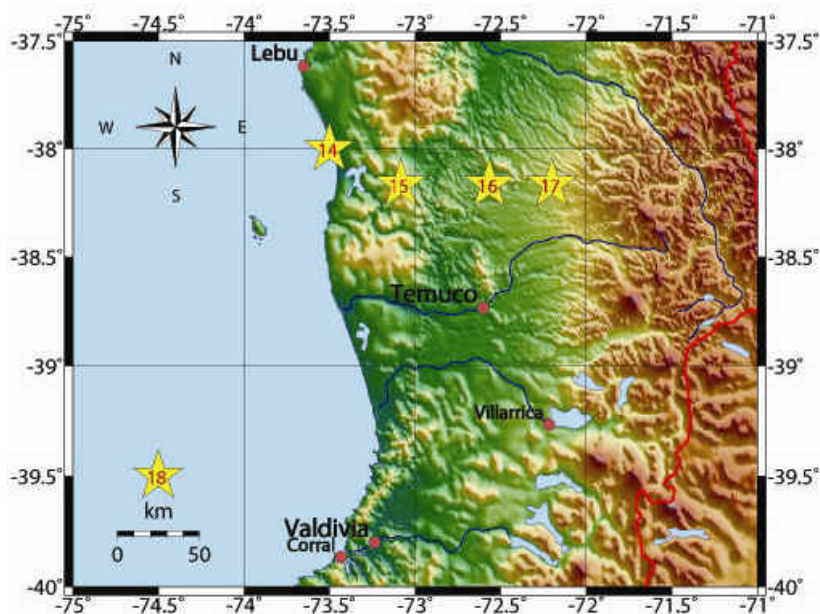


Figura 2.22. Epicentros propuestos para el gran terremoto del día 22 de mayo de 1960 (“Evento-A”). En esta memoria se considerará que el N°18 es el epicentro más probable.

Finalmente, las magnitudes y parámetros focales propuestas para este terremoto se entregan en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Magnitudes y parámetros focales estimados para el terremoto principal del día 22 de mayo de 1960 (“Evento-A”).

Referencia	M_s	M_w	Mo N m	Prof. [km]	Largo de ruptura (L) [km]	Ancho de ruptura (W) [km]	Area de ruptura (S) [km ²]	Dislocación (D) [m]
Cifuentes (1989)	-	9,5	-	24-40	920 +- 100	-	-	-
P. Saint Amand (1961)	8,4	-	-		< 1600	160	-	-
Talley y Cloud (1962)	-	-	-	60	-	-	-	-
Barrientos (1980)	8,5	-	-	46	-	-	-	-
DGF	8,5	9,5	-	-	-	-	-	-
Barrientos y Ward (1990)	8,5	9,5	-	-	-	-	-	-
PAS (Ceresis, 1985)	8,5	-	-	-	-	-	-	-
KAN (Ceresis, 1985)	-	9,5	-	-	-	-	-	-
PAS (ISC)	8,4	-	-	-	-	-	-	-

Referencia	M_s	M_w	M_o N m	Prof. [km]	Largo de ruptura (L) [km]	Ancho de ruptura (W) [km]	Area de ruptura (S) [km ²]	Dislo- cación (D) [m]
PAS (ISC)	8,5	-	-	-	-	-	-	-
EOS (2003)	-	9,5	-	40	-	-	-	< 40
Kanamori & Cipar (1974)	-	-	2,7E+23					24
Ramírez (1988)	8,5	9,4	2E+23	-	950	-	-	-

2.5.3. Estimación de la longitud de falla mediante fórmula propuesta por Ramírez (1988).

En esta sección se estima la longitud de falla a partir de los distintos valores de la magnitud propuestos para cada evento. Para realizar esto, se utilizará una fórmula empírica propuesta por Ramírez (1988), la cual relaciona estos parámetros para terremotos chilenos.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\log(L) = -1.33 + 0.44 M_s \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

L = longitud de falla o largo de ruptura [km].

M_s = Magnitud de Richter.

Los valores del largo de ruptura estimados a través de la fórmula anterior, se muestran en la Tabla 2.10. Con estos valores, es posible realizar de mejor forma los estudios de la atenuación de la intensidad macrosísmica del “Evento-1”, el cual se lleva a cabo en el Capítulo 5 de esta memoria. Esta fórmula no será utilizada para estimar el largo de ruptura del “Evento-A”, ya que la Magnitud de Richter comienza a saturarse a partir de $M_s = 8.0$.

2.5.4. Resumen de los parámetros focales de los terremotos de mayo de 1960

En la Tabla 2.10 se resume los valores de los distintos parámetros focales para los cuatro eventos principales propuestos por distintos autores y organismos. Además se entregan los valores estimados del largo de ruptura que resultan de aplicar la ecuación 2.1.

Tabla 2.10. Parámetros focales propuestos por distintas fuentes y estimados con las fórmulas empíricas de Ramírez (1988).

Evento	Referencia	M_s	M_w	M_0 $g\text{ cm}^2/s^2$	Prof. [km]	largo de ruptura (L) [km]	largo de ruptura (L) (Ramírez, 1988) [km]
1	Duda (1963)	8,3	-	-	-	-	210
	Cifuentes (1989)	-	8,1	$(2+-1)\times 10^{28}$	-	150	-
	P. Saint Amand (1961)	7,5	-	-	> 50	100	93
	ISC	7,5	-	-	-	-	93
	DGF	7,3	-	-	-	-	76
	Barrientos (1980)	7,3	-	-	<60	-	76
	Jorgue Quezada (internet)	-	-	-	25	-	-
	PAS (Ceresis, 1985)	7,3	-	-	-	-	76
	PAS (ISC)	7,5	-	-	-	-	93
	MOS(ISC)	8	-	-	-	-	155
	PAS (ISC)	7,2	-	-	-	-	69
	Plafker y Savage (1970)	-	-	2×10^{28}	-	150	-
2	BRK (ISC)	7,8	-	-	-	-	126
	PAS (ISC)	6,5	-	-	-	-	34
	EHB (ISC)	-	-	-	35	-	-
	Duda (1963)	7,8	-	-	-	-	126
	Barrientos (1980)	6,8	-	-	<60	-	46

Evento	Referencia	M_s	M_w	M_0 $g\ cm^2/s^2$	Prof. [km]	largo de ruptura (L) [km]	largo de ruptura (L) (Ramírez, 1988) [km]
3	PAS (ISC)	8,3	-	-	-	-	210
	EHB (ISC)	-	-	-	39,9	-	-
	Barrientos (1980)	6,9	-	-	<60	-	51
A	Cifuentes (1989)	-	9,5	-	24-40	920 +- 100	*
	P. Saint Amand (1961)	8,4	-	-		< 1600	*
	Talley y Cloud (1962)	-	-	-	60	-	*
	Barrientos (1980)	8,5	-	-	46	-	*
	DGF	8,5	9,5	-	-	-	*
	Barrientos y Ward (1990)	8,5	9,5	-	-	-	*
	PAS (Ceresis, 1980)	8,5	-	-	-	-	*
	KAN (Ceresis, 1985)	-	9,5	-	-	-	*
	PAS (ISC)	8,4	-	-	-	-	*
	PAS (ISC)	8,5	-	-	-	-	*
	Ramírez (1988)	8,5	9,4	200×10^{28}	-	950	*

* La Magnitud M_s se satura para el evento A, por lo que las fórmulas de Ramírez no son válidas en este caso.

2.6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

A pesar de la gran importancia histórica y científica de los terremotos de mayo de 1960, el conocimiento sobre ellos en el aspecto sismológico es relativamente escaso y las incertidumbres son abundantes. Esto se debe en gran parte, a que los instrumentos y técnicas utilizadas en aquella época eran ampliamente inferiores a los actuales, sumado a que no existía ningún instrumento de medición en la amplia zona de daños que pudiera registrar los movimientos.

Las incertidumbres se reflejan, por ejemplo, en los distintos epicentros propuestos por varios autores e instituciones para cada uno de los eventos que compusieron la secuencia de sismos en mayo de 1960; incluso para el mayor de los terremotos existen diferencias importantes en la ubicación de su epicentro.

Otro factor muy importante a considerar, es que el terremoto del día 22 de mayo fue el que más energía ha liberado desde que se tienen registros de los terremotos, y dada su extraordinaria magnitud, muchas de las distintas aproximaciones y estudios realizados a otros terremotos de ocurrencia frecuente no pueden aplicarse a este inusual fenómeno, cuya frecuencia máxima se estima en 240 años y la mínima en 500 años (Cifuentes, 1989; Barrientos y Ward, 1990).

Una de las diferencias más notorias con respecto a fenómenos de mayor ocurrencia, es que se produjo liberación de energía desde varios puntos distintos ubicados a cientos de kilómetros de distancia, lo que se reflejó en un largo de ruptura de aproximadamente 900 km para la serie de eventos. Esto obligó a crear modelos de deslizamiento variable de la falla (VSP), ya que el usual modelo de deslizamiento uniforme (USP) no es adecuado para representar lo sucedido realmente a lo largo de la gran área de ruptura.

Además de los epicentros, la profundidad del foco es otros de los parámetros que no se ha podido definir con certeza para estos sismos. Sin embargo, uno de los parámetros que sí se tiene bien definido, tanto para el “Evento-1” como para el “Evento-A”, es el largo de ruptura, ya que el valor de éste pudo determinarse a partir las mediciones realizadas de levantamientos y hundimientos de terreno ocasionados por los respectivos terremotos. Conocer el valor del largo de ruptura de estos dos eventos tendrá gran relevancia al momento de estudiar la atenuación de sus efectos (Capítulo 5 y 7). Además, el conocimiento de esta longitud será de utilidad para estimar la magnitud del “Evento-1”, la cual tampoco está bien definida, ya que los autores entregan valores que varían entre 7.2 y 8.3. A través de la fórmula de Ramírez (Ecuación 2.1), puede determinarse que una magnitud $M_s = 8.0$ corresponde al largo de ruptura de 150 km asociado al “Evento-1” (ver Tabla 2.10). Este valor de la magnitud para este evento, podrá confirmarse del estudio de atenuaciones de las intensidades que se realiza en el Capítulo 5.

CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES DE LOS TERREMOTOS DE MAYO DE 1960

En este capítulo se entrega una visión de la zona afectada y de las consecuencias principales de los terremotos de mayo de 1960. Entre los principales antecedentes presentados se encuentran algunos datos demográficos, organización política administrativa de la zona, tipos de viviendas utilizadas, principales fuentes de producción y trabajo, entre otros. La mayoría de esta información es referente al año en que ocurrieron estos terremotos.

3.1. ANTECEDENTES DE LA ZONA AFECTADA

3.1.1. Organización político-administrativa

Desde el siglo XVI, Chile se ha organizado política y administrativamente. La división político-administrativa de Chile ha tenido cuatro períodos importantes: la existente hasta 1833, la de 1833 a 1925, la de 1925 a 1976, y la de 1976 en adelante. La regionalización actual es el resultado de estudios y reformas impulsadas por instituciones como CORFO, ODEPLAN y CONARA.

A continuación se detalla la organización territorial en la época en que ocurrieron los terremotos (1960) y para la época actual (2008).

3.1.1.1. Organización político-administrativa en 1960

La Constitución de 1925 repite el esquema utilizado desde 1833, el cual establece una división política (provincias, departamentos, subdelegaciones y distritos), y una división administrativa (provincias, comunas). El territorio de una comuna equivale a una subdelegación completa. Para cada comuna o agrupación de comunas había una municipalidad, dirigida por un Alcalde y Regidores.

Las provincias vigentes en 1960 gracias a la Constitución de 1925 y a las modificaciones hechas posteriormente, con sus respectivos departamentos y cabeceras de departamentos, son las que se indican en la Tabla 3.1, ordenadas de norte a sur:

Tabla 3.1. Provincias correspondientes a la organización político-administrativa vigente en 1960.

PROVINCIA	DEPARTAMENTO	CABECERA
Tarapacá	Arica	Arica
	Pisagua	Pisagua
	Iquique	Iquique
Antofagasta	Tocopilla	Tocopilla
	El Loa	Calama
	Antofagasta	Antofagasta
	Taltal	Taltal
Atacama	Chañaral	Chañaral
	Copiapó	Copiapó
	Freirina	Freirina
	Huasco	Vallenar
Coquimbo	La Serena	La Serena
	Elqui	Vicuña
	Coquimbo	Coquimbo
	Ovalle	Ovalle
	Combarbalá	Combarbalá
Aconcagua	Illapel	Illapel
	Petorca	La Ligua
	San Felipe	San Felipe
	Andes	Los Andes
Valparaíso	Quillota	Quillota
	Isla de Pascua	Hanga-Roa
	Valparaíso	Valparaíso
Santiago	Santiago	Santiago
	Presidente Aguirre Cerda	San Miguel
	Puente Alto	Puente Alto
	Talagante	Talagante
	Melipilla	Melipilla
	San Antonio	San Antonio
	San Bernardo	San Bernardo
	Maipo	Buín
O'Higgins	Rancagua	Rancagua
	Cachapoal	Peumo
	San Vicente	San Vicente de Tagua Tagua
	Caupolicán	Rengo
Colchagua	Santa Cruz	Santa Cruz
	San Fernando	San Fernando
	Cardenal Caro	Pichilemu
Curicó	Curicó	Curicó
	Mataquito	Licantén
Talca	Talca	Talca
	Lontué	Molina
	Curepto	Curepto
Maule	Constitución	Constitución
	Chanco	Chanco
	Cauquenes	Cauquenes
Linares	Loncomilla	San Javier
	Linares	Linares
	Parral	Parral

PROVINCIA	DEPARTAMENTO	CABECERA
Ñuble	Itata	Quirihue
	San Carlos	San Carlos
	Chillán	Chillán
	Bulnes	Bulnes
	Yungay	Yungay
Concepción	Tomé	Tomé
	Talcahuano	Talcahuano
	Concepción	Concepción
	Coronel	Coronel
	Yumbel	Yumbel
Arauco	Arauco	Arauco
	Lebu	Lebu
	Cañete	Cañete
Biobío	La Laja	Los Ángeles
	Nacimiento	Nacimiento
	Mulchén	Mulchén
Malleco	Angol	Angol
	Collipulli	Collipulli
	Traiguén	Traiguén
	Victoria	Victoria
	Curacautín	Curacautín
Cautín	Lautaro	Lautaro
	Imperial	Nueva Imperial
	Temuco	Temuco
	Pitrufquén	Pitrufquén
	Villarrica	Villarrica
Valdivia	Valdivia	Valdivia
	Panguipulli	Panguipulli
Valdivia	La Unión	La Unión
	Río Bueno	Río Bueno
Osorno	Osorno	Osorno
	Río Negro	Río Negro
Llanquihue	Puerto Varas	Puerto Varas
	Maullín	Maullín
	Llanquihue	Puerto Montt
	Calbuco	Calbuco
Chiloé	Ancud	Ancud
	Castro	Castro
	Quinchao	Achao
	Palena	Chaitén
Aisén	Aisén	Puerto Aisén
	Coyhaique	Coyhaique
Aisén	General Carrera	Chile Chico
	Baker	Cochrane
Magallanes*	Última Esperanza	Puerto Natales
	Magallanes	Punta Arenas
	Tierra del Fuego	Porvenir

* Además del territorio Antártico Chileno.

3.1.1.2. Organización político-administrativa actual (2008)

En los años 1970, se establece en Chile una nueva división político-administrativa, que organizó el país sobre la base de regiones, junto a un régimen administrativo interior. Así, para efectos del gobierno y la administración interior, el territorio del país se dividió en regiones y las regiones en provincias; mientras que para efectos de la administración local, las provincias estarían divididas en comunas; además, se posibilitó la creación de áreas metropolitanas, con un régimen de gobierno y administración diferenciado.

Entre 1974-1976 se inició, en forma gradual, el denominado proceso de regionalización, el cual ha sido objeto de modificaciones hasta la actualidad, como cambios de denominaciones, división de provincias, redelimitaciones de comunas y otros. Durante los primeros meses del año 2007 se promulgaron leyes que dispusieron la creación de dos nuevas regiones que se integraron a las 13 que existían anteriormente. Se trata de la XV Región de Arica y Parinacota, como escisión de la I Región de Tarapacá, y la XIV Región de Los Ríos, como escisión de la X Región de Los Lagos, las cuales entraron en vigencia el 2 de octubre del mismo año.

Las regiones existentes bajo la actual organización político-administrativa, con sus respectivas capitales y provincias se indican en la Tabla 3.2, ordenadas de norte a sur. En la Figura 3.1, a su vez, se muestra un mapa de Chile con las actuales regiones.

Tabla 3.2. Regiones correspondientes a la organización político-administrativa actual (2008).

REGION	CAPITAL	PROVINCIAS	CAPITAL PROV.
XV Región de Arica y Parinacota	Arica	Arica	Arica
		Parinacota	Putre
I Región de Tarapacá	Iquique	El Tamarugal	Pozo Almonte
		Iquique	Iquique
II Región de Antofagasta	Antofagasta	Tocopilla	Tocopilla
		El Loa	Calama
		Antofagasta	Antofagasta
III de Atacama	Copiapó	Chañaral	Chañaral
		Copiapó	Copiapó
		Huasco	Vallenar
IV de Coquimbo	La Serena	Elqui	Coquimbo
		Limarí	Ovalle
		Choapa	Illapel
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Petorca	La Ligua
		Los Andes	Los Andes
		San Felipe de Aconcagua	San Felipe
		Quillota	Quillota
		Valparaíso	Valparaíso
		San Antonio	San Antonio
		Isla de Pascua	Hanga Roa
Región Metropolitana de Santiago	Santiago	Chacabuco	Colina
		Cordillera	Puente Alto
		Maipo	San Bernardo
		Talagante	Talagante
		Melipilla	Melipilla
		Santiago	Santiago
VI Región del Libertador	Rancagua	Cachapoal	Rancagua
		Colchagua	San Fernando
		Cardenal Caro	Pichilemu
VII Región del Maule	Talca	Curicó	Curicó
		Talca	Talca
		Linares	Linares
		Cauquenes	Cauquenes
VIII Región del Bio Bío	Concepción	Nuble	Chillán
		Biobío	Los Angeles
		Concepción	Concepción
		Arauco	Lebu
IX Región de la Araucanía	Temuco	Malleco	Angol
		Cautín	Temuco
XIV Región de los Ríos	Valdivia	Valdivia	Valdivia
		Ranco	La Unión
X Región de Los Lagos	Puerto Montt	Osorno	Osorno
		Llanquihue	Puerto Montt
		Chiloé	Castro
		Palena	Chaitén
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Coihaique	Coihaique	Coihaique
		Aisén	Puerto Aisén
		General Carrera	Chile Chico
		Capitán Prat	Cochrane
XII Región de Magallanes y de la	Punta Arenas	Última Esperanza	Puerto Natales
		Magallanes	Punta Arenas
		Tierra del Fuego	Porvenir
		Antártica Chilena	Puerto Williams

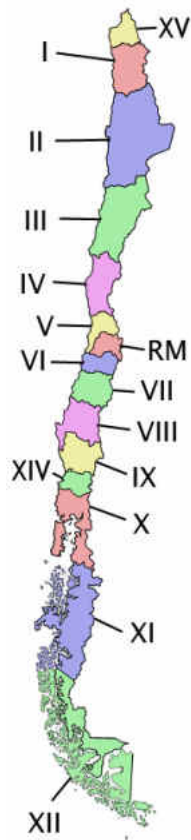


Figura 3.1. Regiones de Chile según la organización político-administrativa vigente actualmente (2008).

3.1.2. Superficie, población y actividad ocupacional

La zona afectada por los terremotos, inundaciones y maremotos de mayo de 1960 tiene una longitud de más de 800 kilómetros, es decir, casi la correspondiente a Gran Bretaña o España. Su superficie total alcanza a 140.433 kilómetros cuadrados, que constituía sólo el 19% del área total del país pero que representaba el 65% de la tierra arable.

La población total de la zona donde ocurrieron los fenómenos mencionados, se estima en 2.386.000 personas, o sea, el 31% de la población total del país en aquella época, con una densidad de 13 habitantes por kilómetro cuadrado. El 25% de dicha población vivía en zonas rurales y el resto en centros urbanos.

La población activa de estas provincias, estimada en 790.000 personas, representaban el 34% de sus habitantes y el 30% de los pobladores activos de todo el país. El 43% de la población activa regional se dedicaba a la agricultura y ganadería, el 8% al comercio, el 15% a la industria, el 6% a otras actividades productoras de bienes, y el 28% a la prestación de servicios (Revista Vea).

En las explotaciones agropecuarias se ocupaban 341.000 personas, que representaban el 49% de los habitantes que desempeñaban las mismas actividades en el país. Por otro lado, la población empleada en la industria manufacturera alcanzaba a 118.000 personas, que constituían el 24% de los habitantes que tenían el mismo tipo de ocupación en todo el país (Revista Vea).

3.1.3. Capital

En la zona afectada por los fenómenos sísmicos, se encontraba el 28% del capital total del país, y como parte de éste, el 40% del capital fijo de la agricultura, compuesto por construcciones, equipos y maquinarias, y el 28% del capital fijo de la industria manufacturera.

Forman parte del capital fijo de la zona 192.600 viviendas rurales y 160.500 urbanas, que representaban el 48% y el 22% respectivamente, de los totales de las viviendas con ubicación semejante existentes en el país.

Además, el capital fijo de la zona incluía una potencia eléctrica instalada para el servicio público ascendente a 188.000 kW, que componía el 31% de la correspondiente para todo el país.

En la zona descrita existían 310.000 hectáreas de plantaciones forestales y 2.130.000 hectáreas de bosques naturales, que representaban el 74% y el 59%, respectivamente, de las reservas madereras nacionales de aquella época.

La ganadería de la zona estaba compuesta por 490.000 porcinos, 1.590.000 vacunos y 220.000 caballares, que representaban el 50%, 61% y 38%, respectivamente, del ganado existente en Chile (Revista Vea).

3.1.4. Ingreso y producción

Otro aspecto que refleja la importancia de la zona afectada por los sismos es el que se refiere a ingreso y producción. Los ingresos generados en la zona alcanzaban alrededor del 24% de los producidos en Chile en aquella época.

En general, la zona aportaba el 38% de la producción agropecuaria del país, y su contribución es fundamentalmente importante en el caso de las producciones de arveja, remolacha, leche, trigo, papas y lentejas. El 83% de las arvejas, el 98% de la remolacha, el 64% de la leche, el 61% del trigo, el 62% de las papas y el 55% de las lentejas consumidas en el país provenían de esta zona.

3.1.5. Producción manufacturera y turismo

A las empresas de la zona se debía el 28% de la producción manufacturera nacional. La contribución de esos establecimientos excedía al consumo local y abastecía al resto del país en el caso de ciertos productos alimenticios, textiles y madereros, del papel para diarios, productos minerales no metálicos y productos metalúrgicos básicos.

Por último se debe destacar la importancia de la región por su atracción turística. Esta atracción surge de sus espléndidas condiciones naturales, tales como innumerables lagos y ríos colocados estratégicamente entre los cordones cordilleranos y rodeados de bosques vírgenes con árboles de diversas especies autóctonas.

Lo anterior, sumado a la gran cantidad de peces de agua dulce localizados en aquella zona, hicieron posible la formación de una corriente de turismo nacional e internacional que se vio seriamente afectada debido a las destrucciones ocurridas y a factores de tipo psicológicos que sólo pudieron ser superados después de varios años.

3.1.6. Viviendas

A continuación se presenta una caracterización general de los tipos de viviendas más comúnmente utilizados en las zonas afectadas por los terremotos de mayo de 1960. Con este propósito se utilizará la división regional actual (2008):

- **Región del Maule (VII Región):** En esta región, la mayoría de las viviendas eran construidas de adobe, especialmente en las zonas rurales donde prácticamente todas las viviendas eran de este material. El resto de las viviendas eran principalmente construidas de albañilería o madera, ambos tipos en similares proporciones. El uso de la madera era mayor en las localidades costeras, mientras que el adobe o materiales similares eran mayormente utilizados en localidades ubicadas en el interior.
- **Región del Bío Bío (VIII Región):** La mayoría de las viviendas pertenecientes a esta región eran de madera, mientras que el segundo tipo de construcción más utilizado era la albañilería de ladrillos. La utilización del adobe disminuye a medida que se avanza hacia el sur. Muchas viviendas de esta región, especialmente las de familias modestas, habían soportado ya fuertes terremotos, como los de Chillán en 1939 y Concepción - Chillán 1953, después de los cuales las casas fueron reparadas parcialmente, principalmente en sus fachadas, lo que sin duda influyó en los daños presentados luego de los terremotos de 1960. En la zona de Nacimiento, Mulchén y Negrete, aumentaba el uso de albañilería de ladrillos, dado que se trata de una zona productora de este material.
- **Región de la Araucanía (IX Región):** En esta región, dominaba totalmente el uso de la madera para la construcción de viviendas, y en cantidad muy inferior, se construían casas de albañilería. Desde esta región hacia el sur, el adobe prácticamente desaparece. Las viviendas y construcciones utilizadas en la IX Región en aquella época, pueden agruparse en las siguientes tipologías: (Ref: Clasificación tipológica de la arquitectura patrimonial en la Región de La Araucanía).

- **Vivienda rústica de tabla-teja** (1860-1940), tipología introducida a Malleco, avanza luego a Cautín y se expande posteriormente a la región completa. Su materialidad fue variable, utilizándose muros de adobe en Malleco, o revestimiento de tejuela de madera en Cautín. Los revestimientos de muros consistían en tablonés verticales y/o horizontales, mientras que las cubiertas eran tejas de arcilla, frecuentemente reemplazadas por planchas de fibrocemento o acero. Un ejemplo de este tipo de construcción se muestra en la Figura 3.2.



Figura 3.2. Casa Misional Convento de San Francisco (Collipulli).

- En la misma época que se construían las viviendas rústicas, tuvo su auge en la región la *arquitectura en madera desarrollista*, la cual tuvo como origen la influencia en la zona de las regiones de Los Lagos y de Los Ríos, ambas ubicadas al sur de la Región de la Araucanía. Este tipo de arquitectura también se vio desarrollado por los inmigrantes europeos que recibió La Araucanía.

En la época de mayor desarrollo de esta región, se usó masivamente la madera en las construcciones más funcionales y corrientes, como son: viviendas en general, edificios productivos, agrícolas, ferroviarios, galpones, etc., dando origen a una serie de variantes que se reconocen en las siguientes sub-categorías de amplia difusión patrimonial en todos los rincones de la región:

- Vivienda Chalet, ver Figura 3.3 (variante urbana y rural)
- Vivienda continua
- Molinos
- Galpones



Figura 3.3. Casa Ramírez, Avenida Alemania (Temuco).

Las viviendas que pertenecían a esta tipología, tenían estructura en madera aserrada elaborada, como producto del desarrollo local, y revestimientos de madera, tejuela y acero en planchas estampadas.

- Otra tipología utilizada en la región y que también se desarrolló entre 1939 y 1940, se trata de la **arquitectura neoclásica desarrollista**. Los principales edificios institucionales y comerciales, así como las grandes residencias urbanas, adoptaron este tipo de construcción, ver Figura 3.4 y Figura 3.5. La necesidad de adaptarse a la realidad local, modificó esta tipología, con un esquema de cáscaras exteriores de albañilería (generalmente de ladrillo), de caras estucadas, pero con todos los interiores, entrepisos, techumbres e incluso a veces los medianeros, en madera nativa de gruesas escuadras, que en muchos casos quedaron al descubierto en 1960 al desplomarse las fachadas. De tal manera, esta tipología siguió siendo una arquitectura en madera “maquillada” con una fachada de albañilería. Los

terremotos de 1939 y de 1960 fueron los que marcaron el fin de esta tradición, al estimular la irrupción del modernismo en todo el sur de Chile.



Figura 3.4. Edificio Sucesión Massman (Temuco).



Figura 3.5. Barrio Marsano (Temuco).

- o La época entre los años 1940 y 1960, fue el auge del **Modernismo Público Inicial**. Los terremotos de 1928 y 1939 en Talca y Chillán, dieron las condiciones de entrada masiva al desarrollo de él, ver Figura 3.6 y Figura 3.7.

La particularidad de este primer modernismo regional, fue que en esa época en Chile no se producían aún los materiales propios de la arquitectura modernista, acero y hormigón. De tal manera que este modernismo, en general se desarrolló con albañilerías de ladrillo, de gruesos muros, estucadas, y con sus estructuras interiores, techumbres, entrepisos, etc. en la tradicional madera.



Figura 3.6. Casa Zirotti (Temuco).



Figura 3.7. Escuela Anexa de Niñas (Temuco).

- **Región de los Ríos (XIV) y Región de los Lagos (X):** En ambas regiones dominaban ampliamente, al igual que en la actualidad, las viviendas de madera (cerca del 90% del total), mientras que la mayoría de las viviendas restantes correspondían a construcciones de albañilería.

Un factor en común que tenían gran parte de las viviendas de las regiones afectadas por el terremoto, es que frecuentemente eran construidas por sus propietarios, sin tener conocimientos técnicos ni manuales adecuados para hacerlo. Esto ocurre especialmente en zonas rurales y en los sectores donde habitaba la población más pobre en las zonas urbanas. Además, la mantención que se les hacía a las casas era generalmente pobre o simplemente nula. La consideración de estos hechos será de especial importancia al estimar las intensidades macrosísmicas en los Capítulos 4 y 6, ya que influye en la clasificación de la vulnerabilidad de las viviendas según la metodología descrita en el Anexo A.

3.1.7. Censos

En noviembre de 1960, el mismo año en que ocurrieron los terremotos estudiados, se llevó a cabo el XIII Censo Nacional de Población y II de Vivienda. Del Censo de Población se extrajeron los datos relativos a la distribución de la población en las distintas provincias de Chile, según la organización político-administrativa vigente en aquella época (ver punto 3.1.1.1). Sin embargo, no ha sido posible extraer desde el II Censo de Vivienda la distribución del tipo de viviendas por provincia, por lo que tuvo que recurrirse al III Censo de Vivienda de 1970.

Para el desarrollo de este capítulo se asumirá que la distribución de viviendas dadas por este último censo, es similar a la distribución al año 1960, al menos en proporción, ya que en números y cantidades absolutas existe una diferencia más marcada (La población crece sostenidamente, y por lo tanto, el número de viviendas también). Los resultados extraídos de ambos censos se muestran en los puntos siguientes.

3.1.7.1. XIII Censo de Población de 1960.

En la Tabla 3.3 se detalla la población de Chile en 1960 distribuida en cada una de sus provincias según la organización político-administrativa vigente en aquella época (XIII Censo de Población de 1960).

Tabla 3.3. Distribución de la población en las provincias, según la antigua división político-administrativa (XIII Censo de Población de 1960).

PROVINCIA	POBLACION	PROVINCIA	POBLACION
Tarapacá	127.492	Ñuble	295.711
Antofagasta	222.514	Concepción	558.869
Atacama	118.774	Arauco	92.721
Coquimbo	318.440	Bío Bío	173.868
Aconcagua	145.382	Maipo	181.039
Valparaíso	637.542	Cautín	408.507
Santiago	2.525.138	Valdivia	265.147
O'Higgins	269.332	Osorno	149.619
Colchagua	164.243	Llanquihue	172.489
Curicó	111.377	Chiloé	102.543
Talca	213.532	Aysén	38.544
Maule	82.424	Magallanes	75.911
Linares	176.978		
		TOTAL PAÍS	7.628.136

El XIII Censo de Población de 1960 se efectuó durante el mes de noviembre de aquel año, por lo que las cifras de la Tabla 3.3 no corresponden exactamente a las del mes en que ocurrieron los terremotos.

3.1.7.2. III Censo de Vivienda de 1970

La distribución de las viviendas por tipo y por provincia según el III Censo de Vivienda de 1970, se detalla en la Tabla 3.4. Las provincias señaladas en esta tabla son las correspondientes a la antigua organización político-administrativa vigente en 1960 y son las ubicadas en la zona afectada por los terremotos de mayo de 1960.

Tabla 3.4. Distribución del tipo de viviendas en las provincias de la zona afectada, según la antigua división político-administrativa (III Censo de Vivienda de 1970).

PROVINCIA	MATERIAL											
	Concreto, Albañilería de Piedra, Ladrillo o Bloque de Cemento		Madera o Tabique Forrado		Adobe Tendido		Pandereta, Adobe Parado, Quincha, Barro Empajado, Pirca de Piedra		Otro Material (No especificado anteriormente)		TODOS LOS MATERIALES	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Aysén	909	9,73%	7853	84,08%	474	5,07%	59	0,63%	45	0,48%	45	100%
Arauco	1078	6,41%	15418	91,64%	157	0,93%	125	0,74%	47	0,28%	47	100%
Bío Bío	7259	20,67%	23519	66,97%	3428	9,76%	730	2,08%	182	0,52%	182	100%
Chiloé	973	4,56%	20214	94,82%	49	0,23%	79	0,37%	3	0,01%	3	100%
Concepción	36101	30,80%	74060	63,18%	6030	5,14%	995	0,85%	41	0,03%	41	100%
Cautín	8262	10,42%	66127	83,40%	703	0,89%	3478	4,39%	717	0,90%	717	100%
Linares	5686	16,95%	7925	23,62%	16943	50,50%	2946	8,78%	53	0,16%	53	100%
Llanquihue	2845	8,04%	32368	91,48%	119	0,34%	35	0,10%	16	0,05%	16	100%
Magallanes	3300	16,60%	16551	83,24%	9	0,05%	20	0,10%	3	0,02%	3	100%
Malleco	5333	16,14%	24142	73,06%	2126	6,43%	1250	3,78%	192	0,58%	192	100%
Maule	2064	12,67%	2823	17,33%	10332	63,44%	915	5,62%	151	0,93%	151	100%
Ñuble	11678	20,00%	25946	44,43%	17055	29,20%	3648	6,25%	75	0,13%	75	100%
Osorno	3994	13,57%	25212	85,65%	140	0,48%	45	0,15%	46	0,16%	46	100%
Talca	11869	29,13%	8129	19,95%	18348	45,03%	2330	5,72%	69	0,17%	69	100%
Valdivia	5049	10,06%	44572	88,84%	384	0,77%	118	0,24%	47	0,09%	47	100%

3.2. CIFRAS GENERALES DE LOS TERREMOTOS DE MAYO DE 1960

Un tercio de la población del país, aproximadamente, se vio afectada por la más grande catástrofe de nuestra historia republicana. Diez provincias (Ñuble, Concepción, Arauco, Bío Bío, Malleco, Cautín, Valdivia, Osorno, Llanquihue y Chiloé) con una superficie total de 140.433 km² y una población total estimada de 2.587.000 habitantes (El Mercurio, El Llanquihue y La Unión), sufrieron en mayor o menor grado sus efectos.

La zona afectada por el terremoto del día 21 de mayo abarcó de Ñuble a Malleco. El terremoto del 22 de mayo, a su vez, afectó la zona comprendida entre las provincias de Cautín a Chiloé. El

maremoto afectó a toda la costa de Talcahuano a Chiloé. Los volcanes en erupción abarcaron las provincias de Valdivia a Llanquihue.

Si se considera el efecto sobre las ciudades principales ubicadas en la zona afectada, los sismos de mayo de 1960 tuvieron las siguientes características (La Unión):

- Chillán: *Terremoto.*
- Concepción: *Terremoto.*
- Talcahuano y zona costera: *Terremoto y maremoto.*
- Los Ángeles: *Terremoto.*
- Temuco: *Terremoto.*
- Valdivia: *Terremoto y maremoto.*
- Osorno: *Terremoto.*
- Puerto Montt y zona aledaña: *Terremoto, erupciones volcánicas y maremoto.*
- Ancud y Castro: *Terremoto y maremoto.*

Algunas cifras acerca de víctimas y daños materiales que causaron los mencionados terremotos se destacan en los siguientes puntos.

3.2.1. Víctimas

El número de muertos registrados alcanzó aproximadamente a las 2.500 personas, mientras que una cifra similar de individuos desaparecieron (El Sur), por lo que presumiblemente, cerca de 5.000 personas fallecieron a raíz de los terremotos de mayo de 1960.

Cabe destacar que la cifra de víctimas fatales fue relativamente baja dada la magnitud de los sismos y la amplia zona afectada. Uno de los factores que colaboró en este aspecto, fue que los días 21 y 22 de mayo correspondían a días de fin de semana, además de que el día 21 era día feriado, por lo que la mayoría de las personas se encontraban en sus hogares. Otro factor que influyó positivamente, fue la gran cantidad de sismos precursores que tenían a la gente alerta al momento de ocurrir el más catastrófico de los terremotos (22 de mayo).

3.2.2. Pérdidas materiales

Las estimaciones de las casas destruidas por provincias, según la organización político-administrativa vigente en 1960, se detallan en la Tabla 3.5 (La Unión). Debido a que esta información se publicó en junio de 1960, fecha anterior a la realización del censo de aquel año, los números de habitantes corresponden a estimaciones hechas por la Dirección Nacional de Estadísticas de la época.

Debieron ser construidas aproximadamente 170.000 viviendas para reemplazar las destruidas e inutilizadas, según un informe publicado en Junio de 1960 por el Instituto de Viviendas Populares Cáritas-Chile (INVICA). Por otro lado, las casas que resultaron totalmente destruidas sumaron aproximadamente 20.000 viviendas urbanas, y unas 30.000 rurales, es decir, cerca de 50.000 viviendas (Revista Vea).

Tabla 3.5. Casas destruidas a raíz de los sismos de mayo de 1960 (por provincias).

PROVINCIA	Total habitantes	Hab. (ciudad y pueblos)	Hab. rurales	Casas Destruidas	
				Urbanas	Campesinas
Ñuble	369.000	151.000	168.000	3.800	3.700
Concepción	523.000	388.000	135.000	20.800	8.500
Arauco	93.000	40.000	52.000	5.300	6.100
Bío Bío	178.000	62.500	113.500	4.450	9.500
Malleco	202.000	80.000	122.000	8.400	14.500
Cautín	464.000	220.000	244.000	15.000	13.500
Valdivia	296.000	150.000	146.000	11.800	12.300
Osorno	156.000	70.000	86.000	3.300	5.700
Llanquihue	178.000	77.000	100.500	9.200	9.500
Chiloé	128.000	29.000	99.000	3.900	-
TOTAL	2.587.000	1.267.500	1.266.000	85.950	83.300

OBS 1: En la tabla anterior, el término “destrucción” se refiere a destrucciones totales o parciales que dejaron las viviendas totalmente inservibles o inhabitables.

OBS 2: Según datos proporcionados por el XII Censo de Población de 1952, el promedio de habitantes por vivienda variaba entre 5.4 y 5.9 habitantes/vivienda, dependiendo de la provincia.

En el ámbito económico, la Tabla 3.6 cuantifica los daños para los distintos rubros, según estimaciones hechas por CEPAL (Revista Veá). Las cantidades mostradas están de acuerdo al valor de la moneda de la época (Escudos, E°).

Tabla 3.6. Cuantificación de los daños por rubros.

Rubro	Escudos (E°)*
Viviendas	300.000.000
Edificios públicos y privados	50.000.000
Agricultura e Industria	80.000.000
Transporte	30.000.000
Varios	20.000.000
TOTAL	480.000.000

* Escudos, valor correspondiente a Junio de 1960.

El Escudo era una unidad monetaria que equivalía a 1000 pesos. Cuando se creó en 1960, partió con un valor prácticamente a la par con el dólar (Corbo y Hernández, 2005), por lo que las cifras de las pérdidas expresadas en esta moneda tendrían un valor similar.

Si a las cifras mostradas en la Tabla 3.6 se agregan las pérdidas de existencias de productos agrícolas, ganaderos, industriales y mineros, el lucro cesante y el costo de rehabilitación de las tierras inundadas o arrasadas, se llega fácilmente a una suma cercana a los 550 millones de escudos, lo que equivalen aproximadamente a la misma cifra en dólares de la época y está dentro del rango señalado por Barrientos y Ward (1990), el cual avalúa las pérdidas entre 500 y 700 millones de dólares.

Para darse una idea de lo que significa esta cifra en un país como Chile, basta considerar que la inversión bruta anual entre 1950 y 1960, fue muy poco superior a los 300 millones de escudos, incluidas las inversiones de capitales privados extranjeros y las maquinarias y equipos importados con crédito a largo plazo.

3.3. COMENTARIOS GENERALES ACERCA DE LOS DAÑOS OCASIONADOS POR LOS TERREMOTOS DE MAYO DE 1960

Los importantes daños causados por el comúnmente conocido como “*Terremoto de Valdivia de 1960*” fueron realmente provocados por los dos terremotos principales de una secuencia de sismos ocurridos en mayo de 1960. El primer terremoto, denominado “*Evento-1*” según el Capítulo 2, ocurrió el día 21 de mayo de 1960, y fue el evento que inició la secuencia de movimientos. El segundo terremoto, fue lejos el más importante de toda la secuencia en cuanto a magnitud y daños ocasionados, y es el recordado históricamente como el “*Terremoto de Valdivia*”. Este gran sismo ocurrió el día 22 de mayo de 1960 y en el Capítulo 2 se le denomina “*Evento-A*”

El terremoto del día 21 de mayo se considera un precursor del terremoto del día 22. La secuencia completa de los sismos de mayo de 1960 se detalla en la Tabla B.1 del Anexo B.

La importancia de los dos terremotos mencionados anteriormente, la gran zona de daños que encerraron y el hecho de que los epicentros de ambos se ubicaron a más de 200 kilómetros de distancia, sugieren estudiar los efectos de ambos eventos de manera separada. Es así como en el Capítulo 4 y en el Capítulo 5 se presentan los daños, estimaciones de intensidades, isosistas y estudio de atenuaciones del terremoto del día 21 de mayo, mientras que en el Capítulo 6 y en Capítulo 7 se hace lo propio con el terremoto del día 22 de mayo. Desde el Capítulo 4 en adelante, se referirá siempre al evento-1 como el “*terremoto del día 21 de mayo*” y al evento-A como el “*terremoto del día 22 de mayo*”, subentendiéndose que se trata de los dos terremotos más importantes de la secuencia.

CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS Y ESTIMACIÓN DE LAS INTENSIDADES DEL TERREMOTO DE CONCEPCIÓN DEL 21 DE MAYO DE 1960

En este capítulo se presentan los daños causados por el terremoto de Concepción del 21 de mayo de 1960 en las distintas localidades ubicadas en la zona de daños; información obtenida principalmente de la prensa de la época. Además se entregan las intensidades macrosísmicas estimadas a partir de la información de daños reunida de acuerdo a la metodología señalada en el Anexo A, teniendo como antecedente el método propuesto en la escala MSK de Intensidades (Monge y Astroza, 1989). En la medida que fue posible, las intensidades estimadas se respaldan con testimonios fotográficos.

Se ha reunido información de daños a raíz de este terremoto para un total de 67 localidades, ubicadas entre las latitudes 33,45 ° S y 38,73 ° S. Estas localidades se ordenan alfabéticamente dentro de las regiones a las cuales pertenecen (organización político-administrativa de 2008). Las regiones, a su vez, se han ordenado de norte a sur.

A lo largo de este capítulo, cuando se utilicen los términos “Provincia” y “Departamento”, se referirá a las provincias y departamentos delimitados según la antigua organización político-administrativa (vigente en 1960), mientras que al tratarse de “región”, se considerarán las regiones definidas según la división actual (2008).

4.1. REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO

4.1.1. Santiago

En Santiago y las ciudades vecinas el temblor de la tarde provocó alarma entre el vecindario. No se registraron accidentes de mayores consecuencias, salvo en el Teatro Lo Franco, en Carrascal, donde numerosos niños fueron aplastados por quienes trataban de abandonar la sala.

Estimación de la Intensidad

En la Tabla 4.1 se indican las intensidades estimadas por la prensa para los sismos del día 21 y 22 de mayo en Santiago, comprobándose que se sintió con mayor intensidad el terremoto del 21 de mayo.

Tabla 4.1. Intensidades en Santiago según la prensa revisada.

FUENTE	INTENSIDAD 21 DE MAYO	INTENSIDAD 22 DE MAYO
El Sur, La Unión y Revista Zig Zag	2 a 3 (Escala nacional de 1 a 6)	-
La Unión	V (Escala internacional)	I a II (Escala internacional)
El Mercurio	-	IV (Escala Internacional)

4.2. VII REGIÓN DEL MAULE

4.2.1. Cauquenes

A pesar que la provincia del Maule casi no es mencionada en el balance de la catástrofe, sufrió también daños debido a la presencia de casas de adobe, las que en un número importante quedaron inhabitables, especialmente las que ya habían resistido el terremoto de 1939 (**Revista Vea**). Pese a esto, las actividades de la ciudad continuaron desarrollándose normalmente después de ocurridos los sismos (**El Mercurio**).

El 60% las viviendas resultaron dañadas (Daños del nivel G1 o mayor). Entre ellas se encuentran más de 300 viviendas, numerosos edificios, y el 100% de las edificaciones de adobes construidas

con anterioridad al año 1939 (*I = IX-X*, Moya, 2002) las cuales quedaron inhabitables (**Revista Vea**), lo que significa que sufrieron daños de grado G3 o mayor.

Los edificios públicos que correspondían a algunas viejas construcciones resultaron afectados. Entre ellos se destacan el Cuartel de Investigaciones, el cual resultó casi totalmente destruido (**El Diario Austral** y **La Mañana**). Además, quedaron en mal estado 20 edificios destinados a la educación en la provincia del Maule, numerosos retenes de Cauquenes resultaron agrietados y la Prefectura de Carabineros quedó en pésimas condiciones (**El Mercurio**). La iglesia de San Alfonso tuvo que ser sometida a importantes reparaciones, debiendo demolerse sus torres por ofrecer inmediato peligro. En Chanco, debieron evacuarse el Hospital, la Comisaría de Carabineros y el local donde prestaba servicios Correos y Telégrafos (**Revista Vea**).

Los caminos de la zona quedaron en buenas condiciones (**El Diario Austral**), mientras que los servicios básicos quedaron interrumpidos (**La Mañana**).



Iglesia de San Alfonso, construida en el año 1893. Por efecto del gran terremoto de 1939, se debió transformar parte de su estructura y repararlo. El terremoto de 1960 también le causó graves daños, y sus torres tuvieron que ser demolidas y reconstruidas. (Fuente: Internet)



La Iglesia de San Alfonso en la actualidad. (Fuente: Internet)

Figura 4.1. Iglesia de San Alfonso – Cauquenes.

No se registraron desgracias personales en Cauquenes como tampoco en toda la zona de la provincia de Maule (El Mercurio, El Diario Austral, La Discusión).

Estimación de la Intensidad

La prensa de la época informa que la intensidad en Cauquenes fue de *VIII grados* (**La Discusión**) y entre *VII* y *VIII grados* (**La Mañana**). Probablemente estas estimaciones son el resultado de los daños observados en las construcciones de adobe construidas con anterioridad al terremoto de 1939.

De la información entregada por la prensa y considerando que de acuerdo con el censo de vivienda de 1970 el 63% de las viviendas de la provincia del Maule eran de adobe (Clase de vulnerabilidad Tipo A), se puede estimar que la intensidad fue del orden de *VII grados*.

4.2.2. Constitución

Varios edificios resultaron dañados a causa de los sismos. De ellos 7 viviendas fueron las que experimentaron daños severos y quedaron arruinadas según la prensa. La Escuela Vocacional debió ser desalojada. En el lugar no se registraron víctimas (**El Mercurio, La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Según Saint-Amand (1961) la intensidad en Constitución fue de *VI grados*.

Considerando que en la provincia del Maule abundaban las construcciones de adobe, aproximadamente el 63% según el censo de 1970 y reconociendo que hubo pocas casas que resultaron con daños mayores que un grado G3, se puede estimar que la intensidad en este lugar fue *poco mayor que VI grados*.

4.2.3. Copihue

La capilla de Copihue quedó con sus muros fuera de plomo y debió ser demolida. La oficina de la Compañía de Teléfonos tuvo que ser desalojada debido al mal estado de seguridad en que quedó el local (**El Mercurio, La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Suponiendo que las construcciones donde se ubicaba la oficina de la Compañía de Teléfonos y la capilla correspondían a construcciones de una clase de vulnerabilidad Tipo A, se puede estimar que la intensidad fue de **VI grados** en esta localidad dado el reducido número de edificios afectados.

4.2.4. Curicó

No se registraron daños materiales en la provincia (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Con la información anterior se puede establecer que Curicó quedó fuera del área de daños de los terremotos del mes de mayo de 1960, lo que significa que la intensidad fue **menor que VI grados** en Curicó.

4.2.5. Linares

En esta ciudad algunos edificios antiguos sufrieron agrietamientos en las paredes y hubo, asimismo, caída de revoques. La prensa de la época estima que el 50% de las casas habrían resultado con ligeros daños (G1 y G2) y de ellas, unas 476 viviendas habrían quedado inhabitables (G3 o mayor). Además se destaca que numerosos objetos de uso casero fueron arrojados al suelo (**El Mercurio, La Discusión**).

El local donde funcionaba el Servicio de Investigaciones de Linares quedó en malas condiciones, lo cual obligó abandonar algunos departamentos por el peligro que representaba su uso (**La Discusión**). De igual manera, todos los locales escolares sufrieron daños de un grado tal, que constituían un peligro para sus alumnos (G2) (**El Mercurio**).

La planta de IANSA pudo funcionar normalmente luego del sismo (**El Mercurio**).

El acceso del puente Huacarneco, sobre el río Longaví, sufrió agrietamiento del pavimento debido a la falla del terraplén, lo que obligó a usar el camino antiguo para viajar al sur (**La Mañana, El Diario Austral, El Mercurio, La Discusión**). Además el puente ferroviario sobre el mismo río quedó cortado, dejando paralizado el tránsito ferroviario hacia el sur (**La Mañana**).

No se registraron muertos pero sí un herido grave (**La Mañana, El Mercurio, La Discusión y Revista Ercilla**).

Estimación de la Intensidad

Como antecedente, la prensa informa que la intensidad en Linares fue de V grados (**La Mañana**).

Para estimar un valor de la intensidad con la información reunida debe tenerse en cuenta que según el III Censo de Vivienda 1970, en la provincia de Linares, más del 55% de las viviendas eran de adobe o materiales de similar calidad (pandereta, pirca de piedra, quincha o barro empajado), un 24% de las viviendas eran de madera y un 17% de albañilería u hormigón. Con esta información se puede aceptar que la viviendas afectadas fueron principalmente las de adobe (Clase de vulnerabilidad Tipo A) y así con los porcentajes entregados por la prensa se puede estimar que la intensidad en esta ciudad fue de **VI-VII grados**.

4.2.6. Longaví

La información reunida destaca solamente la situación de casos particulares, es así como el Cuartel de Carabineros resultó destruido (grado de daño G3 o mayor) en tanto que el edificio

Consistorial, que se encontraba en construcción al momento de ocurrir los sismos, necesitó ser reparado. El templo parroquial de Longaví quedó con sus muros y su torre fuera de plomo (G3), lo que finalmente determinó su demolición (**El Mercurio**).

El camino longitudinal se hundió en una extensión de más de cien metros, dos kilómetros al norte del pueblo de Retiro, lo que obligó a habilitar como desvío el camino antiguo (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Los daños informados no son suficientes para determinar la intensidad en esta localidad. Sin embargo, reconociendo daños G3 en los edificios del cuartel y del templo, y reconociendo que en la zona predominaban las construcciones de adobe, se puede estimar que la intensidad fue de **VI-VII grados**.

4.2.7. Parral

No se registraron daños de consideración en esta localidad, tanto en los edificios públicos como en las viviendas particulares (**El Mercurio, La Discusión**). Los daños observados corresponden a agrietamientos, desplomes de muros y corrimientos de tejas. En algunos casos, el nivel de daños dejó las viviendas inhabitables, especialmente en aquellas viejas casas que soportaron el terremoto del año 1939 (**La Mañana, La Discusión**).

En total, unas 500 casas sufrieron los daños destacados y aproximadamente otras 100 debieron ser demolidas por su peligroso estado (G3) (**La Discusión**).

Daños en edificios de uso público

Los edificios que sufrieron mayores daños (G3) fueron los de Correos, Impuestos Internos, Identificación, Reclutamiento y el cuartel de la policía, mientras que el cuartel de Investigaciones sufrió la remoción de su techumbre (**La Mañana**).

Por otro lado, la casa parroquial de Parral sufrió deterioros en su frontis (**El Mercurio**) y la Compañía de Teléfonos debió ser desalojada debido al mal estado en que quedó el local en que funcionaba (**La Discusión**).

El Hospital no sufrió grandes daños (G3 o menor). Por otro lado, los locales de las escuelas N° 3, N° 6, N° 14 y N° 21 de la ciudad sufrieron daños que impidieron seguir realizando sus clases (G3 o mayor) y uno de ellos, el local de la escuela N° 21, debió ser demolido. Igualmente muchos otros locales de escuelas rurales fueron declarados ruinosos (**La Discusión**).

A raíz de los sismos, las comunicaciones telegráficas y telefónicas quedaron cortadas desde Parral al sur (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Según Saint-Amand (1961) la intensidad fue de V^+ *grados* en Parral, valor que no se compadece con los daños destacados en la prensa.

De acuerdo con el Censo de Vivienda de 1970, el 51% de las viviendas de la provincia de Linares eran de adobe tendido (Clase A). Teniendo en cuenta esta estadística, se acepta que la mayoría de las viviendas dañadas eran de este tipo de material. De acuerdo con la información de prensa, los daños fueron de un grado G3 o menor, lo que permite estimar una intensidad de **VI-VII grados** si se considera que las construcciones correspondían en su mayoría a la clase de vulnerabilidad tipo A y que las viviendas que sufrieron daños de un grado G3 es del orden de un 20%.

4.2.8. Talca

En toda la ciudad y en la zona, no se registraron daños materiales de consideración. Sólo casas viejas sufrieron leves agrietamientos (G1 y G2) a consecuencias del sismo (**La Mañana, El Diario Austral, La Discusión**). Un buen porcentaje de los edificios educacionales requirieron ser reparados, de lo que se deduce que sufrieron daños menores (G1). El anexo del Instituto Comercial, que se encontraba dañado antes del sismo del día 21 de mayo, vio agravado su estado

de seguridad, lo que sugería la construcción de un nuevo edificio para su funcionamiento (**El Mercurio**).

A 600 metros del cruce del Río Maule se hundió la berma pavimentada de la Carretera Longitudinal al sur, en un trecho de 50 metros y con una profundidad de un metro (**El Mercurio**). Los trenes de Talca pudieron transitar normalmente entre norte y sur, ya que en esta zona las vías no sufrieron daños que limitaran el funcionamiento de los ferrocarriles (**La Mañana**).

La ciudad quedó sin energía debido a desperfectos de la planta abastecedora (**El Mercurio**). Las comunicaciones no se vieron interrumpidas (**El Diario Austral, La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Según la prensa, el temblor fue de *IV grados* (**El Diario Austral, La Discusión, La Mañana**). Según Saint-Amand (1961) la intensidad fue de *V⁺ grados*.

El Censo de 1970 indica que en la provincia de Talca aproximadamente el 50% de las viviendas eran de adobe o materiales de similar calidad (Clase A de vulnerabilidad). Considerando que estas construcciones presentaron daños de un grado G1, se estima que la intensidad fue de *V grados*.

4.3. VIII REGIÓN DEL BÍO BÍO

4.3.1. Arauco

En Arauco el número de casas afectadas fue importante, lo que significó que faltasen los materiales para reconstruirlas (**El Sur**). El 80% de las casas resultó dañado (**El Mercurio**), es decir, presentaron daños de un nivel G1 o mayor. El maremoto no afectó a esta localidad (**El Mercurio**).



Vista de Arauco desde el Cerro Colo-Colo antes de los terremotos.
(Fuente: Internet)

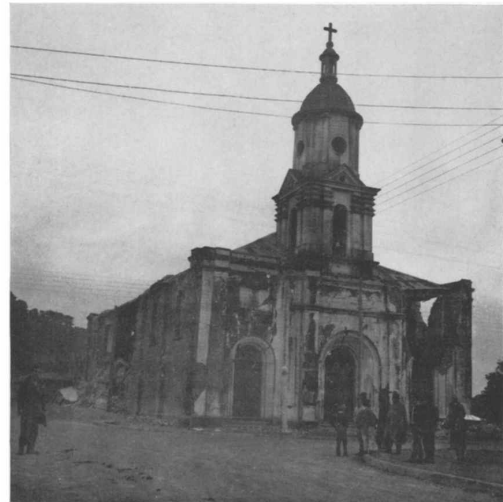


Plaza de Armas y Parroquia de Arauco antes de los sismos.
(Fuente: Internet)

Figura 4.2. Vistas de Arauco antes del terremoto.



Casa destruida con los terremotos en Arauco. (Fuente: Revista
Vea)



Iglesia de Arauco. La única parte que no sufrió grandes daños fue el campanario. La torre fue construida de hormigón armado y el resto de la iglesia fue hecha de albañilería de ladrillo con mortero de cemento (Álvarez, 1963).

Figura 4.3. Daños en la ciudad de Arauco.



Figura 4.4. Restos actuales de la parroquia de Arauco.

Daños en edificios de uso público

Los terremotos de los días 21 y 22 de mayo dañaron los edificios de la Primera Comisaría de Carabineros, la Iglesia, la Intendencia y la Prisión de Arauco (**El Diario Austral, El Mercurio y La Discusión**). La Escuela Vocacional N° 39, de albañilería de ladrillo y techo de tejas españolas, sufrió daños que constituían un peligro para los transeúntes, por lo que las autoridades decretaron su demolición. El sismo del día 21 de mayo ocasionó además el derrumbe (G4 a G5) del local de la Escuela N° 22, donde funcionaba la Escuela N° 2, matando a un hombre (**El Mercurio**).

Daños en obras civiles

Los puentes “Chivilingo” y “Los Cuervos” sufrieron daños que permitieron sólo el paso de vehículos livianos como camionetas y automóviles (**El Sur**).

Servicios

Los servicios de agua potable, de electricidad y los servicios de correos, telégrafo y teléfonos quedaron suspendidos, restableciéndose los dos primeros el día 24 de mayo (**El Sur**).

Desgracias Personales

La información de prensa difiere en cuando a la cantidad de muertos registrados en esta localidad. Mientras que “El Diario Austral” y “La Discusión” coinciden en que se registraron 5 muertos a raíz de los terremotos en Arauco, “El Mercurio” afirma que no hubo muertos en esta ciudad.

Estimación de la Intensidad

Según Álvarez (Álvarez, 1963) la intensidad en Arauco fue de VII grados.

Considerando que el 80% de las viviendas, resultaron con un daño mayor o igual a un nivel de daño G2 y que ellas correspondería a una clase de vulnerabilidad del tipo B, se puede estimar que en Arauco la intensidad fue **VII-VIII grados**. Esta estimación se refuerza si se considera que edificios construidos en albañilería y los más modernos de hormigón, como la Intendencia, la Parroquia y las escuelas sufrieron daños importantes (G3 o mayor).

4.3.2. Bulnes

Esta localidad fue bastante afectada por los sismos del día 21 y 22 de mayo, resultando el 40% de las viviendas agrietadas (daños del tipo G1 a G2) y un 20% inhabitables (daños del tipo G3 a G5) (**La Discusión**). La prensa destaca que muchas de las casas afectadas habían quedado en mal estado después del *terremoto de 1939* ($I = IX$, Moya, 2002) y después un sismo ocurrido el *6 de mayo de 1953*.

En relación con los edificios de uso público, la situación fue la siguiente: la escuela de Bulnes debió ser demolida por las malas condiciones en que quedó (**El Mercurio**); la cárcel quedó inservible y la población penal tuvo que pernoctar en un principio en el patio y luego ser trasladados a una nueva cárcel en construcción; el local del retén de Carabineros de Santa Clara quedó destruido, y en la misma condición quedó el local de la escuela N°9 y N°10 ;el Hospital quedó sin agua potable; de un total de 48 escuelas fiscales del Departamento (según la división

administrativa vigente al año 1960), sólo 11 funcionaban en locales adecuados, mientras que las 5 escuelas particulares funcionaban en locales en buen estado (**La Discusión**).

Es interesante destacar que no se destacan daños en la iglesia de Bulnes, la cual había sido destruida por el terremoto de 1939 y luego reconstruida a partir de 1944, finalizando su construcción en el año 1959, constituyendo el actual edificio parroquial (ver Figura 4.5). La nueva construcción es de hormigón armado.



Iglesia de Bulnes luego del terremoto de 1939.



Actual Parroquia de Bulnes.

Figura 4.5. Vista de la Iglesia de Bulnes (Fuente: www.municipalidaddebulnes.cl).

El servicio eléctrico quedó interrumpido y con esfuerzos se pudo mantener el servicio en forma normal (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

De acuerdo con las cifras entregadas por la prensa y considerando que las viviendas de madera y albañilería se distribuyen en parte iguales en esta zona del país (ver Figura 4.6) y que ellas se clasifican como una clase de vulnerabilidad del tipo A, dadas las condiciones que se encontraban cuando ocurrió el terremoto, se puede estimar que la intensidad en Bulnes fue de **VII grados**.



Calle Carlos Palacios – Año 1900.



Calle Carlos Palacios – Año 1945.

Figura 4.6. Vista de la ciudad de Bulnes. (Fuente: www.municipalidaddebulnes.cl).

Si se considera que las viviendas correspondían a construcciones de una clase de vulnerabilidad del tipo B, la intensidad que resulta con las cifras entregadas por la prensa es de VII –VIII grados. Este valor es exagerado ya que significaría que edificios como la parroquia de Bulnes habría tenido daños, los que hubiesen sido destacados por la prensa.

4.3.3. Cabrero

En este lugar, el 10% de las casas quedaron habitables (G2 o menor). Entre los edificios de uso público que resultaron dañados, se destacan las oficinas del Servicio de Seguro Social y Tesorería, las Escuelas de la localidad y la Tenencia de Carabineros (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que sólo el 10% de las casas quedaron habitables (daño G0 a G2), se puede suponer que la mayor parte de las viviendas de este lugar eran de adobe o bien construcciones que por sus condiciones pueden clasificarse como clase de vulnerabilidad Tipo A, con lo cual se puede estimar que la intensidad fue de **VII-VIII grados**.

4.3.4. Cañete

Como consecuencias del terremoto del día 21 de mayo y de los posteriores movimientos sísmicos registrados, la población urbana y rural del Departamento de Cañete sufrió daños materiales considerables en las techumbres de sus casas, estimándose que el 80% de las casas sufrió la pérdida parcial de sus techumbres y un 5% la pérdida total de ellos. También hubo varias viviendas de construcción sólida, que sufrieron agrietamientos en sus exteriores e interiores. A raíz de los daños, 25 casas de gente modesta de los alrededores de la ciudad debieron ser evacuadas de inmediato (**El Sur**).

Los edificios de uso público más dañados fueron el Servicio de Seguro Social, el Centro Deportivo Juvenil, el Club Social, el Teatro Plaza y la Iglesia Parroquial de Cañete (ver Figura 4.7). Además, se constataron agrietamientos y daños materiales cuantiosos en el Hospital “San Esteban” de la localidad; pero pese a ello continuó prestando eficientes servicios sin necesidad de realizar evacuaciones a ningún enfermo. También hubo daños considerables en el Cementerio Municipal, debido al derrumbe de varias bóvedas y numerosos nichos que se partieron por efectos del terremoto del día 21 (**El Sur**). Los locales escolares pudieron ser utilizados para albergar a familias damnificadas, por lo que se infiere que éstos quedaron en condiciones de ser habitados luego de los sismos (**El Mercurio**).



Iglesia de Cañete en 1941. (Fuente: www.renacerdearauco.cl)



Daños. (Fuente: www.miguelgonzalez.cl/fotos)

Figura 4.7. Iglesia de Cañete.

Los servicios básicos se vieron afectados, suspendiéndose el suministro eléctrico durante los tres primeros días posteriores a los terremotos e interrumpiéndose las comunicaciones telefónicas y telegráficas con los pueblos de la zona y con el resto del país (**El Sur**).

Los diversos medios de prensa consultados coinciden en que las víctimas fatales en Cañete ascendieron a siete.

Estimación de la Intensidad

Con los antecedentes reunidos se puede destacar que un número importante de viviendas sufrió el corrimiento de las tejas de sus techumbres (G2) y que los edificios de construcción sólida (clases B o C) mostraron agrietamientos del tipo G2 y G3. Teniendo en cuenta lo anterior se puede estimar una intensidad de **VII-VIII grados** para este lugar.



Figura 4.8. Techumbre de tejas en construcción de madera. Hospital antiguo de Cañete. (Fuente: www.miguelgonzalez.cl/fotos).

4.3.5. Carampangue

El 70% de las casas resultaron parcialmente averiadas, lo que se puede interpretar que estos daños fueron entre un grado G1 y G3, y 100 casas (correspondientes a aproximadamente el 20% del total) resultaron destruidas (G4 y G5) (ver Figura 4.9). El sector de “*La Meseta*” fue el más castigado (**El Sur**).

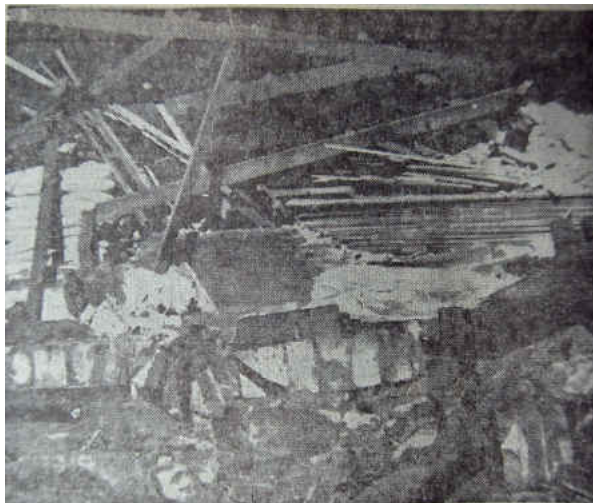


Figura 4.9. Una de las tantas viviendas colapsadas. (Fuente: El Sur)

Los edificios públicos más dañados fueron: la Estación de Ferrocarriles, que quedó totalmente destruida y en el suelo; la iglesia local, que era orgullo de los carampanguinos por haber sido construida por sus propios esfuerzos, donando los materiales y aportando trabajo personal, y de la que sólo quedaron sus ruinas, pues se desplomó totalmente dañando seriamente la propiedad vecina; las Escuelas N°5 y N°6, que funcionaban en locales centenarios, y el Retén de Carabineros que fue declarado inhabitable. Este último quedó en pie, pero sus bases quedaron todas cortadas. El Matadero Municipal también quedó en ruinas. La Escuela de “*La Meseta*” no sufrió daños de consideración y fue la única construcción que escapó de las ruinas en este lugar (**El Sur**).

Los caminos que comunican a esta localidad con otros lugares de la provincia de Arauco se agrietaron dejando a la localidad aislada por tierra. Las comunicaciones ferroviarias quedaron

interrumpidas. Lo mismo sucedió con la energía eléctrica y las comunicaciones telefónicas (**El Sur**).

Desgracias Personales

Pese a la gran pérdida material del lugar, sólo hubo 8 muertos y 48 heridos graves (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

Con las cifras destacadas y considerando que las construcciones eran antiguas, lo que permite establecer que correspondían a una clase de vulnerabilidad del tipo B, en el mejor de los casos, se puede estimar que la intensidad fue de **VIII grados** y por lo menos ½ grado más en el sector llamado La Meseta, dado que el nivel de daño fue mayor.

4.3.6. Chiguayante

La prensa reconoce que hubo daños en Chiguayante sin entregar mayor detalle de ellos (**La Discusión**).

El sector industrial de este lugar, importante en la época, se vio afectado. Es así como la Fábrica de Algodones de Chiguayante tuvo daños de consideración en las chimeneas, las techumbres, los muros y salas de operaciones; el piso se desniveló quedando la maquinaria descentrada (**El Mercurio y La Unión**). Una de las industrias más dañadas de la provincia de Concepción, fue la fábrica textil Caupolicán de Chiguayante, la que paralizó sus labores por aproximadamente 90 días (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

La información reunida solamente es suficiente para determinar que se registraron daños materiales de cierta consideración (G3 o mayor); teniendo en cuenta este antecedente se puede estimar que la intensidad fue por lo **menos de VII grados**.

4.3.7. Chillán

Los daños en Chillán y en la provincia de Ñuble fueron cuantiosos debido a que la gran parte de las casas afectadas por el terremoto del año 1939 ($I = X$, Moya, 2002), y que no alcanzaron a caer en aquella ocasión, fueron sometidas a reparaciones inadecuadas (**El Sur**). En la provincia de Ñuble resultaron especialmente dañadas las viviendas de campesinos y las instalaciones agrícolas, silos y bodegas (**La Discusión**).

Los daños causados por el terremoto del día 21 de mayo de 1960 sobrepasaron los observados después del terremoto del año 1953, y si en esa fecha quedaron 600 casas dañadas, todas ellas no pudieron seguir siendo habitadas luego de los terremotos de 1960 (**El Sur**). Por otro lado, el 90% de las casas que resistieron el terremoto de 1939 y que quedaron en pie luego de los terremotos de 1960, quedaron absolutamente inhabitables, y se recomendó demolerlas rápidamente porque no soportarían otro remezón de magnitud (**La Discusión**).

En Chillán las viviendas que quedaron en malas condiciones e inhabitables, destruidas o gravemente deterioradas al derrumbarse sus techos y paredes, se ubicaban en *los sectores suburbanos y en las poblaciones*, donde las construcciones eran antiguas o *improvisadas y de emergencia*. El mayor porcentaje de ellas se encontraban en las poblaciones del sector ubicado al poniente de la línea férrea. Entre los sectores más afectados se encontraban las poblaciones Bartolucci y Santa Elvira (**El Sur, La Discusión**).

Contrasta con lo anterior lo observado en las doce manzanas que conforman el sector céntrico de Chillán, el cual fue reconstruido por completo después del terremoto de 1939 (Moya, 2002). Este sector se mostraba en su mayor parte con la cara limpia, escapando a las consecuencias de los sismos pero igualmente algunas casas sufrieron daños que las dejaron prácticamente inhabitables (Daños G3) (**El Sur, La Discusión**).



Figura 4.10. Daños en Chillán (Foto cortesía de E. Kausel).

Según la información reunida, la situación en la ciudad de Chillán se puede resumir de acuerdo a los siguientes puntos:

- 300 casas resultaron destruidas totalmente y aproximadamente 1.000 quedaron en malas condiciones, estado que las hacían inhabitables. Otras 600 quedaron en un estado de seguridad peligroso y 250 debieron ser evacuadas. Las pérdidas de menajes y enseres fueron igualmente cuantiosas (**El Mercurio y La Discusión**).
- En ediciones posteriores, la prensa informa que debió procederse a la demolición de 300 casas que constituían un evidente peligro para la seguridad pública, 500 viviendas quedaron destruidas totalmente, 1500 casas inhabitables y 3000 construcciones resultaron dañadas gravemente. 470 familias, equivalente a más de 2.500 personas, albergaron en 17 escuelas de la ciudad (**La Discusión, El Sur**).
- Las encuestas hechas por funcionarios competentes en el año 1960 luego de los terremotos, acreditan un total de 7.800 casas en la ciudad de Chillán y en sus barrios inmediatos. De ellas no más de 2.000 eran nuevas y asísmicas y del saldo hay parte de adobe bien edificada y una gran porción pésimamente construida con los peores materiales. El temblor del día 21 echó por tierra estas últimas que formaban grupos habitacionales levemente superiores a una población callampa (**La Discusión**).

El 25% de las 7.800 propiedades de la ciudad quedaron dañadas en estado regular a grave. Del total de propiedades, 800 correspondían a sitios vacíos y 2.000 a casas asísmicas (Clase de vulnerabilidad Tipo C), con lo que quedan 5.000 casas (Clase de vulnerabilidad

Tipo A) y de éstas 2.000 (40%) resultaron totalmente destruidas e inhabitables (G3 o mayor), mientras que las 3.000 de diferencia (60%) quedaron dañadas en estado regular a grave (G2 o menor) (**La Discusión**).

- El vecino pueblo de Chillán Viejo debió ser reconstruido casi totalmente, ya que la mayoría de sus casas, ruinosas o deterioradas desde los *terremotos de 1939 y 1953*, terminaron por derrumbarse o por quedar inhabitables con el sismo del día 21 de mayo (**La Discusión**).
- En cuanto al sector rural, incluidos pequeños villorrios y viviendas de inquilinos, muy numerosos en una zona esencialmente agrícola, la destrucción de viviendas se calculó en un 80%. Hubo 250 familias evacuadas (alojando en locales escolares) más las que durmieron fuera de sus casas (**El Mercurio y La Discusión**).

El terremoto del día 22 de mayo produjo nuevos derrumbes en las poblaciones, adicionales a los ya ocurridos el día 21 (**La Discusión**).

A la izquierda de la Figura 4.11 se muestra el estado en que quedó una construcción dañada en Chillán, mientras que la imagen de la derecha muestra un grupo de niños damnificados por el terremoto.



Casa destruida en los barrios suburbanos por el terremoto.
(Fuente: El Mercurio)



Damnificados del terremoto. (Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 4.11. Aspectos del terremoto en Chillán.

Daños en instalaciones industriales y comercio

El sismo del día 21 produjo filtraciones en partes del canal de aducción de la central hidroeléctrica de “El Abanico” (provincia de Ñuble), que abastecía a la mayor parte del país con una capacidad de 135.000 kvts. No hubo perjuicios en la Casa de Máquinas ni en los equipos. Solamente el canal sufrió algunos desperfectos, por filtraciones del cerro, ajenas a la estructura misma del canal. (**La Discusión**).

El terremoto no afectó a los centros productores ni de trabajo, pero la psicosis se tradujo en falta de interés de los jefes de hogares modestos por trabajar. Además, fueron muchos los comerciantes que perdieron gran cantidad de mercadería al derrumbarse las estanterías de sus establecimientos. También se informa de la rotura de dos fudres en una bodega de vino, con lo cual se perdieron varios cientos de litros de vino (**La Discusión**).

Daños en establecimientos e instituciones públicas

La sección donde estaban los asilos de ancianos y ancianas del Hospital Viejo, construcción de vieja data de construcción, quedó en mal estado debido al agrietamiento de sus murallones de adobes y al daño de su techumbre. (**La Discusión**). El edificio del hospital de Chillán no sufrió daños (**El Mercurio**).

Daños de consideración sufrieron los locales de diversas unidades policiales a través de toda la jurisdicción. Modestos y precarios locales que servían para el funcionamiento de oficinas públicas en los distintos pueblos quedaron, igualmente, destruidos o dañados seriamente, al extremo que tuvieron que ser evacuados. Los edificios de los retenes de Ñiquén y Tanilbero, dependientes de la Comisaría de San Carlos, como la Segunda Comisaría de Chillán, quedaron destruidos (**El Mercurio**).

En los establecimientos educacionales de la ciudad de Chillán no hubo daños serios, entre estos locales se destacan el Liceo de Niñas, el Liceo de Hombres, la Escuela Industrial, el Instituto Comercial, la Escuela Normal y el Seminario. Sólo hubo perjuicio notable en la vajilla con que se contaban para la atención de los alumnos de los internados. En el radio urbano de la ciudad de

Chillán, 17 locales escolares fueron ocupados para albergar a los damnificados. (**La Discusión, El Mercurio**). En las zonas campesinas de la provincia de Ñuble, 120 locales escolares, muchos de ellos todavía con daños de sismos anteriores, quedaron inutilizados después de los terremotos de 1960 (**El Mercurio, La Discusión**).

El nuevo pabellón de Regimiento “Chillán” sufrió algunos agrietamientos, mientras que la Cárcel y el edificio de la Caja de Crédito Prendario no presentaron daños (**La Discusión**).

Daños en obras civiles

En el camino longitudinal sur, frente a la ciudad de Chillán, se produjeron varias grietas. Los caminos más importantes del Departamento no sufrieron daños que pudieran obstaculizar el tránsito de vehículos (**El Diario Austral, La Unión, La Discusión**).

Las líneas del ferrocarril central quedaron en buenas condiciones desde Santiago a Chillán y desde Chillán a San Rosendo (**El Mercurio**). Se registraron hundimientos de la línea cerca de Bulnes y el tramo de Chillán a Concepción, quedó con rieles saltados, de igual manera que de Chillán a Talca (**La Discusión, El Austral**).

El puente carretero y el ferroviario sobre el río Ñuble no sufrieron daños. Sin embargo, en el puente ferroviario Larqui se hundieron los terraplenes de acceso de ambos lados, quedando la vía férrea prácticamente en el aire (**La Discusión**).

Servicios

El servicio de agua potable de la ciudad de Chillán fue interrumpido debido al daño sufrido por una cañería matriz, lo que hizo que el servicio se normalizara el día 23 de mayo, conjuntamente con los servicios de Cobquecura, Quirihue, San Carlos, Ninhue, Bulnes y Yungay (**La Discusión, El Austral y La Unión**).

El servicio de luz eléctrica fue interrumpido (**La Discusión y El Diario Austral**) y el alumbrado sufrió serias consecuencias (**El Sur**).

Tanto el servicio de telégrafo como el telefónico fueron interrumpidos. Los daños sufridos por las postaciones en diversos sectores ocasionaron serios resentimientos en las comunicaciones telegráficas al norte y al sur desde Chillán. Hubo numerosos postes en el suelo con las líneas cortadas (**La Discusión**).

Desgracias Personales

La Tabla 4.2 resume el número de víctimas informadas por la prensa de la época:

Tabla 4.2. Víctimas en Chillán según la prensa de la época.

FUENTE	MUERTOS	HERIDOS		
		Graves	Leves	Totales
<i>La Discusión</i>	4	6	6	12
<i>El Diario Austral</i>	6	-	-	-
<i>El Mercurio</i>	4	-	-	13
<i>La Mañana</i>	5	-	-	-
<i>El Sur</i>	3	-	-	-
<i>La Unión</i>	5	-	-	-
<i>Revista Ercilla</i>	7	-	-	12

Estimación de la Intensidad

Según la prensa la intensidad en Chillán fue de *VI grados* (**El Austral**) y *VII grados* (**La Mañana**). Además se destaca que el sismo fue de menor violencia que en Concepción, Coronel, Lota, Chiguayante, Penco y Tomé, causando daños inferiores (**El Mercurio**).

Según Saint-Amand (1961) la intensidad en Chillán fue de *V grados* en el terremoto del día 21 de mayo y de *VI grados* el día 22 de mayo.

Como se puede apreciar no hay coincidencia en los valores entregados. Teniendo en cuenta esta situación y aprovechando la información reunida, especialmente los datos de la encuesta realizada por funcionarios competentes, se puede estimar que la intensidad en Chillán fue *levemente menor que VII grados* si se acepta las 5000 viviendas son de la clase de vulnerabilidad Tipo A.

Este valor es consistente con el hecho que las construcciones hechas después del terremoto de 1939 en el sector céntrico de Chillán no experimentaron daños y que se perdiera parte importante de algunos contenidos.

4.3.8. Cobquecura

El 50% de las construcciones resultaron gravemente dañadas (G3) en esta localidad a raíz de los sismos. Entre ellas se encontraba el Retén de Carabineros, el que quedó en una peligrosa condición (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que las construcciones de este lugar pertenecían a una clase de vulnerabilidad del Tipo A, como se muestra en la Figura 4.12, con el porcentaje destacado por la prensa se puede estimar que la intensidad fue de **VII grados**.



Figura 4.12. Vista de viviendas de adobe de Cobquecura.

4.3.9. Coelemu

Coelemu fue fundada en 1750 por el Gobernador Domingo Ortiz de Rozas, que la bautizó como Villa Jesús de Coelemu. Fue fundada a orillas de los ríos Itata y Coelemu, pero las frecuentes inundaciones obligaron a su traslado a la parte alta que hoy ocupa. En este lugar resultaron dañadas el 30% de las casas, aunque ninguna de ellas fue destruida totalmente, quedando en su mayoría parcialmente averiada y habitable (G3 o menor). Las casas que quedaron en peores condiciones correspondían a hogares de modestos obreros (Clase A). Reforzando lo anterior, se informa que un porcentaje importante de las casas (35%) quedaron seriamente dañadas (G3) (**El Sur**).

No se registraron desgracias personales como consecuencia del sismo (**El Sur**).

Daños en edificios públicos

La mayoría de los edificios públicos fueron destruidos o semidestruídos por el temblor, por lo que éstos debieron trasladarse al inmueble que ocupaba la Municipalidad, entre ellos se destacan la Tesorería y Correos. También se comprobó un hundimiento en la parte posterior de la Escuela N°7 de Niñas. El recinto del hospital quedó en pésimo estado (**El Sur, El Mercurio**).

Servicios

Tanto los servicios de agua potable y energía eléctrica funcionaron normalmente (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

De la información reunida se puede deducir que los daños importantes (G2 o mayor) se registraron principalmente en las viviendas correspondientes a la clase de vulnerabilidad A y que aproximadamente el 35% de las casas resultaron con este tipo de daños. Lo anterior permite estimar que la intensidad en Coelemu fue de **grado VI-VII a VII**.

4.3.10. Coihueco

El sismo ocasionó daños materiales en esta localidad, dejando varias familias prácticamente en la calle. Los daños ocasionados en la mayoría de las viviendas corresponden a desplomes de murallas interiores, caída de estucos, tejas corridas, techos hundidos, muchas murallas en el suelo y destrozo del menaje de sus casas. El daño en las techumbres fue generalizado (**La Discusión**). En cifras, lo anterior se expresa en 10 casas destruidas (G3) y otras 15 que debieron ser demolidas (G4 o mayor).

Con el movimiento del día 22 de mayo, las casas quedaron en peores condiciones (**El Sur, La Discusión**).

Los comerciantes de Coihueco estimaron en un gran valor sus pérdidas por los destrozos ocasionados en sus vitrinas y estanterías que se volcaron (**La Discusión**).

Daños en los establecimientos de uso público

La casa parroquial sufrió serios daños, quedando todas sus murallas agrietadas.

La Escuela de Coihueco sufrió también la violencia de los movimientos sísmicos; sus servicios higiénicos quedaron en pésimas condiciones de funcionamiento, lo que revestía un grave peligro para los alumnos. La construcción era de madera y posterior al terremoto de 1939. El edificio necesitó varias reparaciones; fuera de los servicios higiénicos, hubo que acondicionar sus salas (**La Discusión**).

Servicios

Las comunicaciones entre Coihueco y Chillán quedaron totalmente cortadas, tanto el telégrafo como el teléfono (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

De acuerdo con la información reunida y considerando que la mayoría de las viviendas eran de adobe con techumbres de tejas de arcilla (Clase vulnerabilidad del Tipo A), se estima que la intensidad en Coihueco fue de **VII grados**.

La estimación de este valor se hace considerando que un número importante de las viviendas sufrió daños mayores que un grado G2 (Corrimientos de teja) y pocas debieron ser demolidas (Daño G4). No se descarta que este valor pueda estar afectado por los daños existentes en muchas viviendas como efecto del terremoto de 1939 ($I = IX$, Moya, 2002).

4.3.11. Coliumo

Los sismos causaron cuantiosos daños materiales en las construcciones de este lugar. Más allá de los daños provocados por el sismo del día 21, las tres salidas de mar el día 22 de fue lo que más perjuicio ocasionó en esta localidad. Estas salidas de mar arrasaron, entre otros, cinco casas de construcción ligera. No hubo desgracias personales (**El Sur, El Mercurio**).

La Empresa Pesquera Austral perdió más de 500 tambores de aceite de exportación y un barco. Además la mayoría de sus maquinarias debieron ser desmontadas para una revisión, pues estuvieron bajo el agua. La firma Anno Holz, criadera de aves, perdió más de 2000 gallinas de raza, aparte de las instalaciones respectivas (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

La información reunida corresponde a los daños producidos principalmente por las salidas de mar, por lo que no es posible estimar un valor de la intensidad macrosísmica en Coliumo.

4.3.12. Colliguay

La información entregada por la prensa es escasa. Sin embargo, se destaca que con el terremoto del 21 de mayo la Escuela N° 27 de Colliguay habría quedado con sus murallas de tabiques desplomadas, quedando inhabitable por los riesgos que bajo estas condiciones representaba para profesores y alumnos (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que los daños que sufrió la escuela correspondan a un grado G3 y suponiendo que es una construcción de la clase de vulnerabilidad Tipo A, se puede estimar una intensidad de **VI-VII grados**.

4.3.13. Concepción

El sismo del día 21 de mayo destruyó casi un tercio de la ciudad; en cambio el terremoto de la tarde del 22 de mayo no produjo nuevos daños y sólo terminó por derribar las pocas casas de construcción antigua que aún mantenían una peligrosa estabilidad (**El Mercurio, Revista Ercilla**).

Los edificios que sufrieron mayores daños fueron la edificación antigua, las iglesias y las casas que habían quedado en mal estado a causa del sismo de 1939 ($I = VII-VIII$, Moya, 2002) (**La Discusión, La Unión**). En general, las estructuras más nuevas con diseño sísmico se comportaron adecuadamente, aun cuando algunas exhibieron daños de consideración (**Steinbrugge y Clough, 1960**). Al sobrevolar la ciudad, se podía observar casas derrumbadas y escombros amontonados en las calles, algo que no se veía al sobrevolar Tomé y Penco (**El Mercurio**).

Del orden de 100 casas y edificios de importancia resultaron “*destruidos*”, como así también numerosas otras construcciones menores ubicadas en distintos barrios de la ciudad. Después de una primera inspección de la ciudad, se estimó que entre un 25% y un 30% de las casas estaban seriamente dañadas y en algunos casos se aconsejaba la demolición inmediata. Además de estos

daños, se produjeron tres incendios debidos al sismo, los que afectaron el Liceo Fiscal de Niñas (ver Figura 4.13), la Fábrica de Galletas Sauré y el Restaurante Strómboli. El 90% de los penquistas tuvo daños en sus menajes y enseres de hogar. (**El Diario Austral, El Mercurio, Revista Ercilla, El Sur**).



Liceo de Niñas N°1, ardiendo interiormente, en calle Freire esquina de Cochrane. (Fuente: La Unión)



Estado en que quedó el liceo de Niñas N° 1 después del incendio el frente de la calle Rengo del plantel. (Fuente: El Sur)

Figura 4.13. Incendio del Liceo Fiscal de Niñas.

El centro de la ciudad, la plaza de la Independencia y calles tan importantes como Barros Arana, Colo Colo y otras, se encontraban, en las primeras horas del día 21, cubiertas de escombros, especialmente de tabiquerías, en su mayoría de adobe y algunas de ladrillo tendido. En casi todas las cuadras de la zona céntrica de la ciudad, como las calles Barros Arana, Freire y O'Higgins, habían caído por lo menos dos o tres casas (**El Mercurio**). Había calles con mucho daño, como Freire, Carrera y Maipú, entre muchas otras, los edificios tenían sus murallas dañadas, no tenían vidrios y amenazaban con venirse al suelo. Las calles Lincoyán, Las Heras, Puchacay y otras, mostraban hileras de casas derrumbadas y sin techo (**Revista Vea, La Discusión**). Las principales demoliciones se ejecutaron en las calles Las Heras, Carrera y Maipú (**El Sur**). Barros Arana, la calle principal de Concepción, parecía el eje que dividió a la ciudad en dos sectores desde el punto de vista del daño. En el sector hacia Talcahuano, el sismo causó mayores

destrozos, tal vez porque en él se encontraban las casas más modestas. En el otro sector, de construcción más sólida (hormigón y albañilería confinada), los daños no fueron tan graves.

Las 25 poblaciones que rodeaban el radio urbano de la ciudad resultaron ser las más afectadas y entre ellas las que se ubicaban al otro lado de la línea ferroviaria (**La Discusión**). Hubo derrumbes de numerosas viviendas situadas a la entrada de la ciudad en los barrios de Puchacay y Chillancito. En la población de Villa Presidente Ríos, que estaba siendo construida por la Fundación para la Vivienda, se dañaron solamente las pandereteas divisorias de los patios (**El Sur**).

La destrucción afectó mayormente a los edificios antiguos y reparados (**Revista Ercilla**). Estos edificios en su mayoría presentaban los exteriores derrumbados y otros, aparentemente en buen estado, tenían sus interiores muy dañados, lo que hizo necesario su evacuación. Prácticamente todos los techos de la ciudad resultaron con las tejas caídas (**El Mercurio**).

En la Figura 4.14 a la Figura 4.21 se muestran daños en las viviendas de Concepción.

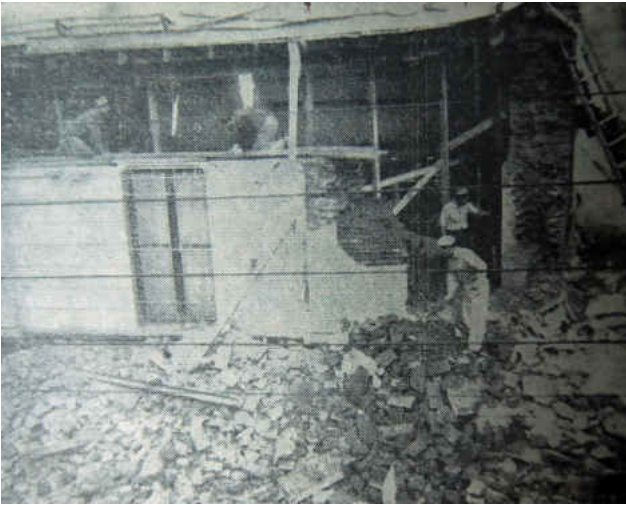


Derrumbe en casas de la calle Carrera. (Fuente: El Mercurio)



Casa esquina de la calle Ongolmo desmoronada completamente. (Fuente: El Mercurio)

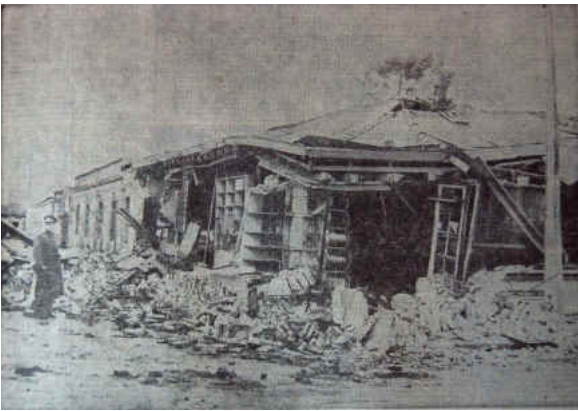
Figura 4.14. Daños en Concepción.



Tintorería "Gobelinos", en Colo Colo entre Barros Arana y Freire.



Trabajo de remoción de escombros en Colo Colo esquina Freire, frente al diario "El Sur". (Fuente: El Sur)



Almacén del barrio Puchacay, semi derrumbado por el terremoto. (Fuente: El Mercurio)



Un montón de escombros señalan el sitio donde antes hubo una esquina, próxima al centro de la ciudad. (Fuente: El Mercurio)

Figura 4.15. Daños en Concepción.



Calle Freire. La cuadra norte, entre Caupolicán y Aníbal Pinto. (Fuente: El Sur)



Obstrucción de la vía pública en Las Heras con Rengo. (Fuente: El Sur)



Una vivienda en el suelo, se observa la techumbre de la casa, totalmente hundida. Escenas como ésta se observaban en todos los sectores de Concepción. (Fuente: El Mercurio)



Demolición de la esquina comercial de Freire con Aníbal Pinto.

Figura 4.16. Daños en Concepción.



Despeje en la calle Maipú entre Caupolicán y Aníbal Pinto. (Fuente: El Sur)



Retiro de escombros en un sector de Maipú. (Fuente: El Sur)



Estado de la Calle Los Carreras, entre Arturo Prat y Serrano, cuya edificación en su mayor parte había soportado ya el violento sismo de 1939. (Fuente: El Sur)



Casas destruidas en Calle Maipú, entre Colo Colo y Castellón. (Fuente: El Sur)

Figura 4.17. Daños en Concepción.



Daños causados en un sector de Los Carrera, entre Aníbal Pinto y Colo Colo.
(Fuente: El Sur)



Restos de una casa.



Cuadrillas de obreros despejan escombros en las calles céntricas de Concepción, que durante días estuvieron cerradas al tráfico de vehículos y peatones. (Fuente: Revista Ercilla)

Figura 4.18. Daños en Concepción.



Calle en ruinas en Concepción. (Fuente: Revista Vea)



Vivienda destruida. (Fuente: Revista Ercilla)



Ruinas en la calle Los Carreras. (Fuente: Revista Zig Zag)



Una calle de Concepción, después de los dos terremotos. (Fuente: Revista Zig Zag)



(Fuente: Revista Zig Zag)



Calle Los Carrera. (Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 4.19. Daños en Concepción.



(Fuente: La Unión)



Vieja casa de una de las antiguas calles de Concepción. (Fuente: La Unión)



Esquina de la calle Bulnes, como se veía en las primeras horas luego del terremoto del día 21. (Fuente: La Unión)



Calle de Concepción. (Fuente: La Unión)

Figura 4.20. Daños en Concepción.



Una inmensa cantidad de piedras y ladrillos muestran cómo se derrumbó y desintegró esta casa después del terremoto del día 21 de mayo. La puerta que se ve sobre el hacinamiento, pertenecía a un segundo piso. La habitación vecina resistió a medias. (Fuente: La Unión)



Calle Freire. (Fuente: La Unión)



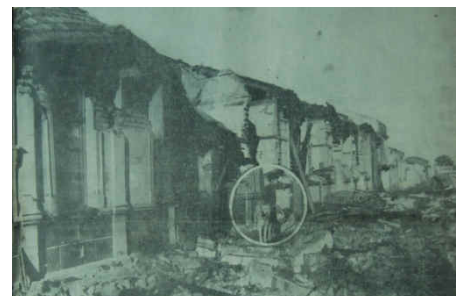
Esta inmensa cornisa de hormigón se desprendió de un edificio de la calle Aníbal Pinto y causó tres víctimas. (Fuente: La Unión)



Casa derrumbada. (Fuente: La Unión)



Destrucción en la ciudad de Concepción. (Fuente: El Mercurio)



(Fuente: La Unión)

Figura 4.21. Daños en Concepción.

El terremoto del 21 de mayo demostró que todos los edificios modernos, de 10 ó 15 años de construcción, contruidos según las disposiciones de la ley especial dictada luego del terremoto de 1939, resistieron perfectamente los violentos temblores del 21 y 22 de mayo, del mismo modo ocurrió con las poblaciones de casas de madera (**Revista Ercilla, Revista Zig Zag, La Unión**). Esto se pudo comprobar tanto en la ciudad de Concepción como en el resto de las ciudades de la provincia, aunque no ocurrió lo mismo con la construcción antigua de adobes y albañilería de ladrillos sin amarras de concreto (Clase B de vulnerabilidad), la cual sufrió severos daños. De este modo se puede destacar que los edificios asísmicos sólo sufrieron destrozos en sus revoques de yeso y en las cornisas (G2) (**El Mercurio**). En las imágenes de la Figura 4.22 se muestra el estado en que quedaron las construcciones modernas.



El Edificio RIDIVAL, inaugurado el año 1960 poco antes de los terremotos de mayo. No sufrió daños. (Fuente: El Mercurio)



El edificio Aníbal Pinto, ubicado en la calle del mismo nombre, era un moderno edificio de 8 pisos y de construcción compuesta de hormigón armado y albañilería reforzada. Resistió el terremoto del 21 de mayo. Fue entregado el año 1957. (Fuente: El Sur)

Figura 4.22. Estado de algunas construcciones modernas en la ciudad de Concepción, luego del terremoto del día 21 de mayo.

Encuestas de daños

En la ciudad de Concepción se hicieron varias encuestas o informes de daños, algunas de ellas se encuentran en la prensa y se destacan a continuación.

a. Encuesta realizada por el diario “El Sur de Concepción”; esta encuesta revela los hechos siguientes:

- Las casas destruidas llegaban casi a 4.000; las que no podían ser habitadas, a 3.000, y las personas sin techo sumaban no menos de 18.000 personas.
- Sólo en calle Maipú en 20 cuadras recorridas, había un total de 36 edificios que debían ser demolidos.
- El estado en que quedó la calle Los Carrera desde Avenida Prat hasta la cuadra 21, que empalma con Irrázabal, era impresionante por cuanto no existía cuadra en que no había un edificio en pésimo estado y, aún más, habían cuadras completas en que no quedó vivienda habitable.

b. La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile (FAU), realizó un trabajo inmediatamente después de ocurridos los terremotos y el cual consistió en recorrer las áreas de Concepción, Talcahuano, Coronel y Lota encuestando 6.125 de las 18.500 viviendas de esta área con el objeto de realizar una estadística de daños (Steinbrugge y Flores, 1963, Galli y Sanchez, 1963).

En este estudio, las construcciones se clasifican de acuerdo con la Ordenanza de Construcción y Urbanización (Steinbrugge y Flores, 1963), según detalla la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Clasificación de las construcciones chilenas según la Ordenanza General de Construcción y Urbanización (Steinbrugge y Flores, 1963).

TIPO	DESCRIPCIÓN
A	Estructuras de marcos de acero
B	Estructuras de hormigón armado
C	Estructuras de albañilería de ladrillo y bloques de hormigón hueco
D	Estructuras de mampostería de piedra
E	Estructuras de marcos de madera
F	Estructuras de adobe

Todos estos tipos excepto el Tipo A, fueron encontradas en Concepción y para efectos del estudio de daños realizado por la FAU, se subdividieron los grupos de la manera en que se indica en la Tabla 4.4 (Steinbrugge y Flores, 1963).

Tabla 4.4. Subdivisión de la clasificación de las construcciones chilenas.

TIPO	DESCRIPCIÓN
C-1	Albañilería confinada de ladrillos (<i>Clase C</i>)
C-2	Albañilería de ladrillos no reforzada (<i>Clase B</i>)
C-3	Albañilería confinada de bloques huecos de hormigón
C-4	Albañilería no reforzada de bloques huecos de hormigón
C-5	Combinación de tipos C-1 y C-2 en una misma estructura
E-1	Marcos de madera.
E-2	Marcos de madera con albañilería u hormigón. Particiones interiores de ladrillo o adobe.

Los resultados del estudio de comportamientos de las 6125 encuestadas se entregan en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Resultados de la encuesta FAU.

ESTRUCTURA		CONDICIÓN								
TIPO	DESCRIPCIÓN BREVE	BUENO		REPARABLE		PELIGROSO		DESTRUIDO		TOTAL DE VIVIENDAS
		Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	
C-1	Ladrillo reforzado	1.596	89,5	147	8,3	24	1,4	14	0,8	1.781
C-2	Ladrillo sin refuerzo	197	17,2	431	37,6	399	33,6	132	11,6	1.149
C-3	Boque de hormigón reforzados	4	80,0	1	20,0	-	-	-	-	5
C-4	Boques de hormigón sin refuerzos	2	33,3	1	16,7	2	33,3	1	16,7	6
C-5	G 1 y C-2 combinado	507	38,0	503	37,7	278	20,8	46	3,5	1.334
E-1	Marcos de madera	989	65,3	377	24,8	121	8,0	29	1,9	1.516
E-2	Madera con albañilería	35	23,8	78	53,0	29	19,7	5	3,5	147
F	Adobe sin refuerzo	14	7,5	32	17,0	98	52,5	43	23,0	187
										6.125

Bueno: menor o igual a G1, Reparable: G2, Peligroso: G3, Destruído: mayor o igual a G4.

Considerando el Tipo C2 (Clase B de Vulnerabilidad): $G_m = 2.51 \div 2.4 \Rightarrow I_{MSK} = VIII$.

Según el informe de la FAU:

- Las estructuras de marcos de madera de peso ligero se comportaron bien en relación a salvar vidas, a pesar de que el daño a estas propiedades fue grande en comparación con lo observado en las viviendas de *albañilería confinada sismorresistente*.
- En la ciudad de Concepción, sólo un 53% del total de las viviendas escaparon sin daños de consideración del sismo.
- En un área equivalente a un 30% del total de la superficie de la ciudad se encuestaron 3.705 viviendas en un total de 93 manzanas, y fueron registrados los siguientes datos:
 - Viviendas buenas: 1.995 (53,9%)
 - Viviendas reparables: 893 (24,1%)
 - Viviendas peligrosas: 679 (18,3%)
 - Viviendas destruidas: 138 (3,7%)

- c. El Instituto de Economía de la Universidad de Chile confeccionó otro informe el año 1960, que entregó los resultados siguientes:
- En la zona de Concepción y sus alrededores, zona que comprende las localidades de Concepción, Chiguayante, Talcahuano, Tomé, Bellavista, Lirquén, Penco, Coronel, Schwager y Lota, se registraron los daños mayores lo que significó que sufrieran deterioros el 60% de las casas.
 - El terremoto afectó en forma pareja a la región. Los sectores de las ciudades que presentaron mayor destrucción, fue debido al *tipo de construcción* y no a causas derivadas de las propiedades del suelo, *pues no hubo deslizamientos apreciables de tierras ni inundaciones*.
 - Las construcciones de hormigón o madera, resistieron mejor que las demás.
 - En la ciudad de Concepción, las características y los daños eran similares a las del resto de la Provincia. La devastación fue mayor en las construcciones antiguas de material no homogéneo, como por ejemplo aquellas de calle Las Heras, Los Carrera, y Maipú. Cerca del 60% de la población, alrededor de 97.000 personas, quedaron afectadas de alguna manera por el sismo, pero sólo el 10%, 17.000 personas, quedaron efectivamente “*sin techo*”.
- d. Por último, Galli y Sánchez (1963) publicaron el informe denominado “Efectos de los terremotos de mayo de 1960 en Concepción y alrededores” el cual entrega los resultados de los censos de daños que se realizaron por sectores de la ciudad, los que se muestran desde la Tabla 4.6 a la Tabla 4.10.

Tabla 4.6. Censo de daños en Concepción a lo largo de los sectores: Lorenzo Arenas - Las Heras- Lientur - Martinez de Rozas - Hipolito Salas - Las Heras Sanhueva (Galli y Sánchez, 1963).

Tipo de Construcción	Nº Construcciones	Construcciones dañadas		Construcciones agrietadas		Construcciones con muros caídos		Construcciones con techos caídos		Construcciones de madera reforzadas		Construcciones totalmente destruidas	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Adobe	4	4	100	1	25	-	-	-	-	-	-	3	75
Combinación de adobe y ladrillos unidos con barro	16	16	100	1	6,3	1	6,3	3	18,8	-	-	11	37
Combinación de adobe y madera	1	1	100	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Ladrillos unidos con barro	19	19	100	8	42	3	15,8	1	5,3	-	-	6	32
Combinación de ladrillos unidos con barro y ladrillos unidos con mortero	1	1	100	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Ladrillos unidos con una mezcla de mortero y arena	99	39	39,4	27	27	5	5,1	2	2	-	-	-	-
Combinación de ladrillos y madera	1	1	100	-	-	1	100	-	-	-	-	-	-
Pilares y vigas de hormigón armado y muros de ladrillos	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hormigón armado	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madera	57	1	1,75	-	-	-	-	-	-	1,8	1,8	-	-
Total	202	82	40,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.7. Censo de daños en Concepción a lo largo de los sectores: Lientur - Rodríguez – Nongen (Galli y Sánchez, 1963).

Tipo de Construcción	Nº Construcciones	Construcciones dañadas		Construcciones agrietadas		Construcciones con muros caídos		Construcciones con techos caídos		Construcciones de madera reforzadas		Construcciones totalmente destruidas	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Combinación de adobe y ladrillos unidos con barro	3	3	100	1	33	-	-	1	33,3	-	-	1	33
Ladrillos unidos con barro	9	9	100	3	33	3	33,3	-	-	-	-	3	33
Ladrillos unidos con mortero	22	11	50	5	23	2	9,1	1	4,5	-	-	3	14
Combinación de ladrillos y madera	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pilares y marcos de hormigón armado con muros de ladrillos	15	7	46,7	7	47	-	-	-	-	-	-	-	-
Hormigón sin refuerzos	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Combinación de hormigón y madera	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madera	23	1	4,3	-	-	-	-	-	-	1	4,3	-	-
Total	31	31	38,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.8. Censo de daños en Concepción a lo largo de los sectores: Pedro de Valdivia - Esmeralda - Serrano - Prieto - Arturo Prat - Magallanes - Marina de Chile (Galli y Sánchez, 1963).

Tipo de Construcción	Nº Construcciones		Construcciones dañadas		Construcciones agrietadas		Construcciones con muros caídos		Construcciones con techos caídos		Construcciones de madera reforzadas		Constr. totalmente destruidas	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Adobe	9		9	100	1	11	-	-	-	-	-	-	8	89
Combinación de adobe y ladrillos unidos con barro	6		6	100	4	67	1	16,7	-	-	-	-	1	17
Ladrillos unidos con barro	18		18	100	4	22	9	50	2	11,1	-	-	3	16
Ladrillos unidos con mortero	89		71	79,8	42	47	17	19,1	6	6,7	-	-	3	3,4
Combinación de ladrillos y madera	3		2	66,7	1	33	1	33,3	-	-	-	-	-	-
Marcos de hormigón armado con muros de ladrillo	3		1	33,3	1	33	-	-	-	-	-	-	-	-
Hormigón sin refuerzos	1		1	100	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Hormigón armado	12		2	16,7	2	17	-	-	-	-	-	-	-	-
Madera	36		3	8,3	-	-	-	-	-	-	3	8,3	-	-
Total	177		113	63,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.9. Censo de daños en Concepción a lo largo de los sectores: Chacabuco - Andrés Bello (Galli y Sánchez, 1963).

Tipo de Construcción	Nº Construcciones	Construcciones dañadas		Construcciones agrietadas		Construcciones con muros caídos		Construcciones con techos caídos		Construcciones de madera reforzadas		Constr. totalmente destruidas	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Adobe	3	3	100	2	67	1	33,3	-	-	-	-	-	-
Combinación de adobe y ladrillos unidos con mortero	1	1	100	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Combinación de adobe y madera	6	6	100	3	50	2	33,3	-	-	-	-	1	17
Ladrillos unidos con barro	17	15	88,2	-	-	3	17,6	3	17,6	-	-	8	47
Combinación de ladrillos unidos con barro y ladrillos unidos con mortero	7	7	100	1	14	-	-	-	-	-	-	6	86
Ladrillos unidos con mortero	17	15	88,2	9	53	2	11,8	1	5,9	-	-	2	12
Combinación de ladrillos y madera	2	2	100	2	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Marcos de hormigón armado con muros de ladrillo	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hormigón sin refuerzos	1	1	100	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Hormigón armado	11	3	27,3	3	27	-	-	-	-	-	-	-	-
Madera	14	2	14,3	-	-	-	-	-	-	2	11	-	-
Total	84	55	65,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.10. Censo de daños en Concepción: Resumen Ciudad de Concepción (Galli y Sánchez, 1963).

Tipo de Construcción	Nº Construcciones		Construcciones dañadas		Construcciones agrietadas		Construcciones con muros caídos		Construcciones con techos caídos		Construcciones de madera reforcidas		Constr. totalmente destruidas	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Adobe	16		16	100	4	25	1	6,3	-	-	-	-	11	69
Combinación de adobe y ladrillos unidos con mortero	1		1	100	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Combinación de adobe y ladrillos unidos con barro	25		25	100	6	24	2	8	4	16	-	-	13	52
Combinación de adobe y madera	7		7	100	4	57	2	28,6	-	-	-	-	1	14
Ladrillos unidos con barro	63		61	96,8	15	24	18	28,6	6	9,5	-	-	20	32
Combinación de ladrillos unidos con barro y ladrillos unidos con mortero	8		8	100	2	25	-	-	-	-	-	-	6	75
Ladrillos unidos con mortero	227		136	59,9	83	37	26	11,5	10	4,4	-	-	8	3,5
Combinación de ladrillos y madera	8		5	62,5	3	38	2	25	-	-	-	-	-	-
Hormigón armado con muros de ladrillo	24		8	33,3	8	33	-	-	-	-	-	-	-	-
Hormigón sin refuerzos	5		2	40	2	40	-	-	-	-	-	-	-	-
Hormigón armado	26		5	19,2	5	19	-	-	-	-	-	-	-	-
Alguna combinación con hormigón armado	4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madera	130		7	5,4	-	-	-	-	-	-	7	5,4	-	-
Total	544		281	51,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Daños en industrias y comercio

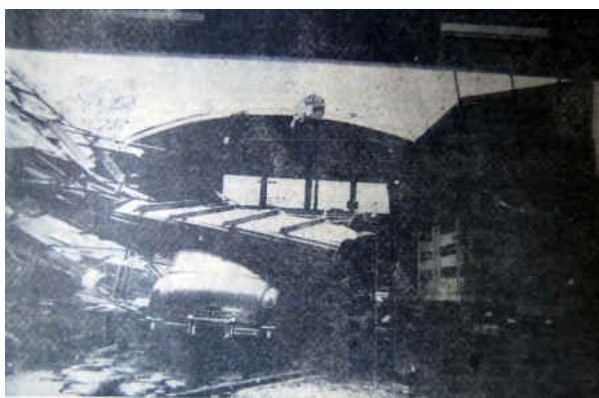
Las industrias de la provincia de Concepción no resultaron afectadas mayormente. Una rápida encuesta demostró que los edificios de la usina de Huachipato, las industrias textiles y de otra índole instaladas en esta provincia, no sufrieron grandes daños, a excepción del agrietamiento en las murallas (**La Unión**).

Durante una visita practicada a los principales centros industriales de la provincia, se pudo comprobar que los daños en su mayor parte eran reparables, no existiendo un peligro de paralización de las industrias básicas para la economía del país (**El Mercurio**). Una cara diferente mostraron las industrias “estrellas” de la provincia: el carbón y acero. El terremoto destruyó gran parte de los pabellones de Lota Alto, precisamente en el sector en que vivían los obreros. En Huachipato, en cambio, los 4.000 obreros y 1.000 empleados libraron una batalla por salvar las instalaciones seriamente afectadas. Entre todos produjeron el milagro y Huachipato fue defendido, aunque con algunas heridas (**Revista Ercilla**).

La planta de la Compañía Chilena AGA (productora de oxígeno) quedó paralizada (**El Mercurio**).

Por otro lado, el comercio sufrió pérdidas importantes en Concepción (**El Sur**). El Mercado Lorenzo Arenas quedó seriamente dañado (**El Mercurio**) además de 20 establecimientos que trabajaban en distintos rubros comerciales a lo largo de la calle Freire, los cuales experimentaron daños de consideración (**El Sur**). Sin embargo, a primeras horas de la tarde del 22 de mayo, gran parte del comercio, bancos, institutos industriales, casas de préstamos y otros negocios abrieron sus puertas para atender a sus clientes (**La Discusión**).

En las Figura 4.23 y Figura 4.24 se muestran daños en el sector del comercio.



Vista interior de un garaje, destruido completamente. (Fuente: La Unión)



Derrumbe de la marquesina de la Tienda “La Gran Vía”, en el centro de Concepción. (Fuente: La Unión)

Figura 4.23. Daños en el sector comercial de Concepción.



Marquesinas del centro de Concepción se derrumbaron causando víctimas. (Fuente: La Unión)



Daños en letreros. (Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 4.24. Daños en el sector comercial de Concepción.

Daños en edificios públicos

El Colegio de Arquitectos en conjunto con la Delegación de Concepción realizó un informe, del cual se puede concluir que el estado de los edificios analizados (escuelas, teatros, clínicas particulares e iglesias) era el siguiente (**El Sur**):

Escuelas (visitadas 58):

Malas	35%
Regulares	21%
Buenas	44%

Teatros (visitados 9)

Malos reparables	34%
Regulares	33%
Buenos	33%

Clínicas Particulares (visitadas 7)

Malas	58%
Regulares	14%
Buenas	28%

Iglesias (visitadas 50)

Malas	30%
Regulares	40%
Buenas	30%

Recorriendo los barrios devastados, se encontraban en ruinas varios edificios históricos, entre ellos, las iglesias de San José, de los Dominicos, de La Merced y de los Padres Sacramentinos. Los principales edificios dañados fueron el Cuartel de Investigaciones, la Cárcel Pública, el Asilo del Buen Pastor, la Iglesia La Merced, el Convento de Las Sacramentinas, la Parroquia de San José, la Intendencia y el Municipio que resultaron con daños parciales y la Parroquia del Sagrario de la Catedral a la que se le cayó la gigantesca cruz de concreto (**La Unión, La Discusión**). También resultaron afectados las Escuelas Mixta N° 18 y El Liceo Fiscal de Niñas. El edificio del Seminario sufrió derrumbes y quedó inhabitable (**El Diario Austral, El Mercurio**).

A continuación se señala brevemente el estado en que quedaron algunos edificios e instalaciones importantes de la ciudad (**El Mercurio**):

- Hospital de Niños Leonor Mascayano: inhabitable.
- Hospital Regional: daños de poca consideración.
- Hospicio: semidestruido.
- Cementerio: semidestruido.
- Museo de Concepción: destrucción interna total.
- Caja de Accidentes del Trabajo: semidestruido.
- Prefectura de Investigaciones: inhabitable.
- Asilo de Ancianos: daños exteriores.
- Casa de Máquinas de los Ferrocarriles del Estado: semidestruida.
- Municipalidad: daños de poca consideración.

- Gasómetro: murallas semidestruidas.
- Cuartel 4ª Comisaría: daños de poca consideración.

El edificio de los Tribunales quedó en perfecto estado y en sus dependencias pudieron albergarse 60 familias. El Edificio de Servicios Públicos (Intendencia y demás reparticiones del Estado) no presentó daños de importancia, salvo la rotura de vidrios. El Edificio de Vialidad tuvo similar suerte (**El Sur, El Mercurio**).

Una comisión de arquitectos aconsejó demoler el antiguo edificio de la Municipalidad, situado en la esquina de Aníbal Pinto y Barros Arana, edificio que tenía una antigüedad cercana a los 50 años. El edificio era una construcción de cuatro pisos con estructuras de acero y muros de relleno de concreto, sin amarras. Este edificio presentaba numerosos daños en sus murallas interiores y podría haber sido reparado, pese a que sufrió fuertes deterioros, sin ofrecer mayor peligro. No obstante, no se aconsejaba la reparación por ser demasiado costosa (**El Sur, El Mercurio**).

Las Comisarías 4ª, 5ª, 8ª y 9ª dependientes de la Prefectura de Concepción, resultaron con daños de escasa consideración (**El Mercurio**).



Registro Civil. (Fuente: El Sur)



Matadero Municipal. (Fuente: El Sur)

Figura 4.25. Estado en que quedaron algunos edificio de uso público en Concepción.

Daños en escuelas, colegios, asilos y conventos

La Dirección Provincial de Educación Primaria entregó una estadística en que dio a conocer los daños sufridos en los locales escolares de la provincia en los departamentos de Concepción, Yumbel, Coronel y Talcahuano. En todos esos departamentos solamente habían 29 locales en condiciones de atender normalmente las actividades escolares después de los terremotos. Los resultados del informe se muestran en la Tabla 4.11 (**El Sur**):

Tabla 4.11. Resultados del informe de la Dirección Provincial de Educación Primaria.

	Concepción		Talcahuano	Coronel	Yumbel
	Rural	Urbano			
Inhabitables	15	12	4	18	18
No ofrecen seguridad y necesitan revisión	13	6	5	2	3
Necesitan reparaciones de urgencia	2	10	0	21	0
Reparaciones menores	0	0	13	0	3
Habitables	13	0	2	8	5
Ocupados por damnificados	6	20	4	14	2

El informe respecto al Departamento de Tomé no había sido confeccionado totalmente y la Dirección Provincial tenía datos que señalaban que 9 locales quedaron inhabitables (**El Sur**).

Otro informe detallado sobre la falta de locales escolares en la provincia a causa del sismo, señalaba que 91 establecimientos quedaron sin edificios para funcionar en la provincia de un total de 276. Otras 35 escuelas estaban con sus locales seriamente dañados e inseguros; 63 establecimientos necesitaban reparaciones urgentes en sus edificios y sólo 87 estaban en condiciones normales de funcionamiento. De estas últimas, 40 estaban ocupadas por damnificados en la provincia. En la ciudad de Concepción, de un total de 38 escuelas, 16

quedaron sin local; 6 resultaron seriamente dañadas; 10 necesitaban reparaciones urgentes; y sólo 6 quedaron en buen estado. En el departamento de Tomé, resultaron 16 locales destruidos de un total de 48 (**El Sur**).

Un detalle de los daños, permite destacar que (**El Sur, El Mercurio, La Discusión, La Unión**):

- El Liceo de Hombres N°1, quedó en estado inhabitable, la mayor parte de sus muros interiores resultaron seriamente agrietados y las murallas que daban a la calle Víctor Lamas estaban desplomadas. La destrucción se veía por dentro y no tanto por la fachada que se encontraba casi intacta. Hubo además cuantiosos daños en material de trabajo.
- El Liceo de Hombres N°2 tuvo que funcionar provisoriamente en el edificio de la Escuela N°10, en cuyo gimnasio se habilitaron tres salas de clases, pues las que ocupaba el Liceo en Sociedades Mutualistas vecinas se derrumbaron.
- El edificio del Liceo San Agustín sólo sufrió pequeñas averías, las que pudieron ser reparadas en pocos días.
- El Instituto Superior de Comercio también sufrió daños importantes en tanto que la Escuela Bulnes debió ser demolida totalmente y la Escuela N° 3 fue rebajada en un piso.
- En la Escuela Industrial de Concepción, los perjuicios afectaron principalmente al laboratorio de maquinarias, al taller de mecánica y al taller de ajustaje. Las pérdidas de instrumental, maquinarias y equipos, reparación de alcantarillado, empalmes, habilitación de la casa del director, etc. ascendieron a una gran suma de dinero. Por otra parte, el estado en que quedó el pensionado y la estructura del mismo, hicieron que esta sección deba ser enteramente reconstruida, para evitar los peligros de un nuevo sismo.
- Uno de los incendios que se originó en la ciudad como consecuencia del sismo fue el que afectó al Liceo de Niñas. El incendio fue la principal causa de los graves daños ocasionados en el edificio que albergaba a este Liceo y que se situaba en Cochrane esquina Rengo. El incendio se originó pocos segundos después del sismo y los pisos segundo y tercero del Liceo fueron consumidos por las llamas. El inmueble ardía por los cuatro costados, siendo inútil el esfuerzo de los bomberos por contenerlo por la falta de agua. El último piso del Liceo era ocupado por el Gabinete de Química, en el cual se supone se originó el incendio al quebrarse frascos de ácido. El internado del colegio se

encontraba prácticamente vacío por el feriado de fin de semana. El edificio que albergaba a este liceo no fue necesario demolerlo, ya que la estructura del edificio no sufrió mayormente, salvo en el sector del pabellón nuevo, que debió ser reforzado. El nuevo bloque del Liceo de Niñas de calle Cochrane, que estaba recién terminado, pudo ser utilizado luego de los sismos.

- El Liceo Experimental de Niñas sufrió también daños considerables en su local central de Barros Arana 1765, en que cedió el piso del hall del segundo piso del edificio. Las salas de educación para el hogar y el laboratorio quedaron totalmente destruidas. El Anexo de Galvarino 354, no sufrió daños por tratarse de una construcción nueva de madera. En dicho local se albergaron a treinta personas damnificadas.
- El Instituto Comercial quedó con su local inhabitable, conservándose en buen estado sólo cinco dependencias en que se acumuló el material de estudio que permaneció en buen estado. Se intensificaron los trabajos del nuevo edificio de calle Caupolicán para poder reanudar las clases.
- El Internado de Escuela Técnica Femenina quedó en pésimo estado, siendo necesario demolerlo.
- El histórico edificio del Convento y Escuela de los Padres de San Ignacio, que ocupaba la manzana formada por las calles Los Carrera, Hipólito Salas, Serrano y Las Heras debió ser demolido, al quedar totalmente inhabitable luego del terremoto del 21 de mayo.
- El viejo edificio que ocupaba el Colegio Concepción debió demolerse por haber quedado sus murallas totalmente agrietadas. Este edificio se ubicaba a la entrada del camino a Chiguayante.
- El Asilo para Niñas de la Casa de la Providencia, ubicado en Barros Arana 1460, debió ser demolido en toda su parte antigua. Este Asilo se encontraba en mal estado desde antes. Tanto la iglesia, como toda la parte de Barros Arana y Lautaro, quedaron con sus murallas exteriores totalmente agrietadas y fuera de plomo. En el interior del edificio los estragos causados por el violento sismo fueron incalculables; los dormitorios ofrecían peligro de derrumbarse completamente y cayeron los muros de lavaderos, cocina y pasillos.
- Una de las más conmovedoras tragedias ocurrió en el Hogar del Buen Pastor. Allí, un techo cayó sobre el dormitorio de las reclusas. Por lo menos cinco de ellas murieron inmediatamente, junto a dos de las monjas que trataron de sacarlas.

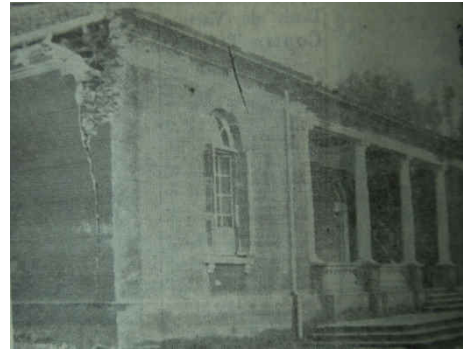
A continuación se describe el estado en que quedaron los locales de los principales colegios particulares de Concepción (**El Sur**):

- Colegio del Sagrado Corazón (Maipú 349): Edificio de hormigón armado y albañilería reforzada. Quedó prácticamente intacto, observándose grietas que afectaban solamente los estucos. Se pudo comprobar que los diferentes cuerpos de edificios chocaron violentamente entre sí, produciendo grietas y desperfectos menores.
- Escuela Metodista (Colo Colo 760): Edificio de albañilería reforzada. Su estado era perfectamente satisfactorio. La muralla medianera norte debió ser demolida por constituir un serio peligro para los alumnos.
- Colegio Alemán (Castellón 69): Edificio de albañilería sin refuerzo, que fue parcialmente reforzado luego de un terremoto anterior. Quedó en perfecto estado de funcionamiento en general. Sólo se pudo registrar que el piñón sur del Gimnasio se separó de la estructura, debiendo procederse a su reemplazo. En la calle Castellón 70, al frente de la entrada del colegio existía una casa habitación en estado de evidente peligro, tanto para los alumnos como para los transeúntes.
- Colegio Alemán Internado (Castellón 133): Casa particular de albañilería no reforzada. Daños de poca importancia. Una galería en dos pisos agregada, posteriormente, se separó del cuerpo principal, no constituyendo mayor peligro. Debieron reforzarse las bases de los pilares de madera del corredor de servicio.

En la Figura 4.26 se muestran algunos de los daños observados en este tipo de establecimientos.



Colegio Salesianos. (Fuente: El Sur)



Colegio Concepción, ubicado a la entrada del camino a Chiguayante. (Fuente: El Sur)



Edificio del Seminario Metropolitano de Concepción. (Fuente: El Sur)



Escuela Técnica Femenina. (Fuente: La Unión)



Edificio del Buen Pastor, en Concepción. (Fuente: Revista Ercilla)

Figura 4.26. Daños en establecimientos educacionales.

Daños en la Universidad de Concepción

La Universidad de Concepción sufrió importantes pérdidas. Entre las instalaciones dañadas se encontraba la Escuela Dental; el edificio de O'Higgins 850 donde funcionaban las Escuelas de Economía, Periodismo, Ciencias Políticas y el local de la Administración y Servicio Social; el edificio de Barros Arana 1038 donde se encontraba la Repartición Central de Adquisiciones; el edificio de Barros Arana 1054 donde estaban la Tesorería y la Prosecretaría; el edificio de Barros Arana 1078, con el Teatro-Salón de honor; en el Barrio Universitario, la Escuela Dental e Instituto de Matemáticas; y en Los Tilos N°3, el Hogar Femenino. Recuperables se estimaban la Escuela de Medicina, el Instituto de Anatomía, el Instituto Central de Biología, la Escuela de Farmacia y la Escuela de Educación (**El Mercurio**).

Además, esta institución sufrió la destrucción de los elementos de laboratorio, rotura de vidrios y otros perjuicios. Los daños fueron considerables en la Secretaría General y en la Casa del Deporte. La parte trasera del Teatro Concepción, que tenía una gruesa muralla de ladrillos, se desmoronó en una longitud de 20 metros, sin causar desgracias. El telón se cayó al suelo y se enterró en él (**El Mercurio**).

Además se declaró un principio de incendio en la Escuela de Química y Farmacia (**La Discusión, El Mercurio, La Unión**). El edificio de la Escuela de Medicina tuvo que cerrar temporalmente y se prohibió la entrada por el derrame de sustancias peligrosas (**El Mercurio**). Los gimnasios de la Universidad se utilizaron para albergar a familias damnificadas (**El Sur**).

Las pérdidas de la Universidad de Concepción fueron de 14.953 metros cuadrados de edificación que debieron demolerse, lo que representaba el 22,13 % de la superficie edificada (**El Mercurio**).



Escuela de Periodismo de la Universidad de Concepción, en O'Higgins 850. (Fuente: El Sur)



Edificio de la Facultad de Química de la Universidad de Concepción. La estructura de acero sufrió daños en las diagonales de arriostramiento. (Fuente: El Mercurio)



El Hogar Universitario de Los Tilos 3, cobijó a estudiantes de la Universidad de Concepción. (Fuente: El Sur)



El Salón de Honor de la Universidad de Concepción. (Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 4.27. Daños en la Universidad de Concepción.



Palcos y proscenios del Teatro de la Universidad de Concepción. (Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 4.28. Daños en la Universidad de Concepción.

Daños en las instalaciones de la Iglesia Católica

Serios daños sufrieron los templos de la ciudad. De un total de 55, no menos de 15 iglesias debieron demolerse en Concepción (**La Unión**). El más que sexagenario edificio del Seminario Conciliar Metropolitano de Concepción, que había resultado dañado por los movimientos de 1939 y 1953, debió ser demolido a causa de los daños sufridos a raíz del violento sismo del día 21 de mayo (**El Sur**).

El estado en que quedaron las Iglesias y Colegios Católicos, es el siguiente (**El Sur**):

- Iglesia Catedral: No sufrió daños, salvo fisuras en sus columnas, destrucción de un vitreaux y de imágenes.
- El Sagrario: La cruz de cemento del frontis del templo cayó hacia la calle y se quebraron las imágenes.
- La Merced: Cayó sólo la cruz vieja del frontis de la Iglesia, y se destruyeron todas las imágenes, salvo la de la Virgen de las Mercedes. En general, la iglesia quedó en buen estado. La casa Parroquial y oficinas quedaron en mal estado y debió levantarse un nuevo edificio. El Colegio “San Pedro Nolasco” no sufrió grandes daños. Se pudieron reanudar las clases en veinte días.

- San Agustín: La Iglesia nueva no sufrió daños. Se destruyeron todas las imágenes con excepción de la histórica Virgen del Carmen, la que no cayó de su pedestal en el altar mayor. La capilla y parte antigua del convento quedaron en muy mal estado y debieron demolerse. El colegio “San Agustín” sólo sufrió fisuras en el techo de regular importancia y estuvo en condiciones de reanudar sus clases en pocos días.
- San José: Cayó toda la parte superior de entrada a la Iglesia, derrumbándose también muros interiores de la Casa Parroquial, parte de la cual quedó inhabitable. Los oficios religiosos tuvieron que celebrarse en el Colegio del Sagrado Corazón, en Maipú 349.
- Santo Domingo: No sufrió daños de consideración la Iglesia ni la nueva Casa Parroquial. La construcción vieja de calle Lincoyán hacia Cochrane quedó en mal estado.
- Lourdes: La Iglesia y Casa Parroquial, en Pedro de Valdivia 1214, quedaron en pésimo estado y con sus cimientos removidos. Cayó también la Gruta de Lourdes, vecina a la Parroquia.
- San Juan de Mata: El templo y Casa Parroquial, de construcción antigua, resultaron parcialmente agrietados.
- Sacramentinas: La Iglesia y convento quedaron en mal estado; cayeron parte de los muros interiores y frontis del templo. Las religiosas tuvieron que ser alojadas en casas particulares.
- Seminario: Toda la parte vieja del Colegio e Iglesia quedaron inhabitables y los alumnos fueron evacuados. Las clases fueron suspendidas indefinidamente.
- Salesianos: Quedó seriamente agrietada la parte vieja del Colegio, no sufriendo daños el edificio nuevo.
- Trinitarias: Las religiosas debieron desalojar el convento, por quedar en pésimas condiciones.

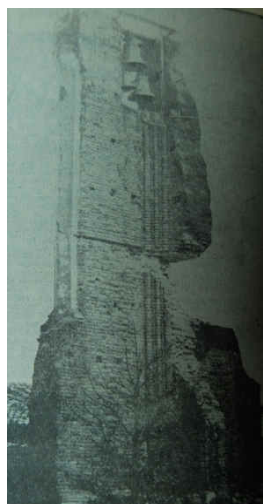
En la Figura 4.29 se muestra el estado de las instalaciones de la iglesia católica.



La torre inclinada del Seminario. (Fuente: La Unión)



El Templo del Seminario de Concepción.



En la fotografía, puede observarse el ábside de la antigua Iglesia Jesuita, que fue lo único que permaneció en pie al ordenarse dinamitar el templo después del terremoto de 1939. Después del terremoto de 1960, el murallón de más de 15 metros de altura, donde se habían colocado las campanas de la Iglesia, quedó partido en dos y amenazaba derrumbarse. (Fuente: El Sur)



El imponente órgano del Seminario Metropolitano de Concepción, debió ser sometido a serias reparaciones antes de volver a recobrar sus antiguos tonos. (Fuente: El Sur).

Figura 4.29. Daños en las instalaciones de la Iglesia Católica.

Daños en otros edificios e instituciones

El Hospital Regional de Concepción, de moderna construcción, sufrió daños de poca consideración. Desde el momento mismo del terremoto este establecimiento siguió funcionando normalmente. Tuvieron que ser reparadas las rejas y otras instalaciones que resultaron destruidas. La ex clínica del Hospicio resultó totalmente destruida y debió ser reemplazada (**El Mercurio, La Discusión**). El Hospital Traumatológico sufrió daños que pueden observarse en la Figura 4.30.

El Cementerio sufrió cuantiosos daños. Se derrumbó la rotonda y muchos nichos quedaron al descubierto. También cayeron varios mausoleos. (**El Mercurio**).

El edificio de la Escuela de Enfermería del Servicio Nacional de Salud tuvo que ser desalojado. En este edificio tuvo que procederse a la demolición de los muros peligrosos y restos de cortafuegos (**El Sur**). Los inmuebles del Centro Materno Infantil y el Centro de Salud quedaron en buenas condiciones (**El Mercurio**).

El edificio del diario “La Patria”, de antigua construcción y situado en calle Barros Arana, a cuadra y media de la Plaza de Armas, sufrió serios daños a consecuencia del sismo. Especialmente afectados fueron sus talleres de linotipias, compaginación y fotograbado, debido a derrumbes en su techumbre. En la Figura 4.31 se muestra parte de los daños en las instalaciones del diario “La Patria”. El diario “El Sur” recibió averías leves principalmente en sus estucos (**La Discusión**). La prensa de este diario quedó desnivelada por el sismo (**El Mercurio**).

El Teatro Central quedó gravemente dañado requiriendo importantes reparaciones, al igual que el Teatro Concepción, este último dependiente de la Universidad (**El Mercurio**).



Figura 4.30. Daños en el Hospital Traumatológico de Concepción. (Fuente: La Unión)

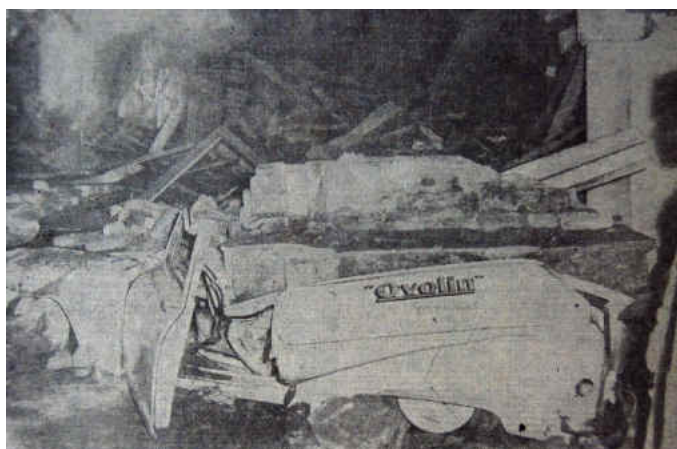


Figura 4.31. Derrumbe ocurrido en el diario “La Patria”. (Fuente: El Mercurio)

Daños en obras civiles

Las vías de comunicación sufrieron cuantiosos daños en la provincia de Concepción (**El Mercurio**).

Caminos: Los caminos de la provincia sufrieron daños en el pavimento y en los estabilizados de tierra, que debieron ser repuestos (**El Sur**). La ciudad de Concepción se podía comunicar con dificultad por vía terrestre con el norte del país (**El Diario Austral**), mientras que hacia el sur, sólo se podía llegar hasta Los Ángeles (**Revista Ercilla**). Por otra parte, la carretera de acceso a Talcahuano y Huachipato fue interrumpida por la rotura del paso a nivel en calle Prat, por lo que el tránsito se tuvo que desviar a la vía antigua (**El Mercurio, La Discusión, La Unión**). Las graves averías sufridas por este paso nivel fueron originadas por el hundimiento del terraplén en más o menos cuarenta centímetros bajo el nivel del puente (**El Mercurio**).

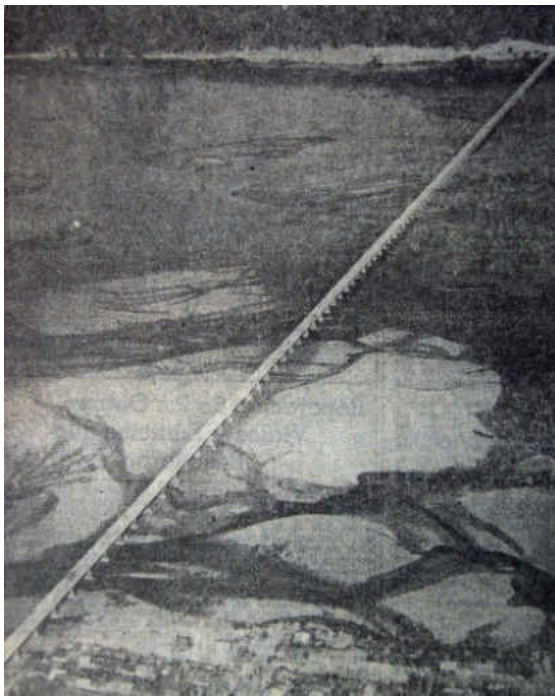
El camino a Chiguayante quedó interrumpido por derrumbes que se produjeron en el Cerro Caracol a la altura del punto denominado Agua de las Niñas, a la salida sur del camino longitudinal de Concepción (**El Mercurio**). Además se suspendió el camino de Concepción a Chillán por un derrumbe en el sector de Ñipes (**La Discusión y La Unión**).

Se estima que el sismo en Concepción destruyó 11.974 m² de aceras y 3.715 de calzadas (**El Sur**).

Ferrocarriles: El servicio de Ferrocarriles en la zona quedó suspendido por la revisión de la vía ya que los durmientes se soltaron en varios sectores (**El Diario Austral, El Mercurio, La Discusión, La Unión**). Las vías quedaron destrozadas en algunos terraplenes (**El Mercurio, Revista Ercilla**).

Hubo grandes derrumbes a la altura de Talcamávida, los cuales imposibilitaron efectuar trasbordos de pasajeros.

Puentes: El puente sobre el río Bío Bío quedó cortado en tres tramos dejando inutilizados aproximadamente sesenta metros de la estructura (**El Mercurio, La Discusión, La Unión, La Mañana, El Diario Austral**). El terremoto del día 22 de mayo terminó por cortar el puente en un total de seis tramos (**El Mercurio**). Este puente permitía la comunicación con la zona del carbón. En la Figura 4.32 se muestra el daño descrito.



Fotografía aérea del puente carretero más largo del país sobre el Bío Bío. (Fuente: El Mercurio)



Destruída parte del puente al hundirse los pilotes que sostenían el puente carretero sobre el Bío Bío; 60 metros de la estructura quedaron inutilizados. De este modo, Concepción quedó aislada de Huachipato y Lota. (Fuente: El Mercurio)



Para atravesar el Bío Bío usando el puente parcialmente derrumbado, había que hacer proezas de andinista ayudado por un cable desde arriba, como se ve en la fotografía. (Fuente: La Unión)



(Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 4.32. Daños en el puente sobre el Río Bío Bío.

De unos 200 puentes que existían en la provincia, considerándose en esta clasificación los puentes mayores de diez metros de extensión, unos cuarenta quedaron en mal estado. Aparte de ellos, los puentes de Pissis, Velenunque y Pingueral, prácticamente se cayeron al lecho de sus respectivos ríos (**El Sur**).

Servicios

Agua Potable: De los servicios interrumpidos, este fue el que ocasionó el problema más grave ya que las cañerías quedaron destruidas en gran parte y se necesitaron cinco días para normalizar parcialmente el abastecimiento. La red de agua potable de Concepción fue una de las más deterioradas del país, y el fuerte terremoto provocó filtraciones y daños serios en las matrices (**El Diario Austral, Revista Ercilla**). En la Figura 4.33 se aprecia las consecuencias que tuvo la pérdida de este vital elemento.



Figura 4.33. Consecuencias de la pérdida del abastecimiento de agua potable. Un grupo de vecinos extrae agua de una pileta pública para suplir la falta de ese vital elemento. (Fuente: El Sur)

Energía Eléctrica: El servicio de luz eléctrica fue interrumpido, reanudándose el servicio durante los días 22 y 23 de mayo. (**El Diario Austral, El Mercurio, La Discusión, El Sur, La Unión**).

Gas: El suministro de gas fue suspendido indefinidamente. Las cañerías que distribuían el gas por la ciudad sufrieron daños de consideración por lo cual fue necesario suspender su distribución (**El Diario Austral, El Mercurio, La Discusión, El Sur, La Unión**).

Comunicaciones: Todas las comunicaciones quedaron interrumpidas con el resto del país, tanto los servicios de telefonía como los de telégrafos. Las radioemisoras tampoco funcionaban, a excepción de la radio de la Universidad que funcionaba con equipo de emergencia. El cable West Coast igualmente pudo funcionar con uno de estos equipos. La Compañía de Teléfonos tenía un servicio local pero muy reducido. Por la caída de numerosos postes no había comunicaciones telefónicas con el resto del país (**La Discusión, La Unión, El Diario Austral, El Mercurio, Revista Zig Zag**).

Desgracias Personales

Las principales víctimas fueron personas que, huyendo de sus casas, quedaron atrapadas por el derrumbe de paredes hacia la calle. Otra gran parte de las víctimas se produjeron al derrumbarse las casas antiguas que habitaban y que se encontraban en malas condiciones, no obstante el remozamiento a que fue sometida la ciudad el año 1939 (**La Mañana**).

Sólo en los barrios modestos de Chillancito, Lorenzo Arenas y otros, fueron identificados 21 cadáveres (**La Unión**). Por otra parte, se informó que el Hospital Clínico Regional había atendido a más de 300 personas heridas hasta la tarde del 21 de mayo (**El Mercurio**).

En la Tabla 4.12 se indica la cantidad de muertos y heridos informados por la prensa:

Tabla 4.12. Víctimas en Concepción.

FUENTE	MUERTOS	HERIDOS		
		Graves	Leves	Total
EL DIARIO AUSTRAL	70	45	55	-
LA DISCUSIÓN	74	-	-	85
LA MANANA	74	-	-	-
EL MERCURIO	111	55	55	500
LA UNIÓN	111	-	-	120
REVISTA ERCILLA	125	-	-	300

Otros datos.

En términos generales, se puede decir que todas las casas de Concepción que lograron sobrevivir al terremoto de 1939, cayeron después de los terremotos de mayo de 1960. En este punto hay que hacer un paralelo entre lo sucedido en Chillán y en Concepción, que sirve para explicarse la enorme desproporción de daños sufridos por una y otra ciudad. En 1939, el epicentro fue Chillán y cayeron casi todas las casas. Muchas fueron reemplazadas por construcciones asísmicas y las otras, por material liviano, de emergencia. Entonces pudieron resistir mejor el sismo del 21 de mayo; en cambio Concepción conservó muchas casas en pie de ladrillos y adobes en 1939 (**Revista Ercilla**).

Estimación de la Intensidad

Según la prensa consultada, las intensidades en Concepción serían las siguientes:

Tabla 4.13. Intensidades en Concepción según la prensa.

FUENTE	INTENSIDAD
El Sur	VIII
	IX
El Mercurio	VIII
La Unión	VIII
Revista Zig Zag	IX

Por otra parte, Saint-Amand (1961) estima que la intensidad del terremoto del día 21 de mayo fue de *IX grados* y la del terremoto del día 22 de *VIII⁺ grados*. En cambio Watanabe y Karzulovic (1960) estiman una intensidad de *IX grados* en la escala de Cancani-Mercali-Sieberg, Duke y Leeds (1963) una de *VIII grados* y Galli y Sanchez (1963) una de *IX grados*.

De la información de daños reunida de los distintos periódicos y revistas consultadas, se destacan algunos hechos que son útiles para estimar la intensidad MSK en Concepción. Entre ellos se pueden destacar los siguientes:

- Los edificios que sufrieron daños serios fueron aquellos de construcción antigua y reparados luego del terremoto de 1939, es decir, construcciones que correspondían a la Clase A y B de vulnerabilidad.
- Todas las manzanas presentaban casas y edificios derrumbados (daños G4 y G5).
- Todos los edificios asísmicos, Clase C, sufrieron daños menores, es decir, resistieron perfectamente experimentando daños que excepcionalmente eran de un Grado G3.
- Muchísimas casas modestas y antiguas (Clase A) presentaban derrumbes en los muros exteriores y otras, aparentemente en buen estado exteriormente, tenían sus interiores muy dañados, lo que hacía necesario su evacuación (G2 a G4).
- Prácticamente todos los techos de la ciudad resultaron con las tejas caídas.
- La mayor parte de las casas viejas (Clase A) fueron destruidas o semidestruidas (G3 o superior) y una enorme cantidad de casas modestas (Clase A) quedaron en el suelo (G5).
- En Concepción no habría quedado ninguna construcción ilesea. Las que no cayeron, sufrieron resquebrajaduras y grietas (G1 o mayor); esto ocurrió aún en los edificios más modernos (Clase C y D).
- Todas las casas que lograron sobrevivir el terremoto de 1939 y fueron posteriormente reparadas (Clase A), cayeron a raíz de los terremotos de 1960 (G4 o G5), mientras que el 95% de la construcción moderna (Clases C y D), resistió perfectamente los repetidos y violentos movimientos ondulatorios.
- La construcción antigua de adobes y albañilería de ladrillos sin amarras de concreto (Clases A y B respectivamente) fue destruida casi en su totalidad (100% con daños G2 o superior).
- Los edificios asísmicos (Clase C o D) sólo sufrieron destrozos en sus revoques de yeso y en las cornizas (G1 a G2).

Con los antecedentes y testimonios fotográficos presentados anteriormente, se estima una *intensidad media* de **VIII grados** en Concepción. Con el propósito de verificar cuan representativo es este valor para los diferentes sectores de la ciudad, se aprovecha la encuesta de daños entregada por Galli y Sanchez (1963) para cuatro sectores de ella, los que se identifican en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Sectores de la ciudad de Concepción con encuesta de daños (Galli y Sánchez, 1963).

Sector	Delimitación
1	Lorenzo Arenas- Las Heras- Lientur- Martinez de Rozas- Hipólito Salas- Las Heras Sanhueza.
2	Lientur- Rodriguez- Nongen.
3	Pedro de Valdivia – Esmeralda – Serrano – Prieto – Arturo Prat – Magallanes – Marina de Chile.
4	Chacabuco – Andrés Bello.

De acuerdo con los resultados de estas encuestas locales para las construcciones de albañilería sin refuerzo construidas con morteros de cemento (Clase B de vulnerabilidad) o de albañilería construidas con mortero de cal (Clase A de vulnerabilidad), se obtiene el grado medio de daño y la intensidad indicada en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15. Estimación de la intensidad en sectores de la ciudad de Concepción.

Sector	% Daño G3	% Daño G4	% Daño G5	G_M	I_{MSK}
1 (B)	0.79	0.21	-	3.2	8.5
2 (A)	0.33	0.33	0.33	4.0	8.5
3 (B)	0.62	0.34	0.04	3.4	9.0
4 (B)	0.64	0.22	0.14	3.5	9.0

Teniendo en cuenta los valores de la Tabla 4.15, se acepta la intensidad media estimada inicialmente (*VIII grados*), reconociendo que por efecto de las condiciones locales este valor puede aumentar entre $\frac{1}{2}$ y un grado y puede ser de VII grados en sectores como Cerro Amarillo. Más detalles de esta encuesta de daños, se muestran en la Tabla 4.6 a la Tabla 4.10.

4.3.14. Coronel

La ciudad de Coronel se encuentra ubicada en la plataforma arenosa que va desde la desembocadura del río Bio-Bio hasta la bahía del golfo de Arauco.

Los daños causados por el sismo del 21 de mayo fueron considerables en Coronel; el sismo afectó el sector céntrico del puerto, desplomándose numerosos edificios y quedando otros en estado ruinoso. Según la información de la prensa, se dañó más del 60% de las construcciones de esta parte de la ciudad, y debieron ser demolidas las que quedaron en precarias condiciones de estabilidad (**El Mercurio, La Unión, La Discusión, Revista Vea**).

La Tabla 4.16 resume las cifras entregadas por la prensa sobre los daños en Coronel.

Tabla 4.16. Daños en Coronel

FUENTE	ESTADISTICA DE DANO EN VIVIENDAS					
	Cantidad			porcentaje (%)		
	daños menores	semi-destruidas (inhabitables)	destruidas	daños menores	semi-destruidas (inhabitables)	destruidas
El Mercurio	-	-	-	20%		20%
La Unión	-	-	>100	50%		
La Discusión	-	-	-	80%		

También se vieron afectadas las instalaciones industriales existentes, resultando destruidas el 50% de ellas (**Revista Ercilla**).

Daños en establecimientos de uso público

Las oficinas públicas y semifiscales pudieron funcionar normalmente; solamente el Correo y Telégrafos se tuvieron que trasladar a un nuevo local en calle Los Carrera, en el edificio de la ex administración del ferrocarril de Concepción a Curanilahue (**El Sur**).

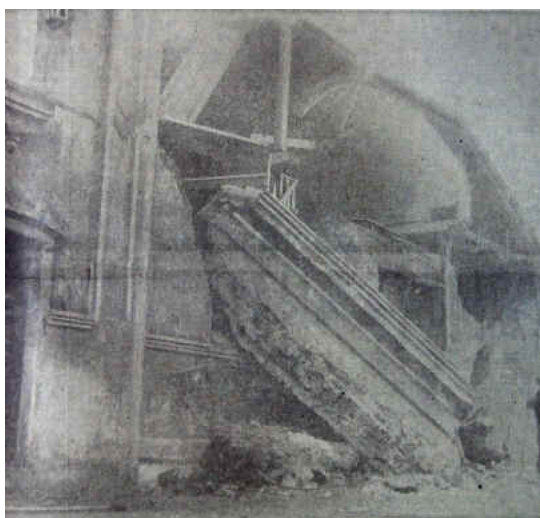
En general los cuarteles, incluyendo retenes, quedaron agrietados y con daños de consideración (**El Mercurio, La Discusión**). El hospital de Coronel, en cambio, quedó en buen estado, con

daños sin importancia y de fácil reparación. De todas maneras, el edificio hospitalario debió ser evacuado provisionalmente debido a que presentó algunas grietas (**El Mercurio, La Unión**).

Fueron demolidos todos los edificios que resultaron seriamente dañados por el sismo y cuya presencia constituía un peligro tanto para los transeúntes como para los moradores. Entre estos edificios, se encontraba el edificio antiguo de la Aduana, el del Sindicato Industrial de Obreros de la Compañía Schwager, el edificio ubicado en la esquina de Cochrane con Sotomayor, el edificio de la Casa González, el local del distribuidor de las Cervecerías Unidas, y por la misma calle Los Carrera, el Hotel Euzkadi (ver Figura 4.34) y la farmacia, además de otros edificios (**El Sur**).

Numerosas escuelas del departamento de Coronel sufrieron daños con los sismos de mayo, debiendo recibir importantes y urgentes reparaciones para poder ser puestas en servicio. El local del Liceo Coeducacional, que estaba siendo construido al momento del terremoto, sufrió daños, los que se atribuyeron a defectos de la edificación (**El Sur**).

La iglesia y la casa parroquial resultaron destruidas y perdidas (Ver Figura 4.34), mientras que el convento de las Sacramentinas resultó seriamente dañado. El Hogar Católico de las monjas mercedarias, ubicado en calle Paicaví 65, no sufrió daños (**El Mercurio**).



Derrumbe ocurrido en la Iglesia Parroquial de Coronel. (Fuente: **El Mercurio**)



Estado en que quedó el Hotel Euzkadi de esta localidad. (Fuente: **El Sur**)

Figura 4.34. Daños en Coronel

Daños en obras civiles

La línea férrea quedó interrumpida a causa de los derrumbes (**El Mercurio, La Discusión, La Unión**).

Servicios

Los servicios de agua potable, luz y gas quedaron interrumpidos, de igual forma las comunicaciones, tanto las telefónicas como las telegráficas con el resto del país (**El Mercurio, El Diario Austral**).

Desgracias Personales

La prensa revisada difiere en las cifras de muertos y heridos causados por el sismo del día 21 de mayo en Coronel. La Tabla 4.17 resume las distintas versiones de diarios y revistas.

Tabla 4.17. Muertos y heridos en Coronel

FUENTE	MUERTOS	HERIDOS		
		Graves	Leves	Totales
La Discusión	15	-	-	-
El Diario Austral	18	-	-	-
El Mercurio	10	-	-	34
La Mañana	8	-	-	-
El Sur	8	-	-	-
La Unión	15	4	27	31
Revista Ercilla	20	-	-	34

Estimación de la Intensidad

Según Watanabe y Karzulovic (1960), la intensidad en Coronel fue de IX grados en la escala de Cancani-Mercalli- Sieberg.

De acuerdo con la información entregada por la prensa, aproximadamente entre el 50 y 60% de las viviendas sufrió algún tipo de daño, de regular o mayor importancia (G2 o mayor), aproximadamente un 20% resultaron destruidas (G3 y G4) y no se informa de colapsos totales (G5). Teniendo en cuenta esta estadística y considerando que las construcciones afectadas corresponden en su mayoría a construcciones de la clase de vulnerabilidad Tipo B, se puede estimar que la intensidad fue de **VII- VIII grados** en este lugar.

Este valor está de acuerdo con el hecho de que gran parte de los edificios públicos pudieron ocuparse luego del terremoto (Daños G2 o menor) si ellos se consideran que pertenecen a la clase de vulnerabilidad del Tipo C.

4.3.15. Curanilahue

El 80% de las casas resultaron dañadas (**El Mercurio**). Todos los servicios públicos fueron afectados, es así como el edificio donde funcionaba el Juzgado de Letras sufrió serios perjuicios, los que debieron ser reparados, mientras que el edificio donde funcionaba el Juzgado del Crimen se hundió por el terremoto. En precarias condiciones quedó el edificio del hospital de Curanilahue, que aún no había entrado en funciones; los sismos provocaron desniveles en los distintos pisos. El viejo edificio del hospital resultó destruido. El edificio donde funcionaba el Banco del Estado también sufrió serios daños, en tanto que la iglesia parroquial de este pueblo fue destruida casi en su totalidad por los sismos de los días 21 y 22 de mayo y debió ser reconstruida. (**El Sur, Revista Vea**).

En la Figura 4.35 se muestran algunos de los daños en Curanilahue.



Bodega de carga de los Ferrocarriles de Curanilahue. (Fuente: Revista Vea)



Vista del tipo de construcción de Curanilahue.

Figura 4.35. Daños del terremoto y tipo de construcción en Curanilahue.

Estimación de la Intensidad

Según Álvarez (1963), la intensidad en Curanilahue fue de *VIII grados*.

Considerando que en la zona abundaban las construcciones de madera (Ver Figura 4.35), las que pueden considerarse como una clase de vulnerabilidad del tipo B, se puede estimar con los datos reunidos que la intensidad en este lugar fue entre VII y VIII grados, quizás *levemente inferior a VIII grados*.

4.3.16. Dichato

Los daños materiales que sufrieron la caleta y balneario de Dichato fueron serios como consecuencia de los sismos y de las violentas marejadas de los días 21 y 22 de mayo. Las crecidas del mar inundaron las calles centrales de Dichato hasta llegar a cien metros del retén del pueblo y arrasaron cinco casas de construcción ligera (**La Discusión, El Sur, El Mercurio**).

Prácticamente la totalidad de las habitaciones de adobes quedó destruida o inhabitable por los sismos (Daños G3 o mayor) (**La Discusión**). Otra información relacionada con los daños destaca que más de 15 casas resultaron destruidas y el 50% de éstas resultaron dañadas (**El Sur, El Mercurio**).

Daños en las instalaciones industriales

La Empresa Pesquera Austral (EPA) sufrió daños importantes y quedó varado uno de sus barcos (**El Sur, El Mercurio**). Las maquinarias de la Fábrica de Harina de Pescado instalada junto a la bahía sufrieron graves deterioros (**La Discusión**).

Daños en edificios de uso público

El hotel La Plaza quedó totalmente inundado, alcanzando el agua una altura de metro y medio en la calle principal del balneario. Las aguas se llevaron numerosas maderas de la estación, cuyo local también fue inundado. (**La Discusión**).

Desgracias Personales

Los distintos periódicos y revistas consultados difieren al entregar las cifras de muertos y heridos en Dichato. En la Tabla 4.18 se indica el número de víctimas proporcionada por estas fuentes.

Tabla 4.18. Víctimas del terremoto en Dichato.

FUENTE	MUERTOS	HERIDOS
La Discusión	6	4
El Mercurio	2	1
Revista Ercilla	7	-

Estimación de la Intensidad

Considerando que prácticamente todas las casas de adobe (más del 80%) se destruyeron o quedaron inhabitables (G3 o mayor), se puede estimar que la intensidad en Dichato fue de **VII-VIII grados**.

4.3.17. El Carmen

Los terremotos causaron innumerables y cuantiosos daños en esta localidad. El 80% de las casas de este pueblo resultaron gravemente dañadas y debieron ser evacuadas alrededor de 400 viviendas que representaban un serio peligro para sus moradores. La Farmacia de la Casa de Socorro, dependiente del Servicio Nacional de Salud, sufrió graves e innumerables daños, y la pérdida de valiosos medicamentos. (**La Discusión**).

En esta localidad se registró un solo muerto (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que el 80% de las casas resultaron dañadas (G2 o mayor) y que hubo casas que debieron ser evacuadas (G3 o superior), se puede estimar que la intensidad fue de **VII grados** si las construcciones pertenecían a la clase de vulnerabilidad del Tipo A.

4.3.18. El Guape

En El Guape y Malloa fueron numerosas las casas de adobe que quedaron en mal estado y con peligro de derrumbarse, es decir con grados de daños G2 y G3 (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Con la información reunida se puede estimar una intensidad de **VI-VII grados**.

4.3.19. Florida

En esta localidad, la mayoría de las casas quedaron prácticamente destruidas por el terremoto del día 21 de mayo. Es así como las casas de 40 familias, donde vivían un total de 212 personas, quedaron inhabitables después del terremoto (Daño G3 o mayor), y sus moradores tuvieron que

ser albergados en el local de la Escuela N° 41. Otras familias debieron dormir en los locales de las oficinas públicas (**El Sur, La Discusión**).

Los edificios de los establecimientos escolares resistieron muy bien el terremoto, y algunos de ellos sirvieron de albergue para los damnificados (**El Mercurio**).

Los servicios de luz eléctrica y agua potable fueron interrumpidos (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

La información entregada por la prensa afirma que más del 75% de las viviendas quedaron inhabitables, es decir, presentaron un grado de daño G3 o mayor y el resto presentaron daños menores (Grado G2 o menor).

Considerando que las viviendas dañadas correspondían a construcciones de la clase de vulnerabilidad del Tipo A (Ver Figura 4.36) se puede estimar una intensidad de **VII-VIII grados**. Este valor está de acuerdo con el hecho que construcciones de la clase de vulnerabilidad Tipo C, como las escuelas existentes en el lugar, no hayan sufrido más que daños menores que permitieron usarlas como alberges.



Figura 4.36. Fotos de viviendas antiguas de Florida. (Fuente: fotos.8va.cl)

4.3.20. General Cruz

El movimiento sísmico dejó en muy malas condiciones la Escuela N° 16 de General Cruz., antiguo edificio de adobe que quedó con las murallas de sus salas de clases totalmente agrietadas e incluso algunas peligrosamente desplomadas (daños de grado G3). En las dependencias ocupadas por los profesores se cayeron las murallas, siendo imposible habitarlas (G3 o G4) (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Utilizando los daños informados para la escuela de este lugar, se puede estimar que la intensidad fue de **VI-VII grados**.

4.3.21. Hualqui

En esta localidad las casas sufrieron serios daños a causa del terremoto del 21 de mayo, resultando el 80% de ellas destruidas (G3 o mayor) (**El Mercurio, La Discusión**). Entre los edificios públicos, se destaca el daño de la Tenencia de Carabineros, la cual quedó completamente destruida (G3 o mayor), debiéndose trasladar el edificio de la Municipalidad (**El Sur**).

Tanto los servicios de agua potable como de energía eléctrica quedaron interrumpidos luego del terremoto. No se registraron desgracias personales (**El Sur, La Discusión**)

Estimación de la Intensidad

Suponiendo que las viviendas de Hualqui correspondían a construcciones de la clase de vulnerabilidad del Tipo A (Ver Figura 4.37) y considerando que un 80% de ellas presentaron daños de grado G3 o superior, se puede estimar que la intensidad fue de **VIII grados**.



Figura 4.37. Construcciones antiguas de Hualqui. (fotos.8va.cl).

4.3.22. Huepil

En este pueblo nace en 1906 como estación del ferrocarril transandino que finalmente llegó hasta Polcura, está situado 23 kilómetros al suroriente de Yungay y tenía unos 3.000 habitantes en 1960. Por efecto del terremoto la mayoría de las construcciones resultaron dañadas (daño de grado G1 o mayor) y hubo un porcentaje apreciable de casas, estimado en un 80%, que quedaron inhabitables y que fue necesario demoler (G3 o superior). Unas 20 familias fueron albergadas en el local de las Escuelas N° 36 y N° 38, porque quedaron con sus viviendas en el suelo (G4 o mayor, del orden del 5%). Las viviendas de las calles 21 de mayo y 12 de febrero fueron las más afectadas (**La Discusión**).

El hospital que se estaba siendo construido y que sólo estaba en obra gruesa (clase C), soportó bien el sismo. Por otro lado, el local del Retén de Carabineros sufrió agrietamientos que obligaron a trasladar al personal que trabajaba allí (G2 o superior) (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Considerando el porcentaje de viviendas dañadas y la ubicación de este pueblo, probablemente la mayor parte de las casas eran de adobe construidas por sus propietarios, es decir correspondían a construcciones cuya clase de vulnerabilidad es del Tipo A. Aceptando lo anterior y los porcentajes destacados, especialmente la cantidad de familias que debieron albergarse en las escuelas del lugar, se estima que la intensidad en este lugar fue de **VII grados**.

4.3.23. Laja

La planta de la Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones quedó paralizada por falta de energía y sufrió daños que no fueron calificados de gravedad. Esta planta pudo reiniciar la producción en pocos días (**El Mercurio**).

4.3.24. Laraquete

En este lugar, las casas que escaparon de los efectos de los sismos fueron barridas por las olas, arrojando un balance de desolación y miseria. Muchas casas resultaron destruidas (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

La información entregada por la prensa no es suficiente para determinar la intensidad en esta localidad.

4.3.25. Lebu

Según la prensa, el terremoto del día 21 de mayo a las 6:05 horas se sintió más violentamente en Lebu que en la ciudad de Concepción (**La Discusión**).

En Lebu, todas las construcciones de material sólido sufrieron daños a raíz de los movimientos sísmicos, mientras que las viviendas de madera resistieron mejor. Ningún techo quedó indemne (**La Discusión**). En relación con el detalle de estos daños, la prensa destaca lo siguiente (**El Sur, El Mercurio**):

- Más de 300 casas quedaron sin techo y con graves daños, siendo casi imposible que estas casas puedan ser habitadas.
- El estado habitacional de la ciudad arrojó un 15% de casas destruidas y evacuadas (Daños grados G4 a G5) y un 85% de habitaciones con derrumbes y murallas semidestruidas (Daños grados G2 y G3).
- El terremoto del día 21 de mayo provocó el derrumbe (G4 ó G5) de un 70% de las viviendas y prácticamente sólo quedaron en pie las casas de madera.
- El 90% de las viviendas quedó sin techo.
- El 90% de las casas sufrió daños prácticamente irreparables.

Los ocupantes de las casas más afectadas fueron trasladados al local del nuevo liceo y al cuartel de la Prefectura de Carabineros (**El Sur**).

Las instalaciones de la mina de carbón sufrieron daños cuantiosos (**El Sur, La Discusión**).

En la Figura 4.38 se muestra una foto del daño de una vivienda de Lebu.



Figura 4.38. Daños de una vivienda de Lebu construida en albañilería. (Álvarez, 1963)

Daños en edificios de uso público.

La mayoría de los edificios públicos quedaron parcialmente destruidos o inutilizables. También quedaron con destrucciones parciales la mayoría de las iglesias, escuelas y poblaciones mineras.

La Intendencia, la Municipalidad, el Juzgado y la Cárcel fueron los edificios más afectados, resultando estos últimos totalmente destruidos (Daño de grado G4). En similares condiciones quedó el edificio del Servicio de Seguro Social, el local ocupado por Correos y Telégrafos, la Iglesia Parroquial y la Escuela N° 22. En el cementerio general se produjo una grieta de 40 metros, provocando la destrucción de seis mausoleos (**El Sur, El Mercurio**).

Debieron ser trasladadas provisoriamente las Oficinas del Juzgado, la Dirección Provincial de Educación, el Banco del Estado, Tesorería, Correos y Telégrafos, la Municipalidad y la Intendencia. Como medida de seguridad, se procedió a la demolición de los edificios que presentaban real peligro (**El Sur**).

Seis escuelas resultaron totalmente destruidas y las otras resultaron parcialmente inutilizables (**La Discusión**). El local donde funcionaba la Escuela N° 14 de Boca Lebu, cedida por la Compañía Carbonífera de Lebu y que tenía techo de tejas españolas, sufrió daños que fueron reparados en un corto plazo y pudo ser ocupado provisoriamente por 18 familias damnificadas. La Escuela N° 6 de Lebu, ubicada en Los Álamos, debió ser demolida, mientras que la Escuela Granja N° 33, a pesar de que resultó seriamente dañada, pudo reiniciar sus clases en pocas semanas (**El Mercurio**). En la Figura 4.39 se muestran algunos de los daños destacados.

Daños en obras civiles

El puente carretero de hormigón sobre el río Lebu sufrió daños; sin embargo, no quedó fuera de uso. Las instalaciones portuarias sufrieron daños cuantiosos (**El Sur**, **El Mercurio**, **La Discusión**).

Servicios

Lebu quedó sin luz, teléfonos y telégrafo, encontrándose prácticamente aislada del resto del país (**El Sur**).

Desgracias Personales

La prensa difiere en cuanto a número de víctimas en esta ciudad. “El Sur” señala que el terremoto del día 21 de mayo, que se sintió con gran violencia, dejó 40 muertos y un herido grave, mientras que la salida de mar que se produjo el día siguiente habría causado la muerte de 4 personas y la desaparición de varias más en el puerto. Sin embargo, “El Mercurio” y “Revista Ercilla” coinciden en que la cifra de muertos ascendió a sólo 9.



IZQUIERDA: Casa del administrador de la compañía carbonífera Victoria. **DERECHA:** Colapso escuela N°22, edificio de albañilería sin refuerzo.



IZQUIERDA: Daño en el edificio de la Intendencia. Albañilería sin refuerzos. **DERECHA:** Daños en la iglesia de Lebu. Construcción de albañilería.

Figura 4.39. Daños en Lebu. (Álvarez, 1963)

Estimación de la Intensidad

Para Lebu se ha entregado diferentes valores de la intensidad, es así como Saint-Amand (1961) propone un valor de *IX grados*, Watabe y Karzulovic (1961) de *IX-X grados* en la escala CMS (equivalente a *VIII-IX grados* en la escala IMM) y Álvarez (1963) de *VIII grados*.

Con los antecedentes reunidos se puede hacer una estimación de la intensidad, y para ello se considera que parte importante de las viviendas de albañilería eran sin refuerzo (Clase de vulnerabilidad Tipo B) y que casi el 100% de las construcciones de albañilería de ladrillo y adobe (materiales sólidos) sufrieron daños que en pocos casos alcanzaron una situaciones extremas como es el colapso total (G5). Teniendo en cuenta lo anterior, se puede estimar que la intensidad en Lebu fue de *IX grados*.

Esta estimación está de acuerdo con lo valores similares obtenidos en otros terremotos, como es el caso del terremoto de 1985, cuando se está en la zona epicentral y en condiciones locales del suelo desfavorables (Suelos arenosos, como los encontrados en sectores de San Antonio y Lolleo). Este valor de la intensidad es una prueba más que el epicentro del terremoto del 21 de mayo se ubicó cerca de esta ciudad.

4.3.26. Lirquén

No hubo daños de consideración en Lirquén (**La Discusión**). El Hospital sufrió daños en sus chimeneas, por lo que debió ser deshabilitado (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

La información reunida es insuficiente para poder estimar la intensidad. Sin embargo, el hecho de que se reconocen daños de un grado G2, permite estimar que la intensidad fue de *VI grados*. Este valor sólo se explicaría por la presencia de una condición local muy favorable.

4.3.27. Los Ángeles

Los daños que presentó la provincia de Bío Bío fueron cuantiosos. Sin embargo, el hecho de que la edificación en esta provincia era en su casi totalidad de un piso, contribuyó a que no se registraran víctimas en la zona (**La Discusión**).

Sobre la ciudad de Los Ángeles, la prensa señala que los terremotos causaron considerables perjuicios a los edificios residenciales, comerciales y fiscales de la ciudad. El daño no se veía a primera vista, pero al inspeccionar los barrios detenidamente, se comprobó que el 70% de la ciudad estaba inhabitable (**El Sur**).

La mayoría de los edificios gravemente dañados en 1960 ya habían quedado en mal estado anteriormente por efectos del terremoto de 1939, y aunque habían sido objeto de reparaciones en esa ocasión, principalmente en su parte externa, éstas no constituían seguridad para su estabilidad, y los terremotos de mayo de 1960 los dejaron en muy malas condiciones pero sin alcanzar situaciones de colapso (G4 y G5) (**El Sur, Revista Vea**).

Luego de ocurrido los terremotos, la Dirección de Obras Municipales revisó un total de 156 manzanas de la ciudad, con un total de 3.359 edificios, de los cuales 1.556 debieron ser demolidos (G3 o mayor), 969 pudieron ser reparados (G2) y sólo 834 quedaron en buen estado (G0 o G1) (**El Sur**). De la información anterior se desprende que un 46% de los edificios sufrieron daños de grado G3 o superior, un 29% con daños G2, y un 25% resultó con daños G0 ó G1, lo que representa un $G_m = 2.67 \div 3.13$.

Los daños reportados en las viviendas fueron principalmente grietas en las paredes de muchas casas, desplome de murallas y caídas de los estucos. El número de damnificados, en su mayoría gente de escasísimos recursos, alcanzó a unos 1500 (**El Mercurio, El Sur**).

Según una encuesta realizada en Los Ángeles en 182 predios agrícolas, con un total de 119.355 hectáreas, lo que representaba a un 12% de la provincia, de 193 casas patronales, 60 fueron destruidas (G3 a G5= 31%); 69 quedaron dañadas pero reparables (G2=36%) y 64 quedaron en buenas condiciones (G0 y G1=33%), lo que representa un $G_m = 2.3$. De 1.370 viviendas de

inquilinos, habían 460 destruidas (G3 a G5 = 34%), 776 reparables (G2 = 57%) y 164 en buen estado (G0 y G1= 12%), lo que representa un $G_m = 2.6$. Por otra parte, de 229 bodegas, 81 resultaron destruidas (G3 a G5= 35%), 100 reparables (G2=44%) y 48 buenas (G1=21%), lo que representa un $G_m = 2.5$, y de 315 galpones, 74 resultaron destruidos (G3 a G5=23%), 134 reparables (G2= 43%) y 107 buenos (G1= 34%), lo que representa un $G_m = 2.12$ (**El Mercurio**).

Además se destaca que la destrucción de viviendas en Los Ángeles fue muy semejante a las de Nacimiento y Yungay.

En la Figura 4.40 se muestran los daños en esta ciudad, mientras que la Figura 4.41 muestra los edificios antiguos que aún existen en la ciudad y que muestran el tipo de edificio que fue afectado por los terremotos de 1960.

En los establecimientos comerciales quedó destruida mucha mercadería, especialmente la envasada en tarros o botellas de vidrio que cayeron desde sus sitios de ubicación (**El Sur**). El 50% de los locales comerciales debió ser reconstruido (**El Mercurio, Revista Vea**).

En el sector industrial, la planta de IANSA tuvo sólo daños menores en los interiores de la fábrica y la planta de Chiprodal pudo funcionar normalmente después del terremoto. La central hidroeléctrica “El Abanico”, sufrió desperfectos en el canal de aducción, lo cual la obligó a paralizar algunos días mientras los daños eran reparados (**El Mercurio**).



Estado en quedó una casa de Los Ángeles, ubicada en calle Lientur esquina de Ercilla. (Fuente: El Mercurio)



Destrozos y Escombros sobre la calle. (Fuente: El Sur)



Colapso de un edificio de Los Ángeles. (Fuente: La Unión)

Figura 4.40. Estado en que quedaron algunas viviendas en Los Ángeles.



Figura 4.41. Edificios antiguos de la ciudad de Los Ángeles (foto.8va.cl)

Daños en edificios de uso público

La Dirección de Obras Municipales, revisó 298 edificios y de éstos debían demolerse 138 (G3 o mayor = 46%). Entre los principales edificios que integraban este grupo pueden citarse la Iglesia Catedral de San Miguel, los edificios de Investigaciones, Identificación, Registro Civil, del Banco de Chile, la Segunda Comisaría de Carabineros y más del 50% de los establecimientos educacionales. El Banco de Chile, de dos pisos y ubicado en la calle Colón, debió trasladarse al local del Banco Central (**El Sur**, **El Mercurio**).

En la Iglesia de San Miguel (Catedral), se desplomó la parte central del cielo raso y algunas vigas del techo. Además quedaron destruidos varias imágenes y bancos que ocupaban los fieles durante los oficios religiosos (**El Sur**). En la Figura 4.42 se muestran algunos de los daños en la catedral.



Estado en que quedó el interior de la Catedral de Los Ángeles. (Fuente: La Unión)



Figura 4.42. Daños en la Catedral de Los Ángeles.

Debido a que los edificios de las escuelas primarias eran antiguos y prácticamente todos tenían más de 20 años al momento de ocurrir los sismos, éstos presentaron daños considerables quedando en pésimas condiciones para poder funcionar. El Liceo de Hombres sufrió daños que obligaron a demoler el segundo piso, mientras que en el Liceo de Niñas quedó con sólo seis salas habitables y el Instituto Comercial, que arrendaba una casa amplia, debió ser evacuado (**El Mercurio**).

Los únicos edificios públicos que se mantuvieron en regulares condiciones (G2 o menor), fueron el hospital, el Regimiento Andino N° 3, la estación de los Ferrocarriles, el Servicio de Seguro Social y tres escuelas. Aún cuando el hospital quedó en buenas condiciones, las construcciones anexas a éste tuvieron que ser demolidas (**El Mercurio, Revista Vea**).

Con la excepción del edificio de Vialidad, todos los locales arrendados por los organismos fiscales para su funcionamiento quedaron inhabitables y debieron ser evacuados (**El Mercurio**).

Daños en obras civiles

En el acceso del puente del Salto del Laja se asentó el terraplén, bajando 10 centímetros y agrietándose el pavimento a ambos lados. El puente que cruzaba un brazo del río Bío Bío, entre Los Ángeles y Mulchén, resultó con uno de sus terraplenes hundidos (**El Mercurio**).

Servicios

Las comunicaciones telefónicas y telegráficas fueron interrumpidas, debido a que se cortaron las líneas (**El Mercurio**).

Desgracias Personales

La prensa coincide en destacar que no se registraron víctimas en esta ciudad (**La Mañana, El Diario Austral, La Discusión, El Mercurio, La Unión**) y sólo se habrían reportado 5 heridos leves (**El Diario Austral, La Unión**)

Estimación de la Intensidad

La prensa de la época entrega distintos valores de la intensidad en Los Ángeles. “El Diario Austral” y “La Discusión” coinciden en que el sismo alcanzó una intensidad de *VIII grados*, mientras que “La Unión” indica que la intensidad fue de *IX grados*.

Otros valores estimado de la intensidad son *VI⁺ grados* según Saint-Amand (1961) y *VII a VIII grados* según Watanabe y Karzulovic (1960) (I_{CMS}), es decir, del orden de *VII grados* en la escala de Mercalli Modificada.

Para estimar la intensidad a partir de la información de daños reunida, se consideran los antecedentes siguientes:

- Aproximadamente el 70% de la ciudad quedó inhabitable (G2 o superior).
- La mayoría de los edificios que sufrieron daños mayores estaban en mal estado desde el terremoto de 1939 ($I = VII$, Moya, 2002) ya que sólo se habían sido reparadas sus fachadas. Esta situación hace que las viviendas de albañilería no reforzada se clasifiquen como una construcción de la clase de vulnerabilidad del Tipo A.
- En las fotos se destacan colapsos parciales (G4) y totales (G5).
- Aproximadamente un 46% de las casas sufrió daños de grado G3 o mayor.

Con estos antecedentes y con el grado medio de daño (G_m) que permiten determinar las estadísticas de distribución de daños, la intensidad en esta ciudad según el daño reportado fue de ***VII + grados***.

4.3.28. Lota

Esta población minera resultó seriamente dañada por los terremotos de los días 21 y 22 de mayo. Varias construcciones quedaron en precarias condiciones de estabilidad y debieron ser demolidas. No hubo salidas de mar (**El Sur, La Unión, La Discusión**).

La destrucción tanto en Lota Alto, propiedad de la Empresa Carbonífera, como en Lota Bajo, fue importante. Prueba de lo anterior es que el 80% de la edificación de Lota Bajo resultó afectada (G1 o mayor) y en general, gran parte de las poblaciones obreras de Lota resultaron destruidas (G3 o mayor), al igual que en Coronel (*VII –VIII grados*) y Curanilahue (*VIII grados*) (**Revista Vea, El Sur, El Mercurio**).

La población de Lota Alto sufrió graves daños con el sismo del día 21. Varias casas se derrumbaron y en gran número sufrieron serias averías. Un informe técnico sobre los daños causados en este sector, señala que entre casas de empleados y obreros, 450 (15%) quedaron inhabitables y debieron ser demolidas (G3 o mayor), mientras que otras 2.500 (85%) sufrieron daños menores (G1 a G2) y debieron ser reparadas, lo que representa un $G_m = 2.3$ (**El Sur, La Unión**).

Por otro lado, de las 3000 casas que poseía la Compañía Carbonífera e Industrial de Lota para su personal, 380 (13%) resultaron totalmente destruidas (Daño G4 a G5), 170 (6%) pudieron ser reparadas (Daño G3) y 650 (22%) resultaron levemente perjudicadas (Daño G2 y G1), el resto (41%) no sufrieron daños. Esta estadística representa un $G_m = 1.27$. El 80% del total de las viviendas tenían destrozadas o muy averiadas sus chimeneas, lo que en muchos casos representaba evidente peligro (**El Sur**). Tres pabellones, ubicados en el corazón del sector privado y con aproximadamente 40 departamentos, se desplomaron íntegramente en Lota Alto, provocando la muerte de 19 personas e hiriendo a otras 32 (**El Sur**, **Revista Vea**).

En la Figura 4.43 y Figura 4.44 se muestran daños en Lota.



Daño en vivienda de Lota Alto que debió ser demolida. (Fuente: El Sur)



Vista de una de las calles de Lota Alto. (Fuente: El Sur)



Pabellones de la Cia. Carbonífera de Lota, ubicados en Lota Alto. (Fuente: El Sur)



Pabellón 50 viejo del barrio norte de Lota Alto de la Compañía Carbonífera. (Fuente: La Unión)

Figura 4.43. Daños en Lota.



Estatua caída en Parque Lota. (foto cortesía E. Kausel)



Daño en la base de un faro bocina. (foto cortesía E. Kausel)



Derrumbe en Parque Lota. (foto cortesía E. Kausel)

Figura 4.44. Daños en Lota.

Daños en las instalaciones industriales

Importantes fueron las pérdidas que los sismos causaron a la Compañía Carbonífera e Industrial de Lota, tanto en lo referente a las habitaciones para sus empleados y obreros, como en lo relacionado con la industria misma. Sin embargo, las oficinas de las Compañías Carboníferas resistieron bien el sismo (**El Sur, La Discusión, La Unión**).

En cuanto a la industria misma, se produjeron 15 derrumbes entre los piques “Grande” y “Carlos Cousiño”, se abrieron grietas en los techos de las galerías y se produjeron filtraciones de agua dulce. El “Pique Grande” fue el que más sufrió, pues se derrumbó la chimenea del ventilador de aire y quedó cortada la caldera a vapor, aparte de otros perjuicios. La Maestranza también sufrió daños, al destruirse 1500 metros cuadrados de su techumbre (**El Sur, La Unión**).

Daños en edificios de uso público

Los cuarteles de carabineros, incluyendo retenes, resultaron con daños de consideración. Los edificios nuevos (Clase C) no sufrieron deterioros. En Lota Bajo, la Comisaría presentó daños (**El Mercurio, La Discusión**).

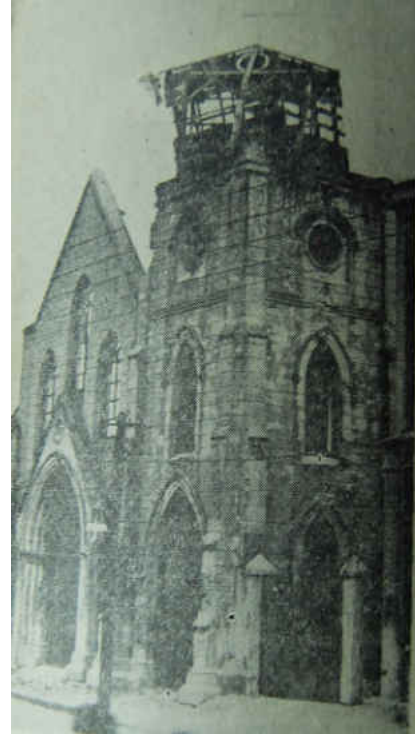
El hospital resultó con cuatro pabellones semidestruidos (**La Mañana**). Sin embargo, los daños sufridos fueron recuperables, ya que fuera de los pabellones, este recinto sufrió daños de menor importancia (**El Mercurio, El Sur, La Unión**).

La iglesia parroquial de San Juan Evangelista debió ser demolida por el estado ruinoso en que quedó. Otros edificios afectados fueron el Banco del Estado, el Juzgado del Crimen, que ya se encontraba en malas condiciones antes del terremoto, el Mercado Municipal, el gimnasio de Lota Alto y la torre de la iglesia parroquial de San Matías Apóstol (**El Sur, La Unión**).

En la Figura 4.45 y la Figura 4.46 se muestra el estado en que quedaron las iglesias.



Parroquia de San Matías Apostol en Lota Alto (construida en 1928) antes del terremoto del 21 de mayo. Solo la torre quedó seriamente dañada. (Fuente: El Sur)



Iglesia de Lota Bajo. Los techos se desplomaron hacia el interior. (Fuente: La Unión)

Figura 4.45. Daños en Iglesias de Lota.



Iglesia de Lota Bajo. (Fuente: La Unión)



Iglesia de Lota Bajo. El polvo sale expelido por las ventanas de ojiva al ser derribados los muros interiores. (Fuente: La Unión)

Figura 4.46 . Daños en Iglesias de Lota.

Daños en obras civiles

La carretera a Coronel habría quedado expedita (**El Mercurio**); sin embargo, el camino que unía a Lota con Laraquete, en una extensión de 3 a 5 kilómetros, precisamente en la bajada Chivilingo y a la llegada de este último balneario, se encontraba en mal estado debido a los daños sufridos (**El Sur**).

Servicios

Los servicios de agua potable, energía eléctrica y los medios de comunicación quedaron interrumpidos. La distribución de gas también se vio afectada. (**El Diario Austral, El Mercurio, El Sur**).

Desgracias Personales

La prensa entrega distintas cifras de muertos y heridos en Lota. La Tabla 4.19 resume esta información.

Tabla 4.19. Víctimas en Lota.

FUENTE	MUERTOS	HERIDOS		
		Graves	Leves	Totales
El Diario Austral	15	-	-	-
El Mercurio	20	-	-	31
La Discusión	18	-	-	-
La Mañana	15	27	-	-
La Unión	20	-	-	-
El Sur	18	-	-	-
Revista Ercilla	18	-	-	31

Estimación de la Intensidad

Según la prensa, la intensidad en Lota habría sido de *VII grados*. Además, el movimiento sísmico habría sido de mayor intensidad en Lota Alto que en Lota Bajo (**La Mañana**).

Según Watanabe y Karzulovic (1960), la intensidad fue de *IX* (I_{CMS}) lo que equivale a un *grado VIII (IMM)*.

Para estimar la intensidad a partir de la información de daños reunida, se consideran los antecedentes siguientes:

- Por tratarse de una población mayoritariamente obrera (minera), construida por la empresa minera, se aceptará se trata de casas de construcciones de regular calidad y por lo tanto de una clase de vulnerabilidad Tipo B sean ellas casas de madera o de albañilería.

- El 80% de la edificación de Lota Bajo resultó afectada (G1 o mayor), lo que representa una intensidad mayor que VII (TipoA) y menor que VIII (Tipo B).
- En Lota Alto los daños fueron mayores que en Lota Bajo.
- Hubo algunos casos de pabellones que sufrieron daños severos.
- Los edificios nuevos (Tipo C) no sufrieron daños o bien fueron de muy baja consideración (G0 a G1).
- Algunos edificios, como la iglesia de San Matías, construida en 1928, sufrió daños moderados (G2 o menor).

Con los antecedentes destacados se estima que la intensidad fue de **VII-VIII grados** en esta localidad. La información disponible no permite cuantificar alguna diferencia de intensidad entre Lota Alto y Lota Bajo, como lo destaca la prensa.

4.3.29. Mulchén

En este lugar quedaron semidestruidas aproximadamente 120 residencias (**La Unión**).

Estimación de la Intensidad

La información disponible es insuficiente para determinar la intensidad en esta localidad. Sin embargo, aceptando que las viviendas semidestruidas sufrieron daños de un grado G2 o mayor y que ellas pertenecían a la Clase de Vulnerabilidad Tipo A, se puede estimar que la intensidad fue de **VI-VII grados**. Aceptar un valor de VII grados significaría aceptar que unas pocas viviendas hubiesen sufrido colapsos parciales (destruidas según la prensa) lo cual no fue destacado por los diarios.

4.3.30. Nacimiento

La prensa asegura que ésta fue una de las ciudades afectadas de la provincia del Bío Bío. A raíz del terremoto del día 21 de mayo, un total de 123 casas quedaron semidestruidas (**El Diario Austral, El Mercurio, La Discusión, La Unión**).

Estimación de la Intensidad

A pesar de que la información de daños es escasa y poco detallada, puede considerarse al igual que en Mulchén, que las casas semidestruidas (G2 o mayor) pertenecían a la Clase de Vulnerabilidad A, lo que permite estimar que la intensidad de **VI-VII grados**.

4.3.31. Negrete

Esta ciudad sufrió grandes pérdidas materiales principalmente por el terremoto del día 21 de mayo, pero no se registraron desgracias personales (**El Sur**).

Una comisión nombrada por la Municipalidad para verificar el estado de las casas llegó a la conclusión de que en la muestra seleccionada existían 17 (30%) casas totalmente inhabitables (G4 y G5), 12 (20%) que debían ser demolidas parcialmente (G3) y 30 (50%) que tuvieron que ser sometidas a reparaciones menores (G2 y G1) (**El Sur**), lo que representa un G_m entre 2,8 y 3.05.

La prensa reconoce que los daños materiales, a pesar de haber sido bastantes, no alcanzaron la magnitud de un verdadero desastre en esta localidad, debido a que la mayoría de las casas eran de madera (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

Con el grado medio de daño obtenido que se obtiene de la muestra de viviendas visitadas por la comisión nombrada por la Municipalidad se obtiene una intensidad de **VII a VIII grados** si se

considera que las viviendas dañadas eran de la clase de vulnerabilidad del Tipo A (ver Figura 4.47).

Aceptar que las viviendas eran de la clase de vulnerabilidad Tipo B significa que la intensidad fue de VIII-IX grados para el grado medio de daño obtenido, lo cual es excesivo.



Figura 4.47. Vista de edificios antiguos de Nacimiento (Fotos.8va.cl).

4.3.32. Ninhue

En esta localidad se realizó un censo de viviendas luego de los terremotos, el cual entregó los resultados que se muestran en la Tabla 4.20 (**La Discusión**).

Tabla 4.20. Resultado del Censo de daños en Ninhue.

ESTADO	GRADO	CANT	%
Inhabitables	G4 - G5	7	5
Seramente dañadas	G3	13	9
Dañadas	G2	52	38
Regulares	G1	47	34
Buen estado	G0	19	14
Total	-	138	100

$G_M = 1.57$ a 1.62

En esta localidad la mayoría de las casas eran de adobe con techumbre de tejas (ver Figura 4.48 y Figura 4.49), y un gran número de éstas ya habían resistido dos o tres terremotos. En todas ellas podía verse, especialmente en los interiores, los daños causados por los sismos de 1960, los que correspondían a agrietamientos, partiduras y hundimientos de techo (**La Discusión**).



Figura 4.48. Viviendas antiguas de Ninhue.



Figura 4.49. Museo de Arturo Prat.

Las pocas viviendas que había de construcción asísmica y de madera, no sufrieron el menor perjuicio. La mayoría de ellas fueron hechas después del terremoto del año 39 y se conservaban en perfecto estado (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

La información entregada por la prensa y la encuesta realizada para cuantificar los daños en esta localidad permiten estimar la intensidad en forma bastante precisa considerando que las viviendas afectadas eran construcciones de adobe (Clase de vulnerabilidad del Tipo A) y que las viviendas de construcción asísmica (Clase C), no sufrieron daño alguno. La intensidad que resulta es igual a **VI-VII grados**.

4.3.33. Pemuco

Los edificios, ya resentidos con el terremoto de 1939 y posteriores eventos, resultaron muy dañados (G2 o superior) debiendo demolerse de inmediato unas 70 casas. Del total de casas, el 80% resultaron dañadas (G1 o mayor). La zona rural, donde era muy común el uso de adobe, resultó ser la más afectada, siendo numerosas las casas que quedaron destruidas (G4 y G5) (**El Sur, La Discusión**).

Los edificios de uso público como el local de la Escuela Mixta N°4 y el edificio de la Municipalidad no sufrieron mayores daños (G2 o menor) y sirvieron de albergue. Otros edificios públicos como la Tesorería Comunal, Correos y Telégrafos y el Registro Civil quedaron dañados (G3 o mayor), representando un peligro para los empleados. No hubo desgracias personales que lamentar en este lugar (**El Sur, La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Para hacer esta estimación, se considera que en la zona abundaban las viviendas de adobe (Clase de vulnerabilidad del Tipo A), 36% de las viviendas de la provincia del Ñuble según el Censo de 1970, y que el 80% de ellas resultó con algún tipo de daño. Con estos datos la intensidad se estima que fue de **VII grados**.

4.3.34. Penco

Los daños materiales que dejaron los terremotos del 21 y 22 de mayo en Penco, fueron importantes aun cuando a simple vista no se observaban los destrozos. Según una encuesta sin terminar, el número de casas destruidas totalmente en esta comuna era de 389 y de casas no tan dañadas pero sí inhabitables alcanzó hasta 215 (**El Sur**). En la Figura 4.50 se muestran algunas construcciones de la época.

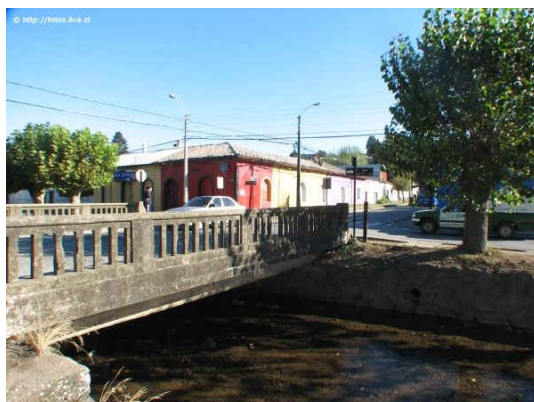


Figura 4.50. Construcciones antiguas de Penco.

Los damnificados fueron alojados en locales escolares y en el Gimnasio de la Industria Fanaloza (**Revista Vea**).

Los edificios públicos no resultaron mayormente dañados, aunque la mayoría de ellos sufrieron daños parciales. El hospital de Penco pudo desarrollar sus labores normalmente luego de ocurridos los sismos (**El Sur**).

Daños en instalaciones industriales

En Penco, las industrias básicas, como lo eran la Refinería de Azúcar y la Loza, no sufrieron daños de mayor consideración. El estado general que presentaban las industrias después de los sismos fue el siguiente (**El Mercurio**):

- Refinería de Azúcar de Penco: sufrió daños de carácter estructural y desperfectos menores en sus maquinarias. En pocos días pudo reanudar su producción normal.
- Industrias Varias S.A. (INVASA): La destilería de Alcohol de Penco no sufrió daños y mantuvo su producción y con un abastecimiento adecuado a los hospitales.
- Compañía Sudamericana de Fosfatos: Los daños fueron cuantiosos, pero se pudo normalizar las faenas en pocos días, debido a que se contaba con los repuestos necesarios. Los perjuicios se registraron especialmente en la bodega, donde se perdió un fuerte stock de fosfatos.
- Fábrica Nacional de Loza: Las instalaciones vitales no sufrieron daños cuantiosos. Sin embargo, los stocks de loza fueron destruidos.

Servicios

El servicio de agua potable funcionó normalmente desde el día 22 de mayo y luego de haberse practicado algunas reparaciones menores en la red de distribución, algo dañadas por el sismo (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

Según Watanabe y Karzulovic (1960) la intensidad en Penco fue de *VI a VII grados*.

Considerando la información reunida, se aprecia que ésta parece exagerada en la calificación del daño, pero a pesar de ello hubo daños no menores (G3) según la encuesta del diario “El Sur”. Teniendo en cuenta esto último y el valor entregado por Watanabe y Karzulovic, se estima que la intensidad en Penco fue de *VII grados*.

4.3.35. Pinto

En Pinto sólo algunas casas sufrieron daños de relativa consideración (G3 o menor) y éstas pertenecían a familias modestas y estaban construidas de materiales de mala calidad (adobe principalmente, de uso habitual en la provincia del Ñuble según el Censo de 1970).

En estas casas, lo más notorio fue la pérdida de la línea de los tejados. El saldo final fue 40 casas inhabitables (G3), 2 destruidas (G4 o G5) y 37 en mal estado (G2 y G1), no registrándose muertos ni heridos (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

De acuerdo a los daños informados, si se acepta que las casas dañadas correspondían a construcciones de la clase de vulnerabilidad de la Clase A, puede estimarse que la intensidad **no fue mayor que VII grados**.

4.3.36. Portezuelo

En este pueblo, la mayoría de las construcciones eran de adobe, resultando 12 casas inhabitables (G3 o mayor) y 80 con daños serios (G2 a G3) por el terremoto del día 21 (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Considerando la proporción entre las viviendas inhabitables y las seriamente dañadas y aceptando que ellas eran construcciones de adobe (Clase de vulnerabilidad del tipo A), se puede estimar que la intensidad fue de **VI-VII grados**.

4.3.37. Quillón

Quillón, localidad de 12.000 habitantes, sufrió los efectos del terremoto, resultando gran parte de sus construcciones derrumbadas o destruidas parcialmente (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

La información disponible es insuficiente para determinar la intensidad en este pueblo. Sin embargo, tomando en cuenta que hubo destrucciones parciales y derrumbes en algunos casos

(daños que pueden clasificarse de grado G2 a G4) y suponiendo que las construcciones afectadas eran de adobe (Clase A de Vulnerabilidad), se puede estimar que la intensidad fue de **VII grados**.

4.3.38. Quinchamalí

Tanto en El Guape como en Quinchamalí, se constataron graves daños en 25 casas (**La Discusión**).

Además quedaron en malas condiciones los locales de las Escuelas 27 de Colliguay y de Quinchamalí. En el edificio de la escuela de Quinchamalí fue necesario botar varias murallas y reemplazarlas por maderas (**La Discusión**). Asimismo, sufrieron serios perjuicios (G3 y G4) los locales de Correos y del Club de Educadoras del Hogar y otras entidades del Plan “Chillán”, en los que, al igual que en la Escuela de Quinchamalí, hubo que demoler murallas y reemplazarlas por maderas.

Estimación de la Intensidad

En esta zona de la provincia del Ñuble, predominaban las viviendas de adobe (Clase A de vulnerabilidad). Si se considera esta realidad y los daños que sufrieron las construcciones de las viviendas (graves daños en 25 viviendas, G3), se puede estimar una intensidad de **VII grados** en Quinchamalí.

4.3.39. Quirihue

En este pueblo los daños en las construcciones fueron cuantiosos (**El Sur**). No menos del 80% de las viviendas quedaron dañadas (G2 o mayor), ya que se trataban de casas muy viejas y muchas estaban deterioradas antes del terremoto, producto de los efectos de los terremotos de los años 1939 ($I = X$, Moya, 2002) y 1953. Un alto porcentaje de estas viviendas, del orden del 50%, debieron ser demolidas de inmediato por el peligro que constituían al estar en pie (**La Discusión, El Mercurio**).

En todas partes se podían observar tejas corridas, murallas agrietadas y caída de revoques (**La Discusión**), daños que corresponden a los grados G2 y G3.

De estudios realizados, se concluyó que dentro del radio urbano de Quirihue habían 150 casas que quedaron inhabitables (G3 a G4); 2 resultaron totalmente destruidas (G5) y un total de 300 seriamente dañadas (G3). Sólo un 20% de las casas quedaron en condiciones de ser habitadas (G0 a G2), algunas de ellas con reparaciones mínimas (**La Discusión**).

Daños en edificios de uso público

Uno de los edificios de uso público que resultó dañado fue el Liceo Coeducacional, cuya muralla exterior colapsó cubriendo de ladrillos las aceras de las calles Cochrane y Ortiz de Rozas, quedando así totalmente abierto el local. Este edificio de albañilería correspondía a la Clase B de vulnerabilidad y presentó daños de grado G4. La Escuela N° 2, a su vez, presentó importantes agrietamientos, y lo que más sufrió fue el gimnasio o patio cubierto. Todas las salas daban señales inequívocas de la gran intensidad de los temblores que azotaron a esta ciudad y daba la sensación de que se iban a desprender enormes bloques de concreto sobre este patio cubierto o teatro (**La Discusión**).

Por otra parte, el edificio que ocupaba la oficina del Servicio de Seguro Social de Quirihue quedó en peligroso estado (G4), por lo que se determinó la clausura inmediata de este local (**La Discusión**).

Desgracias Personales

No hubo desgracias personales que lamentar en esta localidad (**El Sur, El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que las viviendas de esta localidad eran principalmente de adobe (Clase A de vulnerabilidad), algunas de las cuales aún existen como se muestra en la Figura 4.51, y con la información de daños destacada, se puede estimar que la intensidad fue de **VII-VIII grados**.



Figura 4.51. Viviendas de adobe en Quirihue (fotos.8va.cl).

4.3.40. San Carlos

Los principales daños en San Carlos se produjeron por el terremoto del día 21 de mayo. Las construcciones que se pueden considerar con diseño sísmico y que fueron el resultado de un plan de reconstrucción de edificios después del terremoto de 1939 ($I = VIII-IX$, Moya, 2002), no sufrieron daños (Clase C de vulnerabilidad); en la Figura 4.52 se muestran este tipo de construcciones.

No ocurrió lo mismo en las poblaciones que se encontraban fuera del radio urbano, donde la mayoría de las casas estaban construidas con materiales de mala calidad y sin asesoría técnica, construcciones que corresponden a una Clase A de vulnerabilidad. Como aconteció en Chillán,

este tipo de casas resultaron dañadas pero sin quedar inhabitables (Daños G2 y G3) (**La Discusión**).

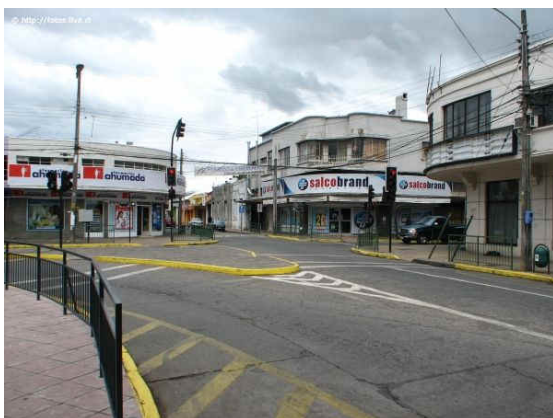


Figura 4.52. Edificios construidos después del terremoto de Chillán. (fotos.8va.cl)

Manzanas enteras quedaron con sus casas semidestruidas debido a que numerosas murallas de adobe resultaron derrumbadas y agrietadas, especialmente en las casas que ya habían soportado el terremoto de 1939 (**La Discusión, El Mercurio**). Los sectores más afectados fueron los de barrios populares de Parralito, Chacabuco y Gazmuri Oriente.

Además se derrumbaron una gran cantidad de panderetas divisorias de sitios (**La Discusión**).

Los daños dejaron a 300 familias damnificadas en esta ciudad (**La Discusión**).

El balance final del estado en que quedaron las casas de San Carlos, se muestra en la Tabla 4.21 (**La Discusión**):

Tabla 4.21. Balance del estado de las casas en San Carlos.

ESTADO	GRADO	CANT	%
Totalmente destruidas	G4 - G5	5	0,3
Por demoler	G4	391	24,1
Semidestruidas	G2-G3	593	36,6
Buenas	G0 - G1	633	39
Total	-	1622	100

$G_m = 2.48.$

Daños en edificios de uso público

El local de la Sección Industrial de la Escuela Unificada, sufrió daños; sin embargo, el nuevo local para esta Sección, cuya construcción estaba recientemente terminada, pudo ser habilitado. La oficina de la Compañía de Teléfonos tuvo que ser desalojada debido al mal estado de seguridad en que quedó el local. Lo mismo ocurrió con el local de la Escuela Industrial de San Carlos y las oficinas de Identificación y Registro Civil (**La Discusión**).

Servicios

El servicio de agua potable quedó interrumpido y funcionó en precarias condiciones. El servicio domiciliario de luz eléctrica igualmente quedó interrumpido, pero el alumbrado público no sufrió interrupción alguna. El servicio de teléfonos no sufrió interrupciones. En cambio, el servicio de telégrafo quedó interrumpido (**La Discusión**).



Figura 4.53. Destrucción de la Carretera Panamericana. a 23 kilómetros al norte de la ciudad de San Carlos. (Fuente: El Mercurio)

Estimación de la Intensidad

Según la prensa, el sismo habría sido de *VII grados* (**La Discusión**).

Este valor queda confirmado al analizar la información de daños entregada por la prensa. Parte de esta información corresponde al balance del estado de las casas de la Tabla 4.21, construcciones que correspondían a construcciones de la Clase A de Vulnerabilidad. Como se aprecia al pie de la tabla, el valor del grado medio de daño G_m corresponde a una intensidad de *VII grados*. Este valor también está de acuerdo con el comportamiento que tuvieron las construcciones asísmica (Clase C); algunas de ellas se pueden ver en la Figura 4.52.

4.3.41. San Gregorio

En esta comuna, los terremotos del 21 y 22 de mayo causaron enormes daños materiales, quedando el 50% de las casas del pueblo en mal estado (G2 o mayor), de las cuales 25 viviendas habrían quedado prácticamente inhabitables (G3), tanto en la población misma de San Gregorio como en otros lugares rurales de la comuna (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Suponiendo que la mayoría de las casas dañadas eran de adobe (Clase A de vulnerabilidad) y tomando en cuenta los daños descritos, se estima que la intensidad fue de **VII grados**.

4.3.42. San Ignacio

En comparación con otros pueblos, en la comuna de San Ignacio los sismos no causaron pérdidas de vidas, sino que uno o dos heridos y casas deterioradas, casi todas ellas con sus tejas corridas. Según la información de prensa, un 50% de las casas sufrieron deterioros a causa de los temblores, resultando de este 50%, el 48% habitables (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

De la información disponible se concluye que:

- Casi todas las casas presentaron sus tejas corridas (G2).
- Un 50% de ellas habrían sufrido deterioros (G2 a G3).
- Las casas más perjudicadas fueron las de adobe construidas por sus dueños (Clase A de vulnerabilidad).
- Pese al porcentaje de casas que sufrió algún nivel de daño, sólo una mínima proporción de éstas sufrió daños de gran consideración (G3 o mayor).
- Se reportaron casos de muros derrumbados, por lo que se confirma que en algunos casos se presentaron daños de grado G4.

Con estos antecedentes, se estima que la intensidad fue de **VII grados**.

4.3.43. San Nicolás

En este pueblo, de aproximadamente 400 habitantes en 1960, el terremoto dejó profundas y notorias huellas en la parte más antigua, presentándose una grave situación para sus habitantes. La mayoría de las casas eran de comienzos del siglo XX, y todas ellas resultaron dañadas. Sus techos se hundieron y perdieron la mayor parte de las tejas (G2); en algunos casos las paredes se agrietaron y en otros se cayeron. Aproximadamente el 50% de las casas quedó en mal estado (G2 o mayor) y aproximadamente 10 viviendas quedaron inhabitables (G3 o mayor) (**La Discusión**).

El Retén del lugar quedó con sus murallas a punto de caer (G3), por lo que hubo que evacuarlo urgentemente. No se registraron desgracias personales (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

La mayoría de las casas en esta localidad eran de adobe (Clase A de vulnerabilidad) y predominaron los daños G2 con algunos del tipo G3 según lo informado por la prensa. Con estos antecedentes se estima que la intensidad fue **VI-VII grados**.

4.3.44. San Rosendo

El 80% de las casas de este lugar quedaron en ruinas o inhabitables (Daños G3 o mayor). La mayoría de estas viviendas eran de material débil, debido a la escasez de recursos económicos de sus dueños. La totalidad de las oficinas fiscales quedaron en malas condiciones (G3 o mayor), mientras que la Iglesia y la casa parroquial se perdieron completamente (**El Sur, El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

La mayoría de las casas eran de material débil y de familias de escasos recursos, por lo que se puede aceptar que pertenecían a una clase de vulnerabilidad del Tipo A. Con este supuesto y con los antecedentes de daños reunidos, los cuales afirman que un 80% de las viviendas resultaron con daños mayores que un nivel G3, se puede estimar que la intensidad fue de **VII-VIII grados**.

4.3.45. San Vicente

La prensa entrega la siguiente información de los daños en las industrias de San Vicente (**El Mercurio, La Discusión**):

- Alimentos Marinos San Vicente: No hubo daños en los edificios.
- Inchalam, San Vicente: Sufrió daños de menor cuantía en sus instalaciones y pudo normalizar sus faenas en pocos días.
- Fábrica Nacional de Carburo y Metalurgia: La planta de San Vicente no sufrió daños de consideración y pudo trabajar en condiciones normales.
- Planta de Standard Oil de Esso: Pudo funcionar normalmente. El hecho de que los estanques estuvieran a medio llenar aseguró su estabilidad.

Estimación de la Intensidad

La información reunida es insuficiente para determinar la intensidad en este lugar.

4.3.46. Santa Clara

Más de un centenar de casas resultaron agrietadas e inhabitables (Grado G2 a G4). Además, las escuelas quedaron en malas condiciones; la Oficina de Correos y Telégrafos sufrió daños de tal importancia que debió trasladarse de local. El retén de Carabineros también debió ser trasladado a Bulnes, quedando 5.000 habitantes sin vigilancia policial (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Suponiendo que las construcciones dañadas eran de adobe (Clase A), por los daños descritos se puede estimar que la intensidad mínima fue de **VI-VII grados**.

4.3.47. Santa Juana

En esta localidad, la mayoría de las casas eran habitadas por gente humilde y estaban construidas de madera. El 90% de las viviendas sufrió derrumbes (G4 y G5) o serios perjuicios (G3) a raíz del terremoto del día 21 de mayo, lo que causó que la mayoría de ellas quedaran inhabitables. La destrucción fue tal, que de las 300 viviendas con las que contaba la población, sólo 15 quedaron en pie y habitables, resultando esta localidad una de las más afectadas por los sismos. Se registraron 3 muertos y 6 heridos graves (**El Mercurio, El Sur**).

Tanto la casa parroquial como el colegio resultaron destruidos (**El Mercurio**). El puente carretero del río Pelún sufrió daños de consideración (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Tal como informa la prensa, la mayoría de las casas eran de madera y de familias pobres, lo que permite considerar que la mayoría de las casas de esta localidad pertenecían a la Clase de Vulnerabilidad A. Considerando que el 90% de estas casas sufrieron daños del nivel G3 o superior, según lo que se desprende de la información de la prensa, se puede estimar que la intensidad fue de **VIII grados**.

4.3.48. Schwager

Los daños en Schwager afectaron principalmente a las poblaciones de obreros y empleados y al Hospital (ver Figura 4.54). No se registraron daños personales. En las instalaciones de la mina de la Compañía Carbonífera de Schwager se registraron daños menores (**El Mercurio**).



Figura 4.54. Daños en el entonces moderno hospital de Schwager. (Fuente: El Mercurio)

Estimación de la Intensidad

La información disponible es insuficiente para estimar una intensidad en esta localidad.

4.3.49. Talcahuano

Debido a que su edificación era más antigua (ver Figura 4.55), la cual correspondía en su mayoría a la Clase A de vulnerabilidad, Talcahuano sufrió más perjuicios que Concepción, resultando totalmente destruido (G3 o mayor) entre el 60 y el 70% de la construcción de este puerto. Las víctimas que se registraron, fueron precisamente debido a derrumbes de casas de adobes (**El Mercurio, Revista Vea**).

Los edificios antiguos no resistieron, pero sí la construcción moderna (Clase C) en un ciento por ciento. Esto ocurrió justamente en el Apostadero Naval, donde sólo se pudo comprobar algunas grietas en los estucos (**El Mercurio**).

Los sectores habitacionales donde se registraron los daños materiales más fuertes fueron las poblaciones de Villa Ríos y del Campamento de Huachipato (**La Discusión, La Unión**).

La Municipalidad de Talcahuano realizó un informe sobre el estado habitacional de la ciudad luego del terremoto, publicándose los siguientes resultados más relevantes (**El Sur**):

- La ciudad contaba hasta el día 21 de mayo con 18.000 viviendas. De éstas un 65% resultó destruida por el terremoto (G3 o mayor); 25% estaba en condiciones de ser reparadas (G2) y el 10% restante había quedado en buen estado (G0 a G1).
- La catástrofe del 21 de mayo destruyó (G3 a G5) 7.000 (70%) viviendas de material sólido (Clase A y B). Otras 1000 (10%) de este mismo material, quedaron en malas condiciones, pero pudieron ser reparadas (G2). Solamente 2.000 (20%) casas de material sólido no sufrieron daños con el terremoto en este puerto (G0 a G1).
- En las casas de madera, el daño fue menor pero de consideración. Según el informe, 3.000 viviendas de madera fueron totalmente destruidas (G3 a G5). Por otra parte, 4.000 casas de madera sufrieron daños que pueden ser reparados (G2). Solamente 1.000 no sufrieron daños en su construcción (G0 a G1), sin embargo, sus propietarios debieron lamentar la quebrazón de loza y vidrios al caerse los estantes en que éstos se encontraban.



Figura 4.55. La gran mayoría de los habitantes vivía en casas como la mostrada en la fotografía.

(Fuente: El Sur)

En la Figura 4.56 y Figura 4.57 se muestran algunos de los daños en Talcahuano.



Mediante palas mecánicas, se procede a despejar la calle Colón, frente al antiguo edificio donde funcionaba el Correo de Talcahuano, que fue demolido. (Fuente: El Sur)



Edificio destruido en la calle Valdivia. (Fuente: El Sur)



Daños en viviendas. (Fuente: El Sur)



Derrumbe de la secretaría del Partido Conservador, en Talcahuano. (Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 4.56. Daños en edificios de Talcahuano.



Escombros en las estrechas calles centrales de Talcahuano.

(Fuente: Revista Zig Zag)



Una joven de la Defensa Civil hace guardia frente a los locales comerciales. (Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 4.57. Daños en edificios de Talcahuano.

Daños en las industrias, comercio y edificios públicos

En general, las empresas que tenían sus plantas en Talcahuano acusaban haber sufrido daños. Acerca de la usina de Huachipato, perteneciente a la Compañía de Acero del Pacífico, la prensa entrega el siguiente catastro (*El Mercurio, La Discusión, El Sur, La Unión*):

- Huachipato debió suspender sus faenas a raíz del temblor del 21, manteniendo sólo algunas faenas de emergencia. La edificación e instalaciones resistieron el movimiento y los daños no fueron graves ni irreparables, gracias a su diseño antisísmico. Sus partes vitales, como el alto horno, los equipos de laminación, etc., tampoco sufrieron perjuicios de gravedad.
- Era evidente que existían cuantiosos daños a lo largo de la planta, pero no se trataba de una catástrofe. Todos los daños eran reparables, excepto una unidad que no era básica. La planta de Coke sólo sufrió algunos daños estructurales pero igualmente reparables.
- La coquería estaba en condiciones de reanudar la producción de gas para la población, pero previamente fue necesario reparar la red de distribución. La producción de acero pudo reiniciarse parcialmente 6 días después de ocurrido el terremoto.

- El sismo provocó averías graves en la matriz de los servicios de agua. La falta de agua provocó que se fundieran distintos hornos.
- La interrupción de la electricidad paralizó la refrigeración de los altos hornos, por lo que la refrigeración de estos debió mantenerse con parte de la reserva del estanque de agua, la cual se había perdido en gran parte por las importantes roturas que se produjeron en las matrices de agua.
- En cuanto al acceso a la usina, estaban utilizables los accesos por Población Arenales y por Población Gaete.
- El comportamiento general de la planta de Huachipato fue excelente y mereció especial estudio, pues pudo entrar en funcionamiento de manera casi inmediata luego de los sismos.

En relación con el comercio de este puerto, la prensa informa que el sismo del día 21 destruyó la mayor parte del sector comercial y dejó otros locales en mal estado. Lo anterior obligó a paralizar el comercio en Talcahuano. La mayoría de los edificios de la calle Colón, arteria principal del puerto y donde se encontraban la mayoría de los locales comerciales, debieron ser demolidos. Algunos de estos edificios habían sido derrumbados a medias por el sismo, mientras que otros quedaron tan mal, que constituían un peligro público (**El Sur, Revista Vea**).

Entre los edificios públicos afectados se destacaban (**El Sur**): el Banco del Estado de Chile; La Escuela Industrial y de Pesca; la Gobernación Marítima; diferentes edificios de la Corporación Edilicia, entre ellos la Casa Consistorial, Mercado Blanco, Mercado Higuera, Mataderos (antiguo y en construcción); gimnasio en construcción y estadio; talleres de calle Heras, Corralones de Aseo, Escuela de Dibujo Industrial, Escuela Santa Leonor, Escuela Cerro Cornou, Escuela Población Esmeralda, Población Cerro Cornou, Casa de Limpieza y Hogar de Menores.

La mayoría de los locales escolares fueron dañados por el terremoto y los que quedaron en buenas condiciones fueron ocupados como alberges. El Liceo Coeducacional, por ser un edificio moderno, sufrió daños de poca importancia, no obstante se quebraron la casi totalidad de sus vidrios que constituían la muralla por el lado de Avenida Blanco Encalada, lo que obligó a

suspender las clases. Los liceos nocturnos “Pedro Aguirre Cerda” y “Pedro Echegoyen”, por su parte, quedaron sin locales pues éstos debieron ser demolidos (**El Sur, El Mercurio**).

El hospital de Talcahuano no sufrió daños de importancia, al igual que la posta de la Plaza Acevedo que quedó en buen estado (**El Mercurio**). En las instalaciones de la Base Naval sólo se detectaron algunas grietas en edificios altos, mientras que los diques resistieron bien el movimiento sísmico (**La Discusión**).

La aduana resultó con daños cuantiosos en sus almacenes y bodegas. Los recintos destinados al depósito de las mercaderías de playa, quedaron en pésimo estado y firmas particulares pidieron el traslado de sus productos a almacenes particulares (**La Discusión**).

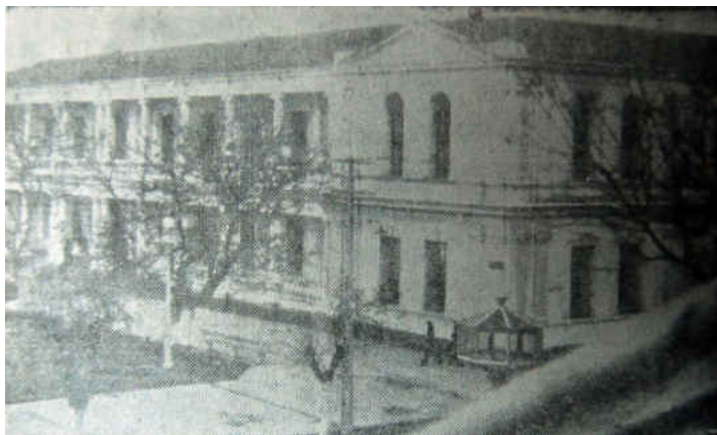
Sólo el Teatro Gran Colón quedó en condiciones de seguir funcionando, cuyo edificio no ofrecía ningún peligro, debido a su construcción asísmica (**El Sur**).

La prensa entregó el siguiente catastro sobre el estado de los edificios fiscales de la ciudad (**El Mercurio**):

- Los edificios de la Gobernación Departamental, Liceo Fiscal, Gobernación Marítima y del Banco del Estado de Chile sufrieron daños de poca consideración.
- El Frigorífico INACO resultó con sus murallas desplomadas, al igual que el malecón de atraque de los barcos y la Escuela N°1.
- El Liceo Nocturno “Pedro Aguirre Cerda” sufrió tal destrucción que quedó con peligro de derrumbe.
- La Escuela Vocacional N° 26 sufrió daños de consideración en sus murallas, al igual que la Administración del Puerto.
- La Segunda Comisaría de Talcahuano sufrió la trizadura profunda de murallas, garaje y boxes, mientras que la Subcomisaría Arenal quedó inhabitable.
- La Oficina del Registro Civil resultó destruida.
- La Notaría Pública, Escuela N° 8, Tesorería Comunal, Escuela N° 5, Escuela N° 7, Cárcel Pública, Juzgados de Letras, Gabinete de Identificación, Subcomisaría de Investigaciones,

Dirección de Obras Sanitarias y el Servicio Nacional de Salud, sufrieron agrietamientos sin mayor importancia y quebraduras de numerosos vidrios (G1 a G2).

En la Figura 4.58 y Figura 4.59, se muestra el estado de algunos edificios públicos y del sector comercial.



El Cuartel del Regimiento Defensa de Costa Nº 5 “Sargento Aldea” sufrió varios agrietamientos a raíz del terremoto del 21 de mayo. En la fotografía, se ve el edificio ubicado al lado de la Plaza de los Héroes en el recinto del Apostadero Naval. (Fuente: El Sur).



La calle Colón, de Talcahuano, donde estaba ubicado todo el comercio de ese puerto, quedó convertida en escombros. (Fuente: Revista Vea).

Figura 4.58. Estado de algunos edificios públicos de Talcahuano.

Daños en obras portuarias y marítimas

El terremoto del día 21 de mayo ocasionó cuantiosos daños materiales en el recinto de la Administración del Puerto. La parte más dañada correspondió al espigón de atraque debido a que el frigorífico de INACO se asentó y esto produjo el desplazamiento de los laterales del espigón, cortándose 20 tirantes del tablestacado e inutilizando el extremo norte del espigón en más o menos 50 metros. Se formaron cavernas en las bases y las líneas ferroviarias perdieron la recta, quedando onduladas debido a lo cual el sector terminal quedó inutilizable. En un comienzo se temió que el espigón no pudiera ser utilizado para la descarga de buques, pero finalmente se pudo comprobar que las grietas sólo eran superficiales. Por otra parte, la pavimentación quedó completamente desnivelada. Cerca del 50% de los pastelones de concreto se hundieron

aproximadamente 10 cm. Además en la bodega se agrietó el piso en la parte donde funciona la Maestranza y el almacén de materiales (**El Sur, Revista Vea**).

La reparación en la parte comercial del muelle, que consistió en aproximadamente 80 metros de tablestacado hasta la bodega del Frigorífico, que se separó unos 80 centímetros, representó un altísimo costo. También hubo que reparar el interior del Apostadero, que sufrió bastante. El molo interior de la dársena resultó destruido y el molo 500 quedó desplomado (**La Unión**).

Vararon 33 faluchos del total de 61 de que disponía ese puerto para atender la descarga de naves por el sistema de lanchajes. El puerto fue, finalmente, declarado inutilizable debido a los daños sufridos luego de los terremotos y a los efectos de las salidas de mar (**La Unión**).

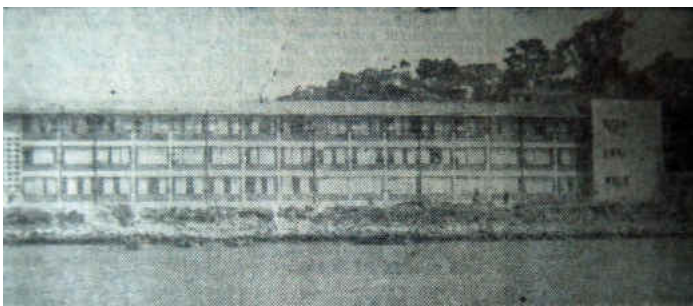
Por otro parte, las instalaciones de la base naval de Talcahuano, incluyendo diques y maestranzas, no sufrió daños de consideración (**Revista Vea**). El faro que señalaba la posición de Bajo Belén en el acceso al puerto militar, debió ser demolido, debido a las precarias condiciones en que quedó después de los sismos. El faro había sido construido el año 1897 y modificado el año 1911. Tenía una altura de 11 metros sobre el nivel del mar (**El Sur y La Unión**).

Servicios

Tanto los servicios de agua potable, energía eléctrica, gas y comunicaciones quedaron interrumpidos luego de los sismos (**El Diario Austral, El Mercurio**).

Desgracias Personales

Se registraron 5 muertos y 9 heridos graves (**El Mercurio, La Discusión, La Mañana**).



Vista del edificio Liceo Coeducacional, en el cual debieron reponerse los vidrios quebrados por acción del terremoto. (Fuente: El Sur)



Edificio Municipal ubicado en Colón esquina Serrano. (Fuente: El Sur)

Figura 4.59. Vistas del Liceo Coeducacional y Edificio Municipal de Talcahuano, luego del terremoto del día 21 de mayo.

Estimación de la Intensidad

Según Watanabe y Karzulovic (1960), la intensidad en Talcahuano fue de *IX grados* en la escala de Cancani-Mercalli-Sierberg (*VIII grados IMM*).

Con el informe de la Municipalidad de Talcahuano publicado por el diario “El Sur” se puede calcular un grado medio de daño para las construcciones de material sólido igual a 3.2, valor que representa una intensidad de *VIII grados* si se acepta que estas construcciones eran de la Clase A de vulnerabilidad. Este valor representa bien el daño descrito en esta ciudad.

4.3.50. Talcamávida

Grandes daños materiales dejó el terremoto del 21 en esta localidad. De un total de 130 casas, sólo cuatro quedaron en estado de ser habitadas, de lo que se deduce que no más del 3% de las viviendas sufrió daños de grado G2 o menor. No hubo desgracias personales de consideración, salvo casos de heridos leves (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

Si se estima que la gran mayoría de las casas eran de una Clase A de vulnerabilidad y se considera la cantidad de daños descritos, la intensidad debió ser de **VIII grados**.

4.3.51. Tomé

La destrucción en Tomé fue de consideración; según el gobernador, el 30% de las casas quedaron en mal estado, lo que puede considerarse como daños de grado G2 o mayor. Del total de casas, el 10% resultaron destruidas (G4 a G5) y el 20% seriamente dañadas (G3), dejando a 100 personas damnificadas. Aproximadamente 8 casas debieron ser demolidas (**El Mercurio, El Sur**).

Daños en las instalaciones industriales y comercio

La edificación nueva de hormigón armado de la Industria Textil Lanera de Tomé resistió la violencia del sismo (G0 a G1); pero la que había sobrevivido al terremoto de 1939 ($I = VIII-IX$, Moya, 2002), se derrumbó en parte y el resto quedó agrietado (G2 a G5). Esta industria pudo volver a la normalidad en aproximadamente 3 semanas (**El Mercurio, La Unión**). En la Sociedad Nacional de Paños se debió arreglar el techo de una sección de peinado que estaba paralizada por haberse producido la caída de una viga con el sismo del día 21 de mayo.

La Empresa de Electricidad que, junto a Obras Sanitarias, mantuvieron ininterrumpidamente los servicios, lograron solucionar rápidamente sus problemas más graves ocasionados por el sismo (**El Sur**).

El comercio de la ciudad pudo funcionar con relativa normalidad (**El Sur**).

Daños en edificios públicos

Los servicios de utilidad pública pudieron funcionar con normalidad. Sin embargo, resultaron con daños de consideración los locales de Investigaciones, Juzgado de Letras, Servicio de Seguro

Social y la Cárcel (**El Sur**). El consultorio del Servicio debió ser totalmente evacuado (**El Mercurio**).

De los 48 locales escolares del departamento, sólo 14 quedaron en condiciones de seguir funcionando; de 18 locales deteriorados, 12 de ellos pudieron ocuparse provisionalmente y los 6 restantes debieron ser, previamente, sometidos a una revisión técnica y a reparaciones. De los 16 locales destruidos, sólo uno de ellos, el de la Escuela de San Caritos, tenía la seguridad de contar con edificio nuevo, siete pudieron funcionar en locales provisionales y el resto no tenía posibilidad alguna de entrar en servicio. Debieron hacerse ligeras reparaciones en algunos establecimientos educacionales, como el local viejo del Liceo Coeducacional y la Escuela Industrial (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

Según Watanabe y Karzulovic (1960), la intensidad en Tomé fue de *VI-VII grados* en la escala de Cancani-Mercalli-Sieberg.

De los datos reunidos, se desprende que un 30% de las viviendas habrían presentado daños entre G3 y G5 y que en la provincia de Concepción el 94% eran viviendas de madera y de albañilería (Clase B) según el Censo de 1970. Con estos antecedentes, es posible establecer que la intensidad fue mayor que VII grados si se considera que las viviendas gravemente dañadas, G4 y G5, eran de la Clase A, y que la intensidad no fue mayor que VIII grados si se supone que todas las casas eran de la Clase B, por lo tanto se estima que la intensidad en Tomé fue de ***VII-VIII grados***.

4.3.52. Yumbel

El 70% de las construcciones resultó seriamente dañado (**El Mercurio**), es decir, presentaron daños correspondientes a un grado G2 o mayor. Por otra parte, el alcalde de la época reconoció que de las 600 casas que había en el pueblo, 100 resultaron totalmente destruidas y el 80% habría quedado inhabitable y con amenaza de derrumbarse, por haber sido seriamente dañadas en sus murallas y techumbres (G3 o mayor) (**El Sur, La Unión**).

El total de familias que quedaron a la intemperie debido al estado en que se encontraban las casas, alcanzó a unas 430 familias (**El Sur**).

Daños en edificios públicos

La Gobernación perdió su edificio, el que quedó inhabitable. La Municipalidad, en cambio, pudo funcionar normalmente, ya que el edificio que ocupaba no sufrió daños de consideración. Las oficinas del Servicio de Seguro Social, Registro Civil e Identificación, Correos y Telégrafos, Carabineros e Inspección Escolar, debieron ser trasladadas a las salas del Grupo Escolar, ya que los locales que ocupaban quedaron muy dañados y con peligro de derrumbarse. Funcionaban en su local totalmente dañado, en dependencias que ofrecían menos peligros de derrumbes, la Tenencia de Carabineros, Gobernación Departamental, Compañía de Teléfonos e Impuestos Internos (**El Sur, La Unión**).

Estimación de la Intensidad

De las informaciones de la prensa se desprende que el 80% de las viviendas presentaron daños G3 o mayor, y un 17% resultaron destruidas (Daños G4 a G5). Con estos porcentajes, y aceptando que las viviendas eran de la Clase A de vulnerabilidad, se puede estimar que la intensidad fue de **VII-VIII grados**.

4.3.53. Yungay

Este pueblo fue uno de los más afectados de la provincia. Todas las construcciones antiguas, quedaron en pésimo estado después del sismo del día 21 de mayo. Según el Gobernador del Departamento, 280 casas quedaron derrumbadas, gravemente averiadas e inhabitables. La mayoría de las viviendas ni siquiera admitían reparaciones. Según un censo realizado por Carabineros, las casas deterioradas sumaban un total de 509, del orden del 30% si se considera que la población era del orden de 9000 habitantes (**La Discusión**).

Además se reconoce que todas las casas que resultaron más dañadas estaban ya seriamente afectadas por el terremoto del año 1939 ($I = VII$, Moya, 2002). Fue necesario visitar casa por casa, para establecer en su verdadero valor los efectos del terremoto, ya que la visión exterior de la ciudad ofrecía en general el aspecto bastante mejor que el real. Todos los interiores estaban en el suelo, desaplomados o peligrosamente quebrados. Para el sismo del año 1939, cada vecino que no tuvo ayuda para reedificar, se dedicó a reforzar sus casas, principalmente en sus frontis. Éstos resistieron, pero las murallas de los interiores, ya dañadas por el sismo de 1939, no pudieron resistir los terremotos de 1960 y se vinieron al suelo (**La Discusión**).

La Municipalidad debió disponer la demolición de todas las viviendas ruinosas. Entre éstas, debieron demolerse todas las casas que enfrentaban la Plaza principal de la ciudad, incluso la iglesia Parroquial.

Daños en edificios públicos

El Hospital debió ser trasladado hacia el nuevo edificio que se tenía construido para su funcionamiento y que aún no se entregaba al uso de la población porque le faltaban las terminaciones. El Hospital funcionaba en un edificio, milagrosamente en pie, que había sobrevivido al terremoto del año 1939. Los nuevos daños impidieron que pudieran continuar allí los enfermos ni el personal (**La Discusión**).

La cárcel de esta ciudad, instalada en una casa particular, permaneció por años en el estado de ruina en que la dejó el sismo del año 1939. Su estado empeoró mucho más luego de los terremotos de 1960. Su precario frontis debió ser apuntalado con postes, para evitar que caiga hacia la calle y todas sus murallas interiores de adobe quedaron seriamente agrietadas, siendo urgente parcharlas con planchas de madera prensada (**La Discusión**).

La Escuela Superior N° 1 de hombres, incluida su anexa, y la N° 2 de niñas, acogieron en sus locales a las familias más damnificadas. El Cuartel de la Comisaría de Carabineros también sirvió para dar alojamiento a 10 familias (**La Discusión**).

El local de la oficina de Agua Potable quedó inservible, por lo que se trasladó provisoriamente al edificio municipal (**La Discusión**).

Servicios

El servicio de agua potable estuvo a punto de extinguirse totalmente debido a una veintena de roturas que sufrieron las cañerías de la red a causa de los intensos movimientos. El telégrafo dejó de funcionar luego del terremoto del día 21 de mayo (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Con los porcentajes destacados y considerando el mal estado en que se encontraban las viviendas al no haber sido reparadas después del terremoto de Chillán de 1939 (*I = VII*, Moya, 2002), la intensidad ***no debe haber sido mayor que VII grados***.

4.4. IX REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

4.4.1. Angol

Angol se ubica a 128 Km. al noroeste de Temuco y a 608 Km. al sur de Santiago. Desde Angol partió la expedición que ocuparía definitivamente La Araucanía, y que terminó con la fundación de Temuco. Declarada ciudad en 1871, quedó conectada por ferrocarril con Santiago en 1876. Angol fue el centro económico, administrativo y punto de partida para los colonos chilenos y extranjeros que ocuparon estas tierras.

Angol se había modernizado antes de los terremotos de 1960 debido a los destrozos que produjeron los terremotos del *24 de enero de 1939 (I = VII, Moya, 2002)* y *19 de abril de 1949*. Aunque el primero afectó principalmente a las provincias de Ñuble y Concepción, los daños ocasionados en Angol fueron cuantiosos, este sismo produjo dos muertos, y quedaron 17 personas heridas. Muchas casas quedaron seriamente deterioradas, algunas inhabitables, como el Liceo de Hombres, la Cárcel, el Juzgado, el Cuartel de Carabineros, el Hospital, etc. El *terremoto*

de 1949 tuvo justamente su centro en Angol y Traiguén y causó destrozos enormes. En la capital de la provincia hubo dos muertos, siendo uno de ellos el profesor don Lorenzo Trincado. En la cárcel de Traiguén perecieron 5 reclusos. Todos los cuantiosos daños materiales comenzaron a ser reparados poco a poco, debido a la ayuda gubernativa, a la Corporación de Reconstrucción y a la acción tenaz de 10 representantes ante el Parlamento (**Ref: Angol la ciudad de los confines, Victor Sanchez Aguilera, 1953**).

A raíz de los daños ocasionados por el terremoto del día 21 de mayo de 1960, 400 personas resultaron damnificadas en Angol (**El Mercurio, El Diario Austral**) y 100 familias (532 personas) fueron evacuadas de sus hogares a alberges ubicados en los establecimientos educacionales (**El Diario Austral**). Entre los daños destacados por su gravedad se encuentran los experimentados por una población de la Corporación de la Vivienda y por las casas particulares; de acuerdo con la información de la prensa, el 70% de las viviendas sufrió daños.

Las escuelas y edificios públicos resultaron gravemente afectados (**El Mercurio**) y tanto los suministros de agua potable, energía eléctrica y de gas se vieron interrumpidos a raíz del terremoto (**La Mañana**). Las líneas de comunicación con el resto de las ciudades también quedaron interrumpidas (**La Unión**).

Según la prensa, se habrían registrado 3 muertos y ningún herido grave (**El Diario Austral y La Mañana**).

Según el censo de vivienda de 1970, el principal material utilizado en la construcción de viviendas en la provincia de Malleco era la madera. Otro porcentaje importante de viviendas correspondía a construcciones de albañilería u hormigón y sólo un porcentaje mínimo correspondía a construcciones de adobe o materiales de similar calidad.

Estimación de la Intensidad

Según la prensa, la intensidad del sismo en esta localidad fue de *VI grados*, destacando además que la intensidad fue la misma que para Victoria y la zona de Malleco (**La Mañana**).

Considerando los datos de la prensa y del censo de 1970, aceptando que un 70% de las viviendas sufrió algún nivel de daño (G2 o mayor), y que ellas eran mayoritariamente de madera, es decir, pueden clasificarse como un clase de vulnerabilidad del Tipo B, y que la intensidad habría sido similar a la de Victoria, *VI a VII grados* según Watanabe y Karzulovic (1960), se puede estimar que la intensidad fue de *VI- VII grados*.

4.4.2. Purén

El 60% de las casas resultaron parcialmente destruidas (G2 a G3), muchas de las cuales quedaron inhabitables (Daño G3). (**El Sur**).

El Hospital de Purén debió ser desalojado por los daños que sufrió, trasladándose a los enfermos a una construcción del patio interior. Otro aspecto de la destrucción del terremoto es el que presentaron la mayoría de las escuelas, las que sufrieron numerosos daños que debían ser reparados (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que las viviendas dañadas correspondían a la Clase A de vulnerabilidad y los niveles de daños destacados por la prensa, es aceptable estimar una intensidad de *VII grados*.

4.4.3. Temuco

Los daños fueron de escasa consideración. Dos casas de la Población Tucapel resultaron ligeramente afectadas en sus muros (G1 a G2).

En la Penitenciaría resultaron con pequeñas grietas (G1 o G2) el departamento de cocina y la galería N°2.

La cañería que nacía en Chivilcán, a 4 kilómetros de la ciudad, y que abastecía los estanques de la planta de agua potable sufrió una ruptura a la altura de la reducción Quidel. Esta situación no

afectó el normal abastecimiento de agua, en tanto que hubo una momentánea interrupción del suministro de energía eléctrica en algunos sectores de la población.

No se registraron muertos ni heridos en esta ciudad a raíz del sismo.

Estimación de la Intensidad

Según la prensa, el sismo del día 21 tuvo una duración aproximada de un minuto y medio y su intensidad fue de *tres* grados de la escala nacional de diez grados.

De la información de la prensa se destaca que hubo algunas construcciones con daños de poca importancia G1 a G2. Aceptando que estos daños se produjeron en las construcciones más viejas o mal construidas (clase de vulnerabilidad A), y que ocurrieron en muy pocos casos, se puede estimar una intensidad de ***V-VI grado***.

4.4.4. Traiguén

En esta ciudad el sismo causó pánico general en la población y 59 casas resultaron dañadas con agrietamientos, caídas de muros y deterioros de menajes de casa, daños que pueden clasificarse de grado G2 a G4. Varios edificios públicos resultaron dañados, particularmente el Liceo de Niñas, edificio que por el peligro que representaba no pudo ser ocupado después del sismo, el Liceo de Hombres, Asilo de Ancianos, la Cárcel, Regimiento Miraflores y el Convento San Francisco (**El Diario Austral**).

Hubo desperfectos en el alumbrado y la red telefónica se cortó al norte del país, por lo que sólo había comunicación con el sur. No se registraron desgracias personales (**El Diario Austral**).

Estimación de la Intensidad

Según Watanabe y Karzulovic (1960), la intensidad en Traiguén fue de *VII a VIII* grados de la escala de Cancani-Mercalli-Sieberg.

Si se acepta que las casas dañadas correspondían en su mayoría a viviendas construidas con materiales de mala calidad (como adobe) o se encontraban en mal estado antes del terremoto, es decir, correspondían a una Clase A de vulnerabilidad, se puede estimar que la intensidad fue de **VI-VII grados**.

4.4.5. Victoria

No se registraron daños de consideración. El único daño destacado por la prensa fue la caída de una muralla o corta-fuego de una vivienda, causando la caída de ladrillos y algunos bloques sobre una casa y tienda colindante. Los servicios de agua potable, electricidad y las comunicaciones fueron interrumpidos. No se registraron desgracias personales (**El Diario Austral, La Mañana**).

Estimación de la Intensidad

La escasa información reportada sólo permite reconocer que en este lugar los daños fueron menores y de este modo la **intensidad mínima fue de VI grados**, lo cual está de acuerdo con la estimación de **VI-VII grados** hecha por Watanabe y Karzulovic (1960).

4.5. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Para el terremoto del día 21 de mayo, las intensidades macrosísmicas estimadas para las localidades ubicadas al norte del epicentro se ven influenciadas en algunos casos por los daños que presentaban las viviendas de la zona debido a los terremotos ocurridos los años 1939 (Chillán) y 1953 (Concepción – Chillán), tal como lo reconoce la prensa revisada. Las reparaciones mal hechas después de dichos terremotos provocaron que las viviendas presentaran daños mayores a los esperados para el evento de 1960, lo que se traduce en el aumento de las intensidades macrosísmicas estimadas.

Fue posible detectar una condición de suelo favorable en la localidad de Lirquén, donde la intensidad macrosísmica estimada es al menos un grado menor que las intensidades macrosísmicas estimadas en las localidades vecinas.

No fue posible reunir suficiente información de daños en localidades ubicadas al sur del epicentro de este evento, ya que en esta zona los efectos del terremoto del día 22 fueron de mayor consideración y se superpusieron a los del día 21, lo que impidió conocer los daños causados solamente por el primer terremoto. Consecuencia de esto fueron las escasas localidades ubicadas al sur del epicentro a las que fue posible estimar las intensidades macrosísmicas.

La intensidad macrosísmica estimada en Lebu fue de IX grados, lo que es un antecedente que respalda que el epicentro del terremoto del 21 de mayo se ubicaría en las proximidades de esta localidad.

CAPÍTULO 5: ISOSISTAS Y CURVAS DE ATENUACIÓN DE LAS INTENSIDADES DEL TERREMOTO DE CONCEPCIÓN DEL 21 DE MAYO DE 1960

En este capítulo se trazan las curvas isosistas y se determina la curva de atenuación de las intensidades macrosísmicas del terremoto del día 21 de mayo (“*Evento-I*”).

Los resultados de este capítulo junto con los del Capítulo 7 permitirán comparar los efectos de los terremotos de mayo de 1960 con otros terremotos chilenos históricos del mismo tipo de fuente sismogénica (terremotos interplaca del tipo “thrust”).

5.1. ISOSISTAS DEL TERREMOTO DEL DÍA 21 DE MAYO DE 1960

A partir de las intensidades estimadas en el Capítulo 4 se trazan las curvas isosistas del terremoto del 21 de Mayo aceptando que en algunas localidades se pueden superponer los efectos de este terremoto con el terremoto del día 22 de Mayo. Según la información recopilada de la prensa, los daños registrados desde Los Ángeles hacia el norte fueron principalmente ocasionados por el terremoto del día 21 de mayo, mientras que más al sur de esta ciudad, el terremoto que predominó en los daños fue el del día 22 de mayo.

De esta forma las isosistas trazadas hacia el sur pueden estar afectadas en su forma por el hecho que sólo se pudo obtener información de los daños ocurridos el día 21 de mayo en algunas localidades ubicadas al sur de Los Ángeles en las ediciones de los periódicos del día 22 de mayo.

En la Figura 5.1 se muestran las intensidades macrosísmicas estimadas en el Capítulo 4 para el terremoto del día 21 de mayo de 1960. A partir de estas intensidades, se han trazado las curvas isosistas sobre la misma figura. Un resumen con las intensidades consideradas se presenta en el Punto 5.2.2 de este capítulo.

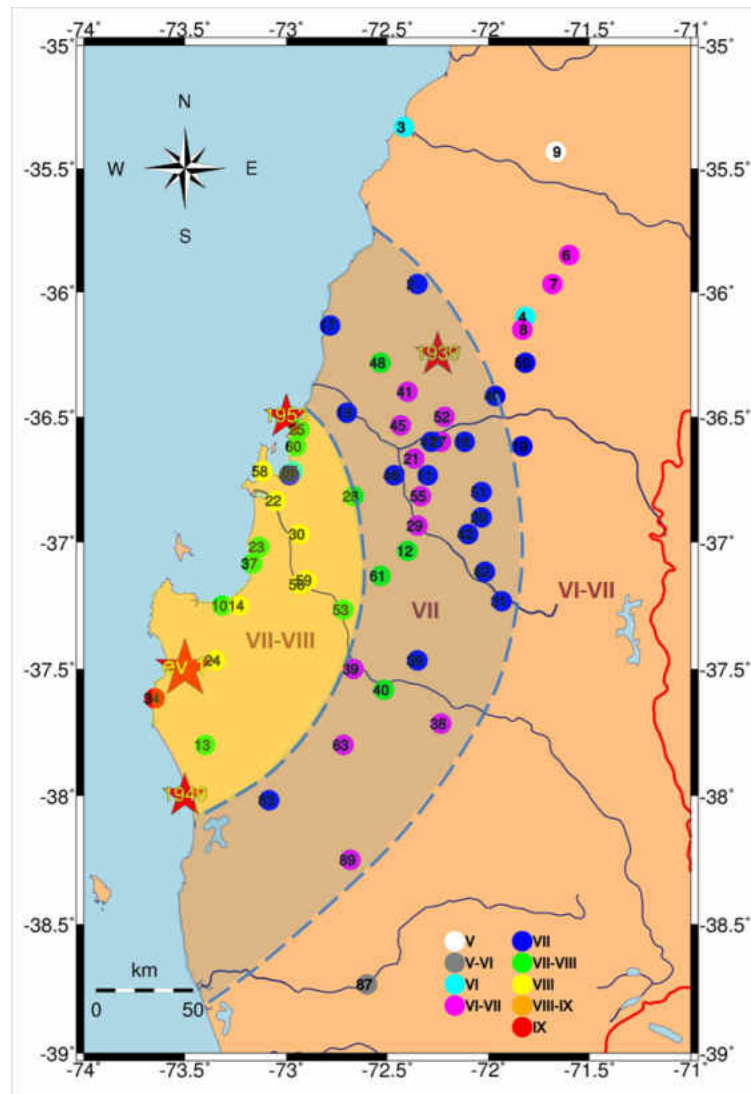


Figura 5.1. Intensidades e Isosistas del terremoto del día 21 de mayo.

En la Figura 5.1 se destaca con una estrella roja el epicentro de este terremoto (*Evento-1*), mientras que con estrellas más pequeñas se señalan los epicentros de los otros terremotos que se produjeron en la zona, como son el de Chillán de 1939, el de Angol de 1949 y el de Concepción de 1953. En esta figura, las localidades se identifican de acuerdo con los números de la Tabla C.1 del Anexo C.

En este mapa se observa que la intensidad macrosísmica de VIII grados se produce principalmente en las localidades ubicadas a las orillas del río Bio-Bio como Concepción (N° 22), Talcahuano (N° 58), Hualqui (N° 30), Santa Juana (N° 56) y Talcamávida (N° 59), no siendo descartable que este valor esté influenciado por condiciones locales desfavorable como es la

presencia de depósitos fluviales arenosos con una napa superficial. Al despreciar estos valores, se comprueba que la intensidad en la zona epicentral del terremoto del 21 de Mayo fue del orden de VII-VIII grados.

La localidad de Lebu (N° 34) también estaría afectada por alguna condición local desfavorable, dada su alta intensidad en comparación con las intensidades macrosísmicas de las localidades vecinas. Por otro lado la intensidad macrosísmica en Lirquén (N° 35), cuyo valor es al menos un grado menor que el valor de las localidades vecinas, sugiere que en este lugar se presentaría una condición local favorable, como podría ser la fundación de las construcciones sobre roca dura.

Como último comentario, llama la atención que la atenuación de la intensidad sea más rápida hacia el sur del epicentro que hacia el norte. Un factor que puede explicar este resultado es el hecho que la zona norte había sido afectada por los terremotos de 1939 y 1953, después de los cuales, tal como reconoce la prensa revisada de la época, la gente reparó sus casas principalmente en sus fachadas pero no íntegramente, lo que provocó que para el terremoto de 1960 sufrieran daños mayores a los esperados.

5.2. ATENUACIÓN DE LA INTENSIDAD MACROSIsmICA DEL TERREMOTO DEL DÍA 21 DE MAYO DE 1960

La ley de atenuación que se analiza en esta sección es una función de la forma que propuso Barrientos (1980) para los terremotos chilenos.

Para estudiar la atenuación de las intensidades de este terremoto, cuyas características sismológicas y parámetros focales se entregan en el Capítulo 2 (ver “*Evento-1*”), se determinan la distancia epicentral (D_e) e hipocentral (D_h) de cada localidad usando dos modelos.

El primero de estos modelos, denominado *Modelo A*, determina las distancias utilizando la posición del hipocentro o foco, punto donde se inicia la ruptura; la elección de este punto supone que toda la liberación de energía se produce en él. En cambio, en el *Modelo B*, las distancias D_e y D_h se calculan considerando la distancia epicentral como la *distancia de la localidad a la línea*

que representa la traza proyectada de la línea del plano de falla que pasa por el foco, reconociendo de alguna forma que la energía del terremoto no se libera puntualmente.

Las coordenadas geográficas de las localidades (latitud, longitud y altura) utilizadas para el cálculo de “ D_e ” y “ D_h ”, corresponden a las indicadas en la Tabla C.1 del Anexo C, en tanto que las coordenadas del hipocentro son las entregadas en el Capítulo 2 para este evento (*Evento-1*), ellas corresponden a las siguientes:

Lat_{ep}: -37.5°
Long_{ep}: -73.5°
Prof_{ep}: 55 km

La profundidad de este terremoto se determinó considerando el valor promedio de los valores de la Tabla 2.3 del Capítulo 2, los que indican que el foco del “*Evento-1*” se ubicó entre 50 y 60 km de profundidad.

5.2.1. Cálculo de las distancias epicentrales e hipocentrales

5.2.1.1. Modelo A

En este modelo las distancias epicentrales (D_e) e hipocentrales (D_h) se calculan de la manera siguiente:

- **Distancia epicentral (D_{e1}):** Corresponde a la distancia medida en la superficie entre la localidad donde se conoce la intensidad macrosísmica y el epicentro del sismo. Para determinarla se usa la fórmula siguiente:

$$D_{e1} = \sqrt{[(Lat_F - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_F - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_F)]^2}$$

Donde:

Lat _F :	Latitud del foco [°]
Long _F :	Longitud del foco [°]
Lat _L :	Latitud de la localidad [°]
Long _L :	Longitud de la localidad [°]

- **Distancia Hipocentral (D_{h1}):** Esta es la distancia entre el hipocentro y la localidad, la cual se calcula con la fórmula siguiente:

$$D_{h1} = \sqrt{[(Lat_F - Lat_L) \cdot 111,118]^2 + [(Long_F - Long_L) \cdot 111,118 \cdot \cos(Lat_F)]^2 + (H_F + h_L)^2} = \sqrt{[D_{e1}]^2 + (H_F + h_L)^2}$$

Donde:

Lat _F :	Latitud del foco [°]
Long _F :	Longitud del foco [°]
Lat _L :	Latitud de la localidad [°]
Long _L :	Longitud de la localidad [°]
H _F :	Profundidad del foco [km]
h _L :	Altura de la localidad [km]

En el término (H_f+h_L), la altura de la localidad “h_L” es despreciable en comparación con la profundidad del foco “H_f”, por lo que podría no considerarse. Sin embargo, como se dispone de este dato (ver Tabla C.1 del Anexo C), será utilizado en esta fórmula.

5.2.1.2. Modelo B

En este modelo, las distancias “D_e” y “D_h” se calculan considerando la longitud del plano de falla del sismo, de la manera que se indica a continuación:

- **Distancia epicentral (D_{e2}):** Corresponde a la distancia entre la localidad y la traza proyectada en la superficie de la línea del plano de falla que pasa por el hipocentro. Para determinar esta distancia D_{e2} se usa la fórmula siguiente:

$$D_{e2} = \sqrt{[(Lat_R - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_R - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_R)]^2}$$

Donde:

Lat _R :	Latitud del punto de la línea de ruptura más cercano a la localidad [°]
Long _R :	Longitud del punto de la línea de ruptura más cercano a la localidad [°]
Lat _L :	Latitud de la localidad [°]
Long _L :	Longitud de la localidad [°]

Gráficamente, la traza proyectada en la superficie de la línea del plano de falla que pasa por el foco de este evento, se muestra en la Figura 5.2 (en rojo). La distancia epicentral corresponde a la mínima distancia medida desde la localidad de interés hasta la mencionada traza.

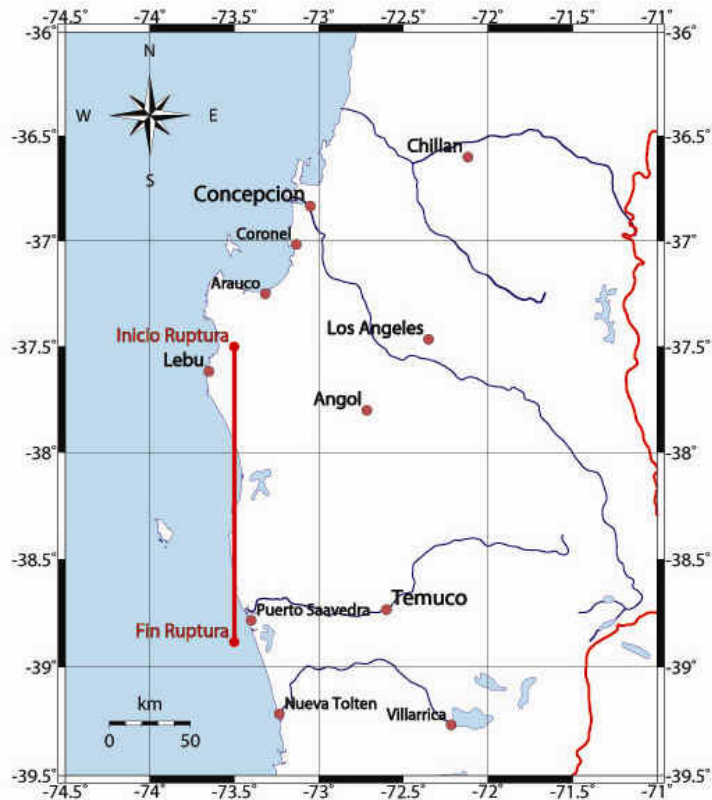


Figura 5.2. Trazas de la línea del plano de falla para el cálculo de " D_{e2} " y " D_{h2} ". La representación de la figura corresponde al caso en que $M_s = 8.0$ (largo de ruptura = 155 km).

- **Distancia Hipocentral (D_{h2}):** Esta distancia es la hipotenusa del triángulo cuyos catetos son la distancia epicentral (D_{e2}) y la profundidad del foco, resultando:

$$D_{h2} = \sqrt{D_{e2}^2 + (H_F + h_L)^2}$$

Donde:

D_{e2} : Distancia epicentral [km].

H_F : Profundidad del foco [km].

h_L : Altura de la localidad [km].

Modelamiento de la Línea de Ruptura

En el Capítulo 2 se ha destacado que la secuencia de sismos del terremoto de mayo de 1960, se propagó desde el evento inicial (terremoto que se analiza en este punto) hacia el sur. Teniendo en cuenta lo anterior, se acepta que la ruptura de este evento se inició en el epicentro de este terremoto prolongándose hacia el sur en la dirección N-S, ubicándose la traza de la proyección de la línea de falla sobre el meridiano del epicentro de este terremoto.

Para los efectos de aplicar el *Modelo B*, el largo de ruptura se estima con la Ec. 2.1 propuesta por Ramírez (1988), la cual depende de la magnitud del sismo. Debido a que para este terremoto se han sugerido cinco valores distintos de la magnitud (Ver Tabla 2.3, Capítulo 2), se han considerado cinco valores para el largo de ruptura para analizar las diferencias que se producen. La traza de la línea de falla esquematizada en la Figura 5.2 tiene el largo correspondiente a una magnitud $M_s = 8.0$, la cual está más de acuerdo con el largo de ruptura determinado por Plafker y Savage (1970) y Cifuentes (1989).

En resumen, el *Modelo B* considera que el extremo norte de la proyección de la línea de falla coincide con el epicentro y que su extremo sur se encontrará en la misma longitud del epicentro a una distancia igual a la largo de ruptura. Ambos puntos unidos por una recta determinan el modelamiento simplificado de la traza de la línea de ruptura. En la Tabla 5.1 se entregan las coordenadas de los puntos extremos de esta traza (extremo norte y extremo sur) para cada una de las magnitudes propuestas para este terremoto. Cabe recordar, que dado el modelamiento utilizado, el extremo norte es siempre el mismo y coincide con el epicentro del terremoto.

Tabla 5.1. Coordenadas de los puntos extremos de la proyección de la línea de falla.

PARÁMETROS		COORDENADAS			
Magnitud	Largo Ruptura	Extremo Norte		Extremo Sur	
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Ms	[km]	[°]	[°]	[°]	[°]
7,2	69	-37,5	-73,5	-38,12	-73,5
7,3	76	-37,5	-73,5	-38,19	-73,5
7,5	93	-37,5	-73,5	-38,34	-73,5
8	155	-37,5	-73,5	-38,89	-73,5
8,3	210	-37,5	-73,5	-39,39	-73,5

5.2.1.3. Valores de las distancias epicentrales e hipocentrales

Utilizando los modelos de los puntos anteriores, es posible calcular las distancias “De” y “Dh” para cada localidad, resultando los valores que se indican en la Tabla 5.2. Cabe destacar que al aplicar el *Modelo B* se tienen cinco valores debido a que el largo de ruptura se calcula para cada una de las magnitudes reportadas del sismo utilizando la fórmula empírica propuesta por Ramírez (1988).

Tabla 5.2. Distancias “De” y “Dh” calculadas a través de los distintos métodos propuestos.

REGIÓN	LOCALIDAD		DISTANCIAS EPICENTRALES E HIPOCENTRALES [km]											
			MÉTODO A		MÉTODO B									
					MS = 7,2		MS = 7,3		MS = 7,5		MS = 8		MS = 8,3	
ID.	Nombre	De	Dh	De	Dh	De	Dh	De	Dh	De	Dh	De	Dh	
R.M.	1	Santiago	515	518	515	518	515	518	515	518	515	518	515	518
VII	2	Cauquenes	198	206	198	206	198	206	198	206	198	206	198	206
	3	Constitución	259	265	259	265	259	265	259	265	259	265	259	265
	4	Copihue	215	222	215	222	215	222	215	222	215	222	215	222
	5	Curicó	344	348	344	348	344	348	344	348	344	348	344	348
	6	Linares	248	255	248	255	248	255	248	255	248	255	248	255
	7	Longaví	234	240	234	240	234	240	234	240	234	240	234	240
	8	Parral	210	217	210	217	210	217	210	217	210	217	210	217
	9	Talca	281	286	281	286	281	286	281	286	281	286	281	286
	VIII	10	Arauco	32	64	32	64	32	64	32	64	32	64	32
11		Bulnes	136	147	136	147	136	147	136	147	136	147	136	147
12		Cabrero	110	123	110	123	110	123	110	123	110	123	110	123
13		Cañete	35	65	9	56	9	56	9	56	9	56	9	56
14		Carampangue	36	66	36	66	36	66	36	66	36	66	36	66
15		Chiguayante	78	95	78	95	78	95	78	95	78	95	78	95
16		Chillán	158	167	158	167	158	167	158	167	158	167	158	167

REGIÓN	LOCALIDAD		DISTANCIAS EPICENTRALES E HIPOCENTRALES [km]											
			MÉTODO A		MÉTODO B									
					MS = 7,2		MS = 7,3		MS = 7,5		MS = 8		MS = 8,3	
					De	Dh	De	Dh	De	Dh	De	Dh	De	Dh
ID.	Nombre	De	Dh	De	Dh	De	Dh	De	Dh	De	Dh	De	Dh	
VIII	17	Cobquecura	165	174	165	174	165	174	165	174	165	174	165	174
	18	Coelemu	133	144	133	144	133	144	133	144	133	144	133	144
	19	Coihueco	177	185	177	185	177	185	177	185	177	185	177	185
	20	Coliumo	116	129	116	129	116	129	116	129	116	129	116	129
	21	Colliguay	136	147	136	147	136	147	136	147	136	147	136	147
	22	Concepción	84	101	84	101	84	101	84	101	84	101	84	101
	23	Coronel	63	83	63	83	63	83	63	83	63	83	63	83
	24	Curanilahue	14	57	14	57	14	57	14	57	14	57	14	57
	25	Dichato	117	129	117	129	117	129	117	129	117	129	117	129
	26	El Carmen	146	156	146	156	146	156	146	156	146	156	146	156
	27	El Guape	150	160	150	160	150	160	150	160	150	160	150	160
	28	Florida	106	119	106	119	106	119	106	119	106	119	106	119
	29	General Cruz	120	132	120	132	120	132	120	132	120	132	120	132
	30	Hualqui	78	95	78	95	78	95	78	95	78	95	78	95
	31	Huepil	141	152	141	152	141	152	141	152	141	152	141	152
	32	Laja	75	93	75	93	75	93	75	93	75	93	75	93
	33	Laraquete	46	72	46	72	46	72	46	72	46	72	46	72
	34	Lebu	19	58	13	57	13	57	13	57	13	57	13	57
	35	Lirquén	99	113	99	113	99	113	99	113	99	113	99	113
	36	Los Ángeles	102	116	102	116	102	116	102	116	102	116	102	116
	37	Lota	55	78	55	78	55	78	55	78	55	78	55	78
	38	Mulchén	114	127	111	124	111	124	111	124	111	124	111	124
	39	Nacimiento	74	92	74	92	74	92	74	92	74	92	74	92
	40	Negrete	87	103	87	103	87	103	87	103	87	103	87	103
	41	Ninhue	156	166	156	166	156	166	156	166	156	166	156	166
	42	Pemuco	137	148	137	148	137	148	137	148	137	148	137	148
	43	Penco	97	111	97	111	97	111	97	111	97	111	97	111
	44	Pinto	167	176	167	176	167	176	167	176	167	176	167	176
	45	Portezuelo	143	153	143	153	143	153	143	153	143	153	143	153
	46	Quillón	125	136	125	136	125	136	125	136	125	136	125	136
	47	Quinchamalí	147	157	147	157	147	157	147	157	147	157	147	157
	48	Quirihue	160	169	160	169	160	169	160	169	160	169	160	169
	49	San Carlos	181	189	181	189	181	189	181	189	181	189	181	189
	50	San Gregorio	201	208	201	208	201	208	201	208	201	208	201	208
51	San Ignacio	151	161	151	161	151	161	151	161	151	161	151	161	
52	San Nicolás	159	168	159	168	159	168	159	168	159	168	159	168	
53	San Rosendo	74	92	74	92	74	92	74	92	74	92	74	92	
54	San Vicente	93	108	93	108	93	108	93	108	93	108	93	108	
55	Santa Clara	128	139	128	139	128	139	128	139	128	139	128	139	
56	Santa Juana	62	83	62	83	62	83	62	83	62	83	62	83	
57	Schwager	55	78	55	78	55	78	55	78	55	78	55	78	
58	Talcahuano	93	108	93	108	93	108	93	108	93	108	93	108	
59	Talcamávida	66	86	66	86	66	86	66	86	66	86	66	86	
60	Tomé	110	123	110	123	110	123	110	123	110	123	110	123	
61	Yumbel	95	109	95	109	95	109	95	109	95	109	95	109	
62	Yungay	138	148	138	148	138	148	138	148	138	148	138	148	
IX	63	Angol	77	94	69	88	69	88	69	88	69	88	69	88
	83	Purén	68	88	36	66	36	66	36	66	36	66	36	66
	87	Temuco	158	168	104	118	99	114	90	105	78	96	78	96
	89	Traiguén	110	123	73	91	72	90	71	90	71	90	71	90
	91	Victoria	130	141	103	117	102	116	102	116	102	116	102	116

En la tabla anterior, llama la atención que en la mayoría de las localidades, el valor de “De” y “Dh” no varía según el modelo de cálculo utilizado. Esto ocurre debido a que la mayor parte de ellas se ubican al norte del epicentro de este evento (ver coordenadas de localidades en Anexo C), por lo que utilizar el *Modelo A* o el *Modelo B* resulta indiferente, ya que el punto más cercano de

la traza de la línea de falla a la localidad coincide con el extremo norte de ella, es decir, con el epicentro. De las localidades de la tabla anterior, sólo Cañete, Lebu, Mulchén, Nacimiento, Negrete, Angol, Purén, Temuco, Traiguén y Victoria se ubican al sur del epicentro. Esta situación se produce debido a que los efectos del terremoto del día 22 de mayo se superpusieron con los efectos del evento del día 21 en las localidades ubicadas desde Mulchén al sur, por lo que la información de daños informada por la prensa en las localidades de esta zona corresponde casi únicamente a daños provocados por el terremoto del día 22.

5.2.2. Intensidades estimadas por distintos autores

En la Tabla 5.3 se resume las estimaciones de las intensidades macrosísmicas de este terremoto realizadas por diversos autores, en el presente trabajo (ver Capítulo 4) y las reportadas por la prensa escrita consultada. En particular, las intensidades macrosísmicas estimadas en el Capítulo 4 de esta memoria corresponden a las indicadas en la columna sombreada de la Tabla 5.3.

La identificación de los valores entregados por los distintos medios de prensa escrita es la siguiente:

P1: La Discusión de Chillán

P2: El Diario Austral de Temuco

P3: La Unión de Valparaíso

P4: La Mañana de Talca

P5: El Mercurio de Santiago

P6: El Sur de Concepción

P7: Revista Zig Zag

Tabla 5.3. Intensidades macrosísmicas del terremoto del 21 de mayo de 1960.

REGIÓN	LOCALIDAD		INTENSIDAD												
			Lazo (2008)	Prensa (1960)							Saint Amand (1961)	Álvarez (1963)	Galli y Sánchez (1963)	Duke y Leeds (1963)	Watanabe y Karzulovic (1960)
	ID.	Nombre	I _{LAZO}	I _{P1}	I _{P2}	I _{P3}	I _{P4}	I _{P5}	I _{P6}	I _{P7}	I _{A1}	I _{A2}	I _{A3}	I _{A4}	I _{A5}
R.M.	1	Santiago	-	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VII	2	Cauquenes	7,0	8,0	-	-	6,0 - 7,0	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	Constitución	6,0	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-
	4	Copihue	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Curicó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	Linares	6,5	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	Longaví	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	Parral	6,5	-	-	-	-	-	-	-	5+	-	-	-	-
	9	Talca	5,0	4,0	4,0	-	4	-	-	-	5+	-	-	-	-
	VIII	10	Arauco	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-
11		Bulnes	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12		Cabrero	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13		Cañete	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14		Carampangue	8,0	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
15		Chiguayante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16		Chillán	7,0	-	6,0	-	7,0	-	-	-	5,0	-	-	-	-
17		Cobquecura	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18		Coelemu	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19		Coihueco	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20		Coliumo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21		Colliguay	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22		Concepción	8,0	-	-	8,0	-	8,0	8-9	8	9	-	9	8	-
23		Coronel	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
24		Curanilahue	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-
25		Dichato	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26		El Carmen	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27		El Guape	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28		Florida	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29		General Cruz	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30		Hualqui	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31		Huepil	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32		Laja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33		Laraquete	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34		Lebu	9,0	-	-	-	-	-	-	-	9	8	-	-	8,5
35		Lirquén	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36		Los Ángeles	7,0	8,0	8,0	9,0	-	-	-	-	6+	-	-	-	7
37		Lota	7,5	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	8
38		Mulchén	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39		Nacimiento	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40		Negrete	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41		Ninhue	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42		Pemuco	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43		Penco	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 - 7
44		Pinto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45		Portezuelo	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46		Quillón	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	Quinchamalí	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
48	Quirihue	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
49	San Carlos	7,0	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
50	San Gregorio	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
51	San Ignacio	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
52	San Nicolás	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
53	San Rosendo	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
54	San Vicente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
55	Santa Clara	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
56	Santa Juana	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
57	Schwager	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

REGIÓN	LOCALIDAD		INTENSIDAD												
			Lazo (2008)	Prensa (1960)							Saint Amand (1961)	Álvarez (1963)	Galli y Sánchez (1963)	Duke y Leeds (1963)	Watanabe y Karzulovic (1960)
				I _{Lazo}	I _{P1}	I _{P2}	I _{P3}	I _{P4}	I _{P5}	I _{P6}	I _{P7}	I _{A1}	I _{A2}	I _{A3}	I _{A4}
VIII	58	Talcahuano	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
	59	Talcamávida	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	60	Tomé	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	61	Yumbel	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	62	Yungay	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IX	63	Angol	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5
	83	Purén	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	87	Temuco	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	89	Traiguén	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	91	Victoria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5

Los valores de las intensidades macrosísmicas se redondean cada 0,5 grados. Sin embargo, cuando el valor de la intensidad está acompañado por el símbolo “+”, significa que la intensidad es un poco superior al valor indicado, pero no lo suficientemente mayor para aumentar el valor en 0,5 grados.

5.2.3. Curvas de atenuación según las intensidades estimadas en el Capítulo 4

En la Figura 5.3 a la Figura 5.8 se muestran las curvas de atenuación del “*tipo Barrientos*” $I_{MSK} = a + b \times \log_{10}(D_h) + c \times D_h$ que se ajustan al valor promedio de la distancia hipocentral asociado a un valor dado de la intensidad macrosísmica. Cada una de estas figuras representa a los modelos usados para determinar la distancia hipocentral (*Modelo A* y *Modelo B*), considerando que el *Modelo B* tiene cinco posibilidades al variar la magnitud.

En estas figuras, los puntos que representan las intensidades macrosísmicas de cada una de las localidades, se identifican con una marca distinta para diferenciar entre las localidades que se ubican al norte o al sur del epicentro.

Además, en las Figura 5.3 a la Figura 5.8 se dibujan las curvas que resultan al aplicar la fórmula atenuación de intensidades macrosísmicas propuesta por Barrientos (1980) para terremotos chilenos, fórmula que tiene la expresión siguiente:

$$I_B(M, D_h) = 1,3844 \cdot M - 3,7355 \cdot \log_{10}(D_h) - 0,0006 \cdot D_h + 3,8461 \quad \text{Ec. (5.1)}$$

Donde:

M: Magnitud de Richter (Ms).

D_h: Distancia hipocentral [km].

Considerando que para este terremoto se han propuesto cinco valores de la magnitud, en la Tabla 5.4 se entregan las ecuaciones que resultan al cambiar estos valores en la Ecuación 5.1. Con estas ecuaciones resultantes es posible graficar las curvas de atenuación de intensidades que se obtienen con la fórmula de Barrientos en la Figura 5.3 a la Figura 5.8, con el propósito de encontrar la magnitud que se ajusta de mejor forma a las intensidades macrosísmicas estimadas.

Tabla 5.4. Ecuación de Barrientos según los distintos valores de la magnitud.

Ms	Ecuación
7,2	$I(D_h) = 13,8138 - 3,7355 \cdot \log_{10}(D_h) - 0,0006 \cdot D_h$
7,3	$I(D_h) = 13,9522 - 3,7355 \cdot \log_{10}(D_h) - 0,0006 \cdot D_h$
7,5	$I(D_h) = 14,2291 - 3,7355 \cdot \log_{10}(D_h) - 0,0006 \cdot D_h$
8	$I(D_h) = 14,9213 - 3,7355 \cdot \log_{10}(D_h) - 0,0006 \cdot D_h$
8,3	$I(D_h) = 15,3366 - 3,7355 \cdot \log_{10}(D_h) - 0,0006 \cdot D_h$

En la Figura 5.3 a la Figura 5.8, el tramo de la curva de ajuste trazado con línea discontinua destaca la zona de extrapolación de los datos. Las constantes de las curvas de ajuste del “*tipo de Barrientos*” y sus coeficientes de correlación (R^2) para cada caso, se muestran en cada gráfico y además se resumen en la Tabla 5.5.

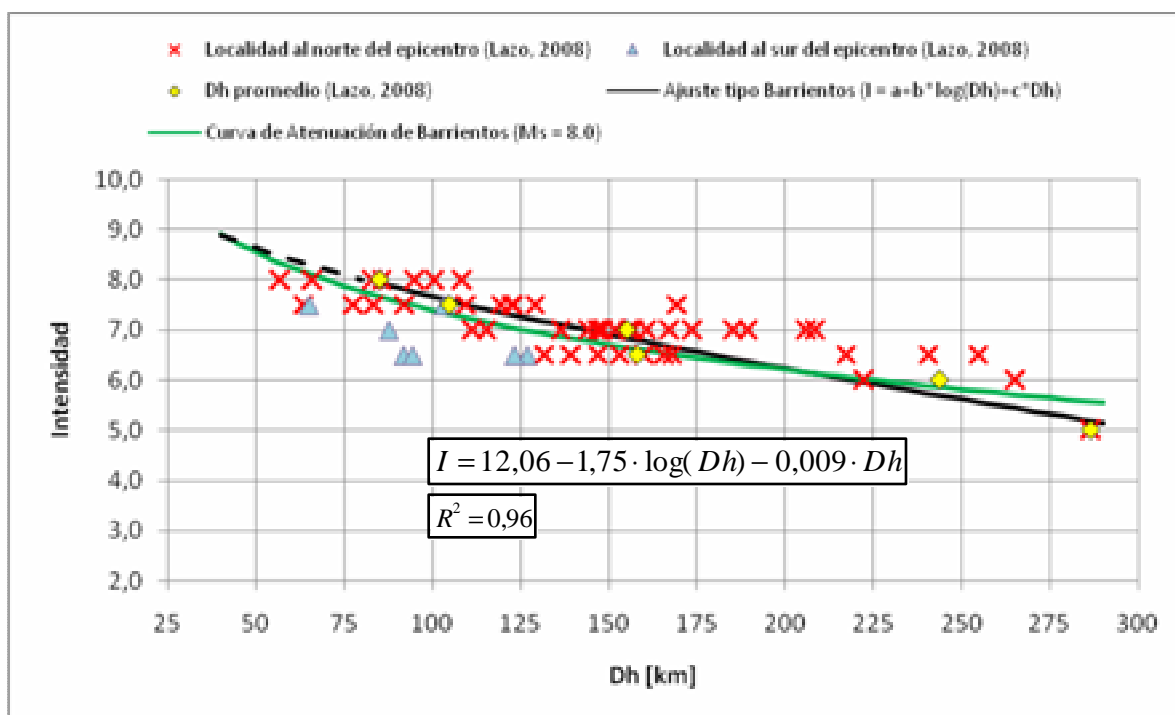


Figura 5.3. Curva de la atenuación de la intensidad macrosísmica. *Modelo A.*

Dado que las distancias hipocentrales calculadas según el Modelo A son independientes de la magnitud del sismo, en este caso puede utilizarse cualquier valor de la magnitud para intentar ajustar la curva de atenuación de Barrientos (verde) a la curva de ajuste del “tipo de Barrientos” (negro). Para una magnitud $M_s = 8,0$ se obtiene la mejor aproximación de estas dos curvas, tal como puede observarse en la Figura 5.3.

En el caso del Modelo B la situación es distinta, ya que según este modelo el cálculo de las distancias hipocentrales y la curva de atenuación que resulta aplicar la fórmula propuesta por Barrientos (1980) dependen de la magnitud del sismo (ver Tabla 5.4).

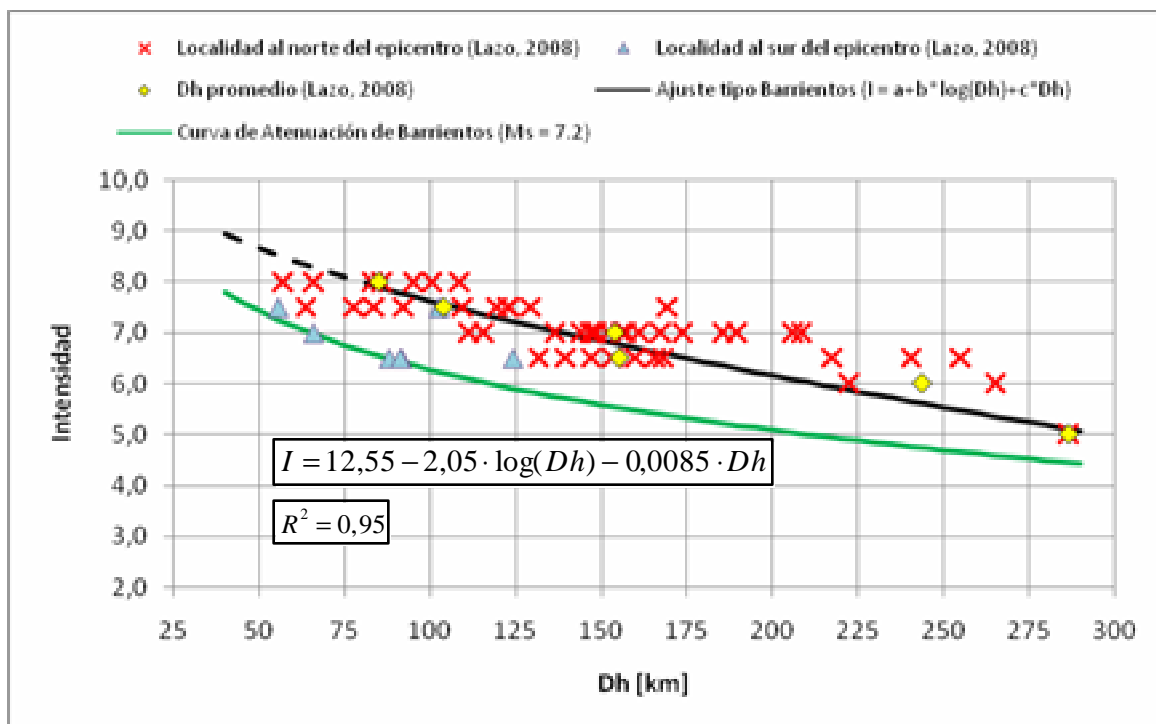


Figura 5.4. Curva de la atenuación de la intensidad macrosísmica. *Modelo B* para $M_s = 7.2$.

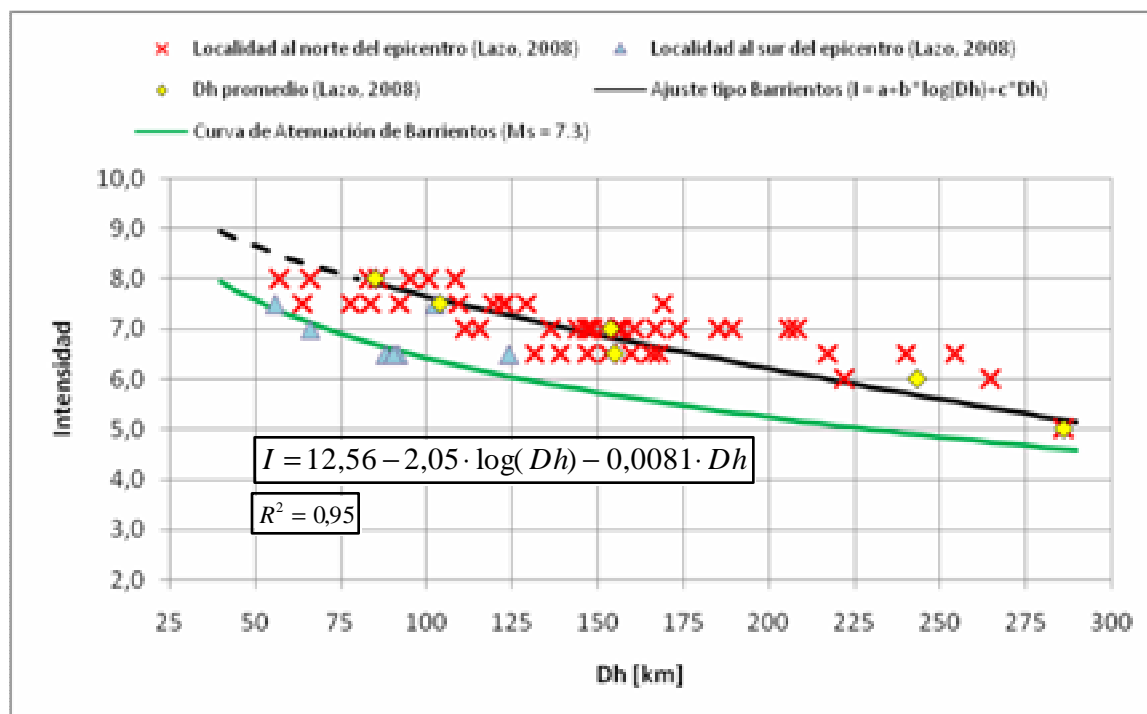


Figura 5.5. Curva de la atenuación de la intensidad macrosísmica. *Modelo B* para $M_s = 7.3$.

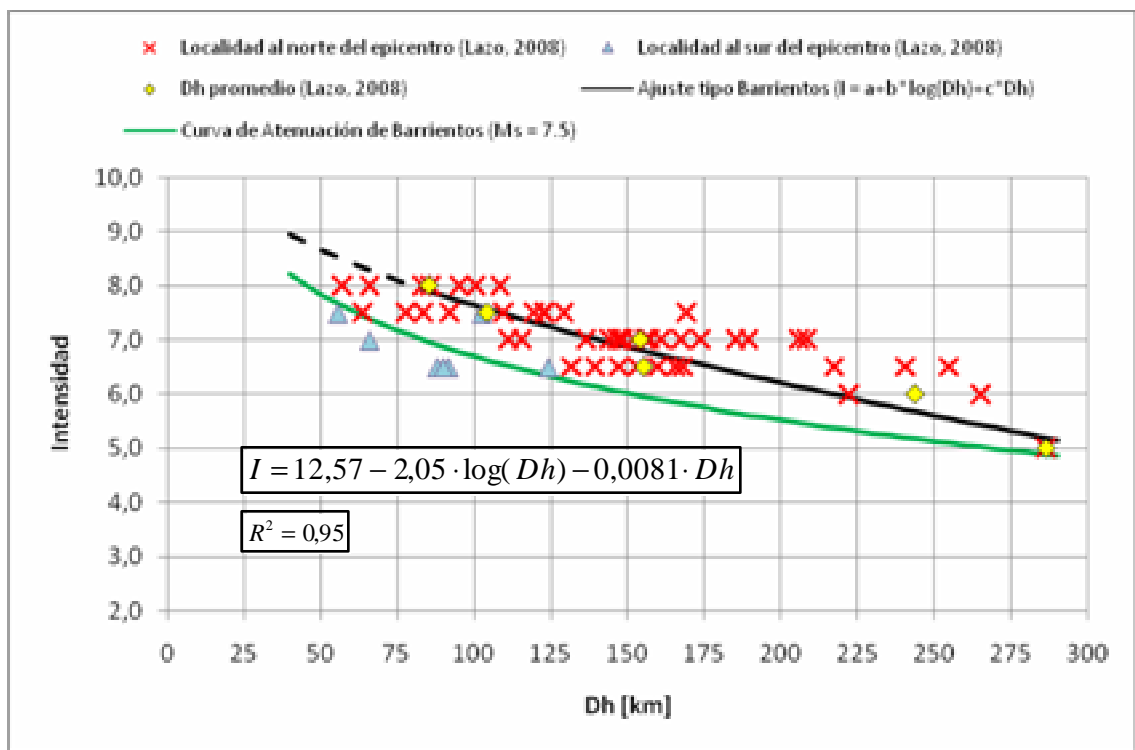


Figura 5.6. Curva de la atenuación de la intensidad macrosísmica. *Modelo B* para $M_s = 7.5$.

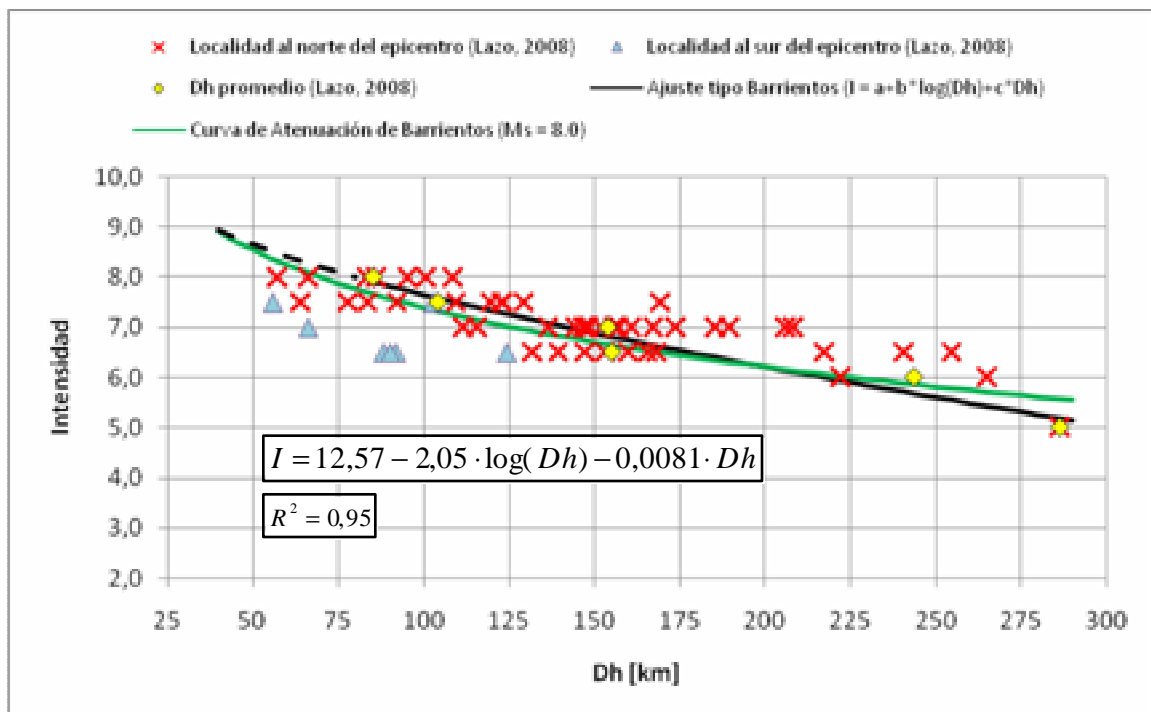


Figura 5.7. Curva de la atenuación de la intensidad macrosísmica. *Modelo B* para $M_s = 8.0$.

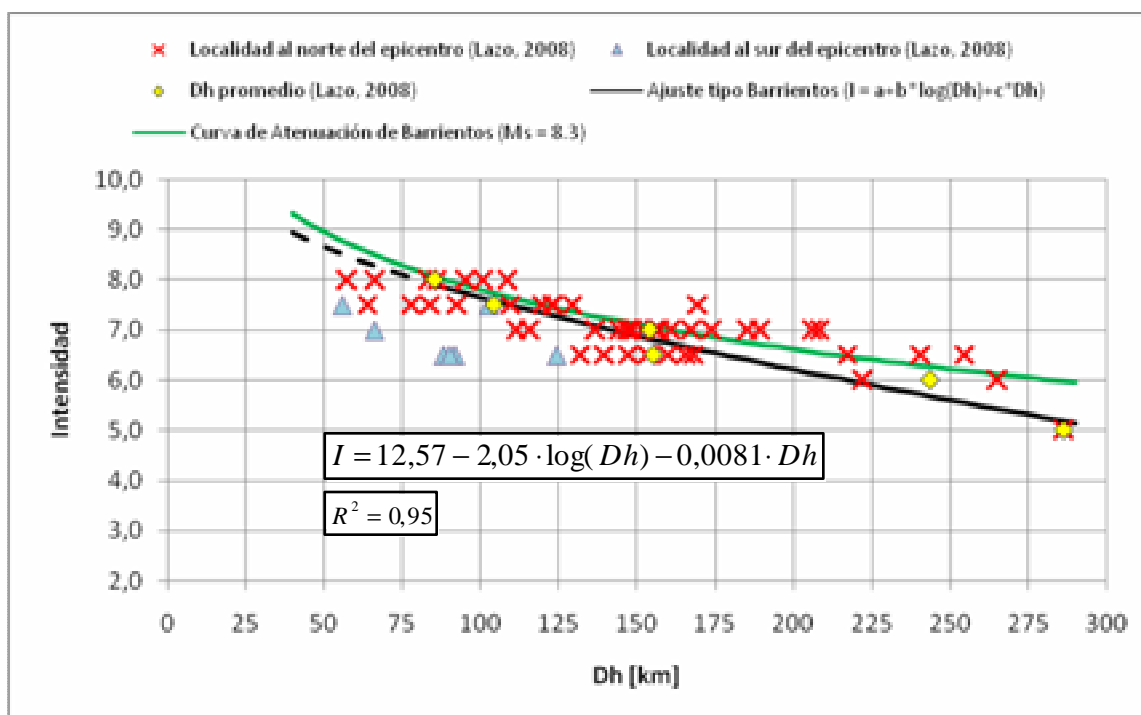


Figura 5.8. Curva de la atenuación de la intensidad macrosísmica. *Modelo B* para $M_s = 8.3$.

Para la determinación de las curvas de ajuste no se consideraron los puntos correspondientes a Lebu (N° 34) y Lirquén (N° 35) por presentar condiciones locales que influyen en los valores de las intensidades macrosísmicas estimadas, como se ha destacado en la Sección 5.1. El punto correspondiente a Temuco (N° 87) tampoco fue considerado dado que tenía un gran peso al ser el único punto con una intensidad macrosísmica estimada de grado V-VI y por tener una alta desviación en comparación a la tendencia que presenta el resto de los valores.

Al comparar la Figura 5.6 con la Figura 5.7 y la Figura 5.8, puede notarse que las curvas y puntos graficados en ellas son exactamente los mismos. Esto se debe a que no existe alguna localidad entre las estudiadas para este terremoto, que se ubique más al sur del punto de fin de ruptura dado para una magnitud $M_s = 7.5$. Por lo tanto, al utilizar $M_s = 8.3$, sólo se ha alargado la línea que representa la falla, pero las distancias “Dh” calculadas para las localidades según el “Modelo B” no tienen variación alguna al ubicarse más al norte de la zona donde se modificó la línea (ver Punto 5.2.1.2).

En la Figura 5.3 a la Figura 5.8, se puede comprobar que, tal como se indicó en el Punto 5.2.1.3, son pocas las localidades que se ubican al sur del epicentro para las cuales se cuente con una estimación del valor de intensidad macrosísmica.

Tabla 5.5. Constantes y Coeficientes de Correlación (R^2) de las curvas de ajuste del “*tipo Barrientos*”.

Ajuste tipo Fórmula de Atenuación de Barrientos					
Método	Forma	Constantes			Coef. de correlación
		a	b	c	R^2
A	$I(D_h) = a + b \cdot \log_{10}(D_h) + c \cdot D_h$	12,06	-1,75	-0,0090	0,96
B (Ms = 7,2)		12,55	-2,05	-0,0085	0,95
B (Ms = 7,3)		12,56	-2,05	-0,0081	0,95
B (Ms = 7,5)		12,57	-2,05	-0,0081	0,95
B (Ms = 8,0)		12,57	-2,05	-0,0081	0,95
B (Ms = 8,3)		12,57	-2,05	-0,0081	0,95

5.2.4. Análisis de los resultados de atenuación de las intensidades macrosísmicas

- En la Figura 5.3 a la Figura 5.8 se observa que en todos los casos, la curva de ajuste del “*tipo Barrientos*” tiene una atenuación levemente más rápida que la atenuación que presenta la fórmula propuesta por Barrientos, para cualquiera de las magnitudes consideradas.
- Al utilizar el *Modelo A*, se obtiene un coeficiente de correlación de 0,96, levemente superior al coeficiente que se obtiene al aplicar el *Modelo B*, que en todos los casos alcanza un valor de 0,95.
- Las diferencias que se producen al usar el Modelo A o el Modelo B para calcular “ D_h ”, sólo se observan en las localidades que se ubican al sur del epicentro, que en este caso es una minoría. Para las localidades ubicadas al norte, no se experimenta ningún cambio, ya que la distancia a la falla es exactamente la misma que al epicentro producto de que la ruptura se propagó hacia el sur.

- Al realizar el ejercicio de incluir Temuco en los datos, sucede que esta ciudad disminuye drásticamente su distancia hipocentral al aplicar el *Modelo B*, ya que se ubica al sur del epicentro y cercano al trazado de la línea de falla, lo que produce la caída de la correlación de los datos al aplicar este Modelo, al ser la única localidad con intensidad asignada de 5,5. Esto hace que el valor de la intensidad macrosísmica de Temuco tenga un mayor peso en comparación a otras localidades, influyendo en los resultados de la curva de ajuste. Por esta razón Temuco no fue considerado al determinar la atenuación de los datos.
- Llama la atención que en todos los gráficos, las localidades ubicadas cerca del epicentro, con excepción de Lebu, tienen una intensidad menor que el valor promedio esperado para su distancia “ D_h ”, acentuándose este efecto en las localidades que se ubican al sur del epicentro, mientras que en las localidades que se encuentran más lejos del epicentro sucede lo contrario. Era de esperar que dada la dirección de propagación de la falla, las localidades al sur del epicentro presentaran una mayor intensidad que las ubicadas al norte del epicentro para una misma distancia, pero ello no se observa en los gráficos. La causa más probable de esta situación, serían los daños no reparados de los terremotos de 1939 y 1953, que ocurrieron cerca de la zona epicentral del terremoto del día 21 de mayo, pero ambos más al norte de su epicentro. Las viviendas que sobrevivieron a estos terremotos no fueron reparadas adecuadamente, tal como informa la prensa escrita de la época, lo que causó que para los terremotos de mayo de 1960 presentaran mayores daños que los esperados, y por lo mismo, mayores intensidades macrosísmicas.
- Al utilizar una magnitud $M_s = 8.0$ grados en la fórmula de atenuación propuesta por Barrientos (1980), se logra la curva de atenuación que más se aproxima a la curva de mejor ajuste con los datos del Capítulo 4. Es decir, aceptando que la fórmula de Barrientos es utilizable en este tipo de terremoto, la magnitud del sismo del día 21 de mayo de 1960 debiera ser del orden de este valor, en la medida que los efectos locales (suelos de fundación) se hayan producido en una cantidad pequeña de localidades y no se considere el impacto de los daños producidos por otros terremotos.

5.3. COMENTARIOS

El terremoto del día 21 de mayo se puede considerar que desde el punto de vista de sus efectos (daño), presenta las mismas características que la mayoría de los terremotos del tipo interplaca que ocurren frecuentemente en Chile con magnitudes similares a las de este evento. Esto implica que la fórmula de atenuación de las intensidades macrosísmicas propuesta por Barrientos (1980), puede aplicarse utilizando los dos modelos planteados en este trabajo sin que se produzcan cambios de importancia cuando el largo de falla es del orden de magnitud de este evento. Fue posible ajustar además una curva de atenuación del mismo tipo que la que resulta de la fórmula de Barrientos, pero con los parámetros calibrados especialmente para este evento, según las intensidades estimadas en el Capítulo 4.

Del estudio de las atenuaciones de las intensidades macrosísmicas del terremoto del día 21 de mayo, mediante la aplicación de la fórmula de atenuación de intensidades propuesta por Barrientos, se concluye que la magnitud de este terremoto debiera ser del orden de $M_s = 8.0$, como lo han sugerido algunos estudios del terremoto.

CAPÍTULO 6: DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS Y ESTIMACIÓN DE LAS INTENSIDADES DEL TERREMOTO DE VALDIVIA DEL 22 DE MAYO DE 1960

En este capítulo se presentan los daños causados por el terremoto de Valdivia del 22 mayo de 1960 en las distintas localidades ubicadas en la zona de daños, información obtenida principalmente de la prensa de la época. Además se entregan las intensidades macrosísmicas estimadas a partir de la información de daños reunida de acuerdo a la metodología detallada en el Anexo A, teniendo como antecedente el método propuesto en la escala MSK de Intensidades (Monge y Astroza, 1989). En la medida que fue posible, las intensidades estimadas se respaldan con testimonios fotográficos.

La información de daños reunida a raíz de este terremoto corresponde a 86 localidades, ubicadas entre las latitudes 37,5 ° S y 51,73 ° S. Estas localidades se ordenan alfabéticamente dentro de las regiones a las cuales pertenecen (organización político-administrativa de 2008). Las regiones, a su vez, se han ordenado de norte a sur.

A lo largo de este capítulo, cuando se utilicen los términos “Provincia” y “Departamento”, se referirá a las provincias y departamentos delimitados según la antigua organización político-administrativa (vigente en 1960), mientras que al referirse a “región”, se trata de las regiones definidas según la división administrativa actual (2008).

6.1. VIII REGIÓN DEL BÍO BÍO

6.1.1. Mulchén

En Mulchén el 70% de las casas resultaron dañadas (G1 o mayor), y el 15% de ellas debieron ser demolidas por los graves daños que sufrieron (G4 o mayor). En general, los daños se produjeron en las techumbres, en su mayoría cubiertas con teja colonial, lo que dejó al 50% de la población

viviendo al aire libre, debido a que las casas perdieron gran parte de sus techos (G2 o mayor). Los derrumbes de los muros se produjeron hacia el interior de las casas, lo que evitó que se registraran víctimas (**El Mercurio**).

Según una encuesta realizada, el estado de las viviendas se descomponía como sigue (**El Mercurio**):

a) Buenas:	433 (23% con daño G0 a G1).
b) Regulares:	498 (27% con daño G2).
c) Malas (admitían reparación):	618 (33% con daño G3).
d) Pésimas (debieron ser demolidas):	313 (17% con daño G4 a G5).

No obstante que los daños materiales fueron cuantiosos, no hubo desgracias personales. Esto se debió principalmente a que la mayoría de las construcciones eran de material ligero (Clase B de vulnerabilidad) y a que los muros interiores, cuando cayeron, lo hicieron principalmente hacia los interiores, lo que evitó que la gente que arrancaba fuera aplastada (**El Sur, El Mercurio**).

Daños en edificios públicos e iglesias

Gran parte del edificio del templo parroquial se desplomó (G3 o mayor), el cual era una antigua construcción de bloques de piedra maciza que sufrió la caída de varias de estas unidades. Debido a la magnitud de los daños, esta iglesia debió ser demolida.

El edificio Consistorial, donde funcionaban la Gobernación, Correos y Telégrafos y demás oficinas públicas, quedó en pésimas condiciones. La Comisaría de Carabineros, el Hospital, La Providencia y la Gobernación debieron trasladarse a la Escuela Superior de Hombres N° 1, ubicada frente a la plaza y construida de madera. También fueron evacuadas la Catedral y el edificio del Banco Estado; la oficina de este último fue trasladada a la Municipalidad (**El Sur, El Mercurio**).

El cuartel de la Segunda Comisaría de Carabineros, a su vez, sufrió la inclinación de sus murallas (G3 y G4) y debió ser demolido. Por otra parte, el hospital sufrió el agrietamiento profundo de

algunos de sus muros (G3), quedando fuera de uso y con la necesidad de ser demolido. Otros edificios que corrieron la misma suerte fueron la Cárcel Pública y la Policía de Aseo, el Convento de San Francisco y otros de menor importancia. El local del Club Liberal fue destruido en gran parte en su interior al igual que lo ocurrido en las bodegas del ex INACO. El hospital ya había soportado el terremoto de 1939 (**El Mercurio**).

En la Figura 6.1 se muestra una vista de un edificio dañado mientras era reparado.

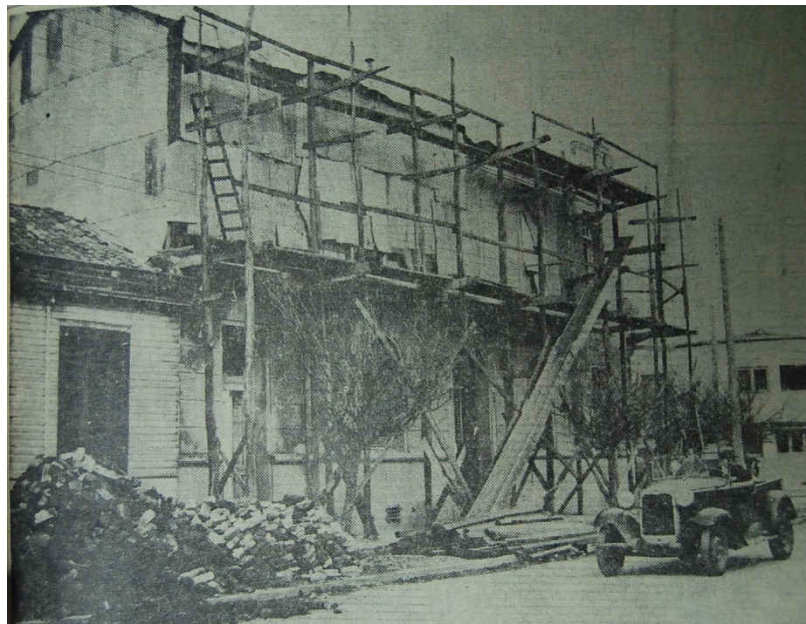


Figura 6.1. Edificio frente a la plaza de Mulchén es sometido a reparaciones en su segundo piso.
(Fuente: El Mercurio)

Servicios

Esta ciudad quedó completamente aislada, sin comunicaciones telegráficas, telefónicas ni servicio ferroviario (**El Sur**). Los servicios básicos de luz y agua potable quedaron interrumpidos durante 3 o 4 días después de ocurridos los sismos (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que la mayoría de las viviendas eran de madera (material ligero) y que ellas pertenecían a la Clase de Vulnerabilidad B, de acuerdo con la estadística de daños entregada por la prensa, se puede estimar una intensidad máxima de *VIII grados*, la cual desciende a *VII grados* si se considera que las viviendas dañadas eran de inferior calidad (clase A de vulnerabilidad). Teniendo en cuenta que esta ciudad fue afectada por los terremotos de 1939 y 1949, lo que necesariamente repercutió en la calidad de las viviendas, se estima que la intensidad en Mulchén ***no debió ser mayor que VII-VIII grados.***

6.1.2. Nacimiento

De acuerdo con la información de la prensa, a simple vista parecía que los daños eran menores, pero luego de un análisis más detenido, se pudo comprobar que los daños afectaron a más del 90% de las construcciones, en su mayoría de adobes y ladrillos (Clases A y B de vulnerabilidad).

Acerca de los daños en viviendas, existen dos versiones distintas entregadas por la prensa. La primera indica que un 60% de ellas habrían resultado dañadas (G1 o mayor). Sin embargo, en nuevas ediciones, “El Mercurio” y “La Discusión de Chillán” señalan que de las 667 viviendas de la ciudad, sólo quedaron 67 habitables, y que las 600 restantes quedaron totalmente destruidas e inhabitables, es decir, el 90% de las casas de esta ciudad, habría presentado daños de grado G3 o superior.

Es difícil inclinarse por una u otra versión, en todo caso la segunda versión parece estar considerando el daño en los muros interiores, los cuales en la mayoría de las ocasiones correspondían a tabiquerías de madera rellenas con adobe los cuales sufren daños importantes al estar mal conectados con los muros perimetrales. Teniendo en cuenta lo anterior es recomendable usar la primera versión para estimar la intensidad.

El hecho de que la mayoría de las casas mostraba sus fachadas en buenas condiciones puede ser el resultado de que ellas fueron reparadas después del terremoto de Chillán (*I = VIII*, Moya,

2002), privilegiando las partes exteriores, utilizando ladrillos provenientes de la industria más importante de este pueblo. Lógicamente, los efectos de los sismos de 1960 se hicieron notar con mayor intensidad en los interiores de estas casas (**La Discusión**).

Las fábricas de ladrillos y tejas, y las dos industrias de cerámica sufrieron cuantiosos daños (**La Discusión**).

Según el Gobernador de la época, el sismo que produjo más destrucción en Nacimiento fue el del día 22 de mayo. En esa ocasión las campanas de la parroquia dejaron oír sus sones, debido a la intensidad del movimiento (VII o mayor) (**La Discusión**).

En la Figura 6.2 se muestran algunos de los daños en la ciudad de Nacimiento.



Forma en que quedó destruida una construcción de ladrillos y barro en la ciudad de Nacimiento. (Fuente: El Mercurio)



Vista de la ciudad después del terremoto. (Fuente: Revista Vea)

Figura 6.2. Vistas de los daños en Nacimiento.

Daños en edificios públicos e iglesias

El local de Impuestos Internos sufrió daños de consideración pero reparables, mientras que la Iglesia y la casa parroquial, ubicadas en la esquina de las calles San Martín y Pinto, quedaron en estado ruinoso, manteniéndose en pie sólo parte de su frontis, el cual fue demolido. El hospital de Nacimiento también sufrió cuantiosos daños (**El Sur, El Llanquihue, El Mercurio, La Discusión**).

De los servicios públicos, el único que pudo funcionar normalmente a los pocos días de ocurridos los terremotos fue el Registro Civil.

Los dos hoteles, Vergara y Central, fueron destruidos (G3 o mayor). El fuerte español, que fue construido el 24 de diciembre de 1603, y que se encontraba ubicado en una altura que dominaba los ríos Vergara y Bío Bío y sus valles, sufrió la destrucción de los torreones y quedó agrietado (**La Discusión**).

Daños en obras civiles

Los caminos que unían Angol, Nacimiento, Santa Juana y Concepción quedaron cortados durante algunos días debido a los derrumbes ocasionados por los sismos. La vía entre Nacimiento y Santa Juana quedó interrumpida en el puente Collileo. También quedó cortada la ruta de Nacimiento a Diuquín, por Busca Vía (**La Discusión**).

El puente Vergara, que se encuentra a la entrada del pueblo, frente al fuerte de Nacimiento, estuvo cortado durante seis días (**La Discusión**).

Servicios

La ciudad estuvo cinco días sin luz y dos días sin agua potable. También quedaron inutilizados los servicios de teléfonos y telégrafo (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

De la información entregada por la prensa, considerando que el 60% de las viviendas sufrió algún nivel de daño perceptible por cualquier observador (G2 o mayor) y que ellas pertenecían principalmente a la Clase A de vulnerabilidad, y a que no se encontraban en buen estado antes de los terremotos de 1960, se puede estimar que la intensidad fue mayor que *VII grados* pero no mayor que *VIII*, de este modo una estimación razonable es de ***VII-VIII grados***.

6.2. IX REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

6.2.1. Angol

En la provincia de Malleco, las dos ciudades más afectadas por los terremotos fueron Angol y Traiguén. (**El Mercurio**). En particular, los sismos de los días 21 y 22 se dejaron sentir con gran violencia en Angol. Muchas casas y cercos fueron destruidos y la población huyó a refugiarse a plazas y sitios que consideró más seguros. Sin embargo, pese a las innumerables pérdidas materiales, la ciudad se repuso rápidamente retornando la población y los servicios de utilidad pública prácticamente a la normalidad (**El Sur**).

Datos estadísticos publicados en la prensa destacan que un porcentaje alto de las viviendas resultaron destruidas. En la Tabla 6.1 se detalla esta información reportada por la prensa. Como se puede apreciar en esta tabla, hay algunas discrepancias pero en términos generales hay coincidencia en destacar que los daños fueron importantes en este lugar. Por otro lado, Carabineros de Chile informó que de un total de 3.500 casas, 166 casas quedaron derrumbadas (5% con G4 y G5), 1590 casas inhabitables (45% con G3) y el resto con daños menores (50% con G1 a G2) (**El Sur**).

Tabla 6.1. Estadística de daños según la prensa.

FUENTE	NIVEL DE DAÑO			Daños menores (G1 a G2)
	Destruídas (inhabitables)			
	Derrumbadas (G4 a G5)	Irreparables (G3 a G4)	Reparables (G3)	
Datos estadísticos (El Sur)	80%		5%	-
Carabineros de Chile (El Sur)	5%	45%		50%
La Discusión	70 %			
La Unión	90%			-
Revista Vea	95%			-
Revista Ercilla	50%			-

Como consecuencia de los serios daños registrados en las viviendas, alrededor de 2.300 personas quedaron damnificadas en la comuna y abandonaron la región más de 1.000 personas y 500 estudiantes que venían desde fuera a recibir enseñanza. Las casas que quedaron en pie debieron cobijar a tres y cuatro familias (**El Sur**).

Al igual que en otros sectores agrícolas de las provincias del sur de Chile, la agricultura de esta zona sufrió grandes pérdidas debido al derrumbe de sus instalaciones y bodegas, estimándose que la destrucción en esta zona alcanzó el 45%. (**El Mercurio**).

Daños en edificios públicos

La violencia del terremoto del día 22 de mayo provocó graves daños en las oficinas de los servicios públicos y en las escuelas. Entre estos edificios se destacan los edificios de Correos y Telégrafos y la Intendencia, lo que obligó a que funcionaran en la Plaza de Armas por encontrarse inutilizables (**El Sur**).

El Hospital San José debió ser evacuado debido al agrietamiento que sufrió con el terremoto. El edificio más afectado del hospital era de adobe y madera, fue construido en 1883 y había sido dañado por los terremotos de 1939 (*I = VII*, Moya, 2002) y 1949. De acuerdo con una descripción de los daños en las instalaciones del hospital, se puede destacar que los locales de lavandería, cocina, bodegas y morgue quedaron en pésimas condiciones. El pabellón de cirugía, construcción de un piso de albañilería de ladrillo, necesitaba algunas reparaciones; el pabellón de emergencia, laboratorio y garaje quedaron en estado aceptable. Los cierros de ladrillo con barro, debieron ser demolidos de inmediato, habiéndose desplomado y caído a la calle Caupolicán en un gran sector (**El Mercurio, El Sur**).

Otros edificios públicos que quedaron en mal estado fueron la Escuela Normal, el Liceo de Niñas, el Instituto Comercial y la Escuela Técnica Femenina. La Escuela Normal, con medio siglo de vida, sufrió el corte de sus bases de sustentación, cayendo el edificio (**Revista Ercilla**). Las escuelas primarias sirvieron para albergar a más de 300 damnificados (**El Sur**).

El cine de la ciudad quedó seriamente dañado en sus partes interiores y antes de abrirse al público debió ser reparado (**El Mercurio**).

En la Figura 6.3 se muestra alguno de los daños en esta ciudad, mientras que en la Figura 6.4 se muestra uno de los edificios del hospital que sobrevivió al terremoto.



Figura 6.3. Derrumbes en Angol en la Avenida Bernardo O'Higgins. (Fuente: El Sur)



Figura 6.4. Foto actual del antiguo hospital de Angol, cuya construcción data de 1920. (Fuente: Internet)

Servicios

El suministro de agua potable fue cortado por algunas horas, ya que los sismos causaron daños en algunas cañerías matrices, las cuales fueron reparadas (**El Sur**). El servicio de gas fue interrumpido (**La Mañana**). En el caso de la energía eléctrica, ésta fue repuesta para el uso de la población poco después de haber sido cortada con motivo de los movimientos sísmicos. (**El Sur**)

Las comunicaciones quedaron cortadas con el resto de la provincia (**La Discusión, La Unión**). El Telégrafo, luego de un corto período de suspensión de sus servicios, fue reparado y puesto nuevamente en servicio (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

Las intensidades reportadas por la prensa se indican en la Tabla 6.2, apreciándose claras diferencias.

Tabla 6.2. Intensidades en Angol según la prensa.

FUENTE	INTENSIDAD
El Sur	VI
La Mañana	VII
El Mercurio	6 (escala nacional)
La Unión	X (escala internacional)

Según Saint-Amand, la intensidad en Angol fue de *VII grados*.

Considerando la información entregada por Carabineros y aceptando que las viviendas corresponden a construcciones de la Clase B de vulnerabilidad, se concluye que el grado medio de daño es del orden de 2.1, lo que corresponde a una intensidad de **VII-VIII grados** para esta ciudad. Este valor justifica el grave daño experimentado por las construcciones de adobe, como fue el caso de uno de los edificios del hospital.

6.2.2. Boroa

Este pequeño poblado no mostró perjuicios materiales ni víctimas por efecto de los terremotos (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Aceptando que en la zona predominaban las construcciones de madera y que ellas clasifican como una clase B de Vulnerabilidad B, se puede estimar que la intensidad fue *menor que VII grados*.

6.2.3. Carahue

Esta ciudad se ubica en la ribera norte del Río Imperial, a 32 km de Puerto Saavedra y 60 km de Temuco. La ciudad quedó seriamente dañada (**El Mercurio, Revista Vea**), siendo una de las localidades más afectadas de la zona si se considera que no hubo efectos del maremoto como ocurrió en otras localidades de esta provincia.

En cifras, se indica que entre el 30% y el 40% de las casas quedaron destruidas (G3 o mayor) y un 70% dañadas (G1 y G2) (**El Mercurio, Revista Ercilla**), destacándose el daño de un edificio de dos pisos de hormigón armado, ubicado en calle Villagrán, el cual quedó en tan malas condiciones que fue necesario demolerlo (ver Figura 6.5). Además se destaca que otra construcción moderna de hormigón, ubicada al frente del edificio mencionado anteriormente, se inclinó hacia atrás lo que obligó a demolerla. Otro diario destaca que solo el 6% de las casas resultaron afectadas (**La Unión**), cifra que está más de acuerdo con la información que indica que las construcciones de madera resistieron los violentos remezones y que los daños fueron principalmente en sus techos, produciéndose el desprendimiento de tejas.

Daños en edificios de uso público

El hospital quedó en malas condiciones y fue necesario hacerle urgentes reparaciones (**El Mercurio**), mientras que los establecimientos educacionales quedaron en buenas condiciones (**Revista Vea**).

Desgracias Personales

No hubo muertos ni heridos (**El Mercurio**).



(Fuente: El Mercurio)



(Fuente: Revista Vea)

Figura 6.5. Vivienda de dos pisos y subterráneo, construida de ladrillos y hormigón, destruida por el terremoto del 22 de mayo en Carahue.

Estimación de la Intensidad

En la provincia de Cautín, un 84% de las viviendas eran de madera y un 10% de hormigón o albañilería según el censo de 1970, lo que significa que las construcciones de madera eran predominantes, aun cuando el número de construcciones de hormigón y albañilería no era despreciable, siendo por lo tanto su presencia determinante en los daños más espectaculares que se observaron en el terremoto, como lo muestra la Figura 6.5.

Con el propósito de estimar la intensidad, se considera el comportamiento de las construcciones de madera, las que sólo presentaron algunos problemas en los techos por el desprendimiento de las tejas, lo que corresponde a un grado 2 de daño. Teniendo en cuenta esta información, una estimación conservadora de la intensidad asignaría un *grado VII*, ya que significaría aceptar que un 50% de las viviendas debieran haber sufrido este daño.

Para explicarse el daño observado en las construcciones de albañilería y hormigón de un sector de la ciudad, se debe tener en cuenta que este nivel de daño es compatible con una intensidad de *VII grados* cuando la construcción clasifica como una clase de vulnerabilidad del tipo A al ser una construcción de mala calidad, lo cual no se puede descartar, o bien cuando una condición local produce un incremento del daño. Teniendo en cuenta que ambas situaciones no se pueden generalizar para toda la ciudad, se considera aceptable asignar una intensidad de *VII grados* en Carahue. Este valor queda respaldado también por el escaso daño en los edificios de uso público.

6.2.4. Cherquenco

En esta localidad el 30% de las casas resultaron destruidas (daños G3 o mayor) y el 70% restante habrían resultado dañadas (G1 a G2). Además se informa de 3 muertos (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Tomando en cuenta la distribución de daños destacada y aceptando que la mayoría de las casas de la zona eran de madera y de una Clase B de vulnerabilidad, se estima que la intensidad fue de *VII-VIII grados*.

6.2.5. Collipulli

La información de daño en esta localidad no es muy precisa, destacando únicamente que el 80% de las casas quedaron en estado inhabitable (G3 o mayor) y que 7 casas resultaron destruidas completamente (**La Discusión**). Además se destaca que esta localidad tenía un porcentaje

importante de casas de hormigón, las que no sufrieron mayores daños a consecuencias de los sismos del 21 y 22 de mayo (**El Mercurio**).

La cárcel pública quedó en peligro de derrumbe. En cambio, el Convento Franciscano quedó habilitado y la capilla en construcción se derrumbó totalmente (**El Mercurio, La Discusión**). El viaducto del Malleco resultó afectado en parte en sus terraplenes de entrada y salida del puente (**El Mercurio, La Unión**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que las construcciones de hormigón (clase C de vulnerabilidad), no presentaron mayores daños (G1), se puede estimar que la intensidad fue menor o igual a **VII grados**. Considerando este valor, la cifra de un 80% de casas inhabitables parece exagerada aún en el caso que se considerara que ellas pertenecen a la Clase A de vulnerabilidad y tampoco se compecece con lo que destaca Álvarez (Álvarez, 1963), quien indica que en Collipulli se observó poco daño.

6.2.6. Curacautín

En esta localidad el 20% de las casas quedaron inhabitables (G3 o mayor) (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Considerando el porcentaje destacado y aceptando que las construcciones pertenecían a la Clase A de vulnerabilidad, se estima que la intensidad fue de **VI-VII grados**.

6.2.7. Galvarino

Considerando que sólo el 2% de las casas resultaron afectadas (**La Unión**), se puede estimar que la intensidad fue de **VI grados**.

6.2.8. Gorbea

Los daños en Gorbea fueron cuantiosos, destacándose como una de las ciudades más afectadas por el terremoto (**El Sur, La Unión**). Según la prensa, una calle ubicada en el extremo poniente de la ciudad, quedó totalmente destruida y por todos los sectores se veían los escombros (**Revista Vea**).

El 40% de las viviendas resultaron con daños de gran consideración (G3 o más) y el 60% restante quedaron con daños menores (G2 o menos), lo que se reflejó en 29 casas destruidas (G4 o mayor) y otras 89 inhabitables (G3) (**El Mercurio, Revista Ercilla**).

Daños en instalaciones industriales y edificios de uso público

Las instalaciones de INACO fueron afectadas, resultando destruida su bodega (**El Sur, La Unión, Revista Vea**).

Los edificios del Correo, de la Subdelegación y las bodegas de ferrocarriles resultaron dañados (**El Mercurio**). La Escuela de Niñas N° 6 y la N° 5 quedaron prácticamente inutilizables y en peligro de derrumbarse (**Revista Vea**).

Daños en obras civiles

El puente carretero de Donguil quedó cortado, interrumpiéndose el camino (**El Sur, El Mercurio, La Unión**).

Servicios

Esta localidad quedó sin agua potable ni energía eléctrica, además de sufrir las interrupciones de los servicios de Correos y Telégrafos (**El Sur, La Unión**).

Desgracias Personales

En Gorbea no hubo desgracias personales aun cuando los daños materiales fueron cuantiosos (**El Sur, La Unión**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que el 85% de las viviendas en la provincia de Cautín eran construcciones de madera de la clase de Vulnerabilidad B, las cifras de daños destacadas permiten estimar una intensidad de **VII-VIII grados**.

6.2.9. Labranza

Este pequeño poblado no mostró mayores daños materiales ni víctimas por los terremotos. Esto se refleja en que sólo el 3% de las casas resultaron afectadas (**La Unión**).

Estimación de la Intensidad

Aún cuando la información de daños es escasa, por las cifras y comentarios de la prensa se puede estimar que la intensidad en esta localidad fue **menor que VII grados**.

6.2.10. Lautaro

El 30% de las casas habrían resultado destruidas (daño de grado G3 o mayor), y el 70% restante dañadas (G2 o menor). En total, más de 250 casas quedaron inhabitables (G3 o mayor) (**El Mercurio**).

De los edificios públicos, el edificio más afectado fue el de la Compañía de Teléfonos. El Hospital igualmente sufrió daños y debió ser evacuado. Además varios edificios quedaron en mal estado en el centro comercial del pueblo, debiendo ser demolidos. La cancha de aviación quedó operable luego de los sismos (**El Mercurio**).

El puente Pumadal quedó agrietado como consecuencia de los terremotos (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que en la Provincia de Cautín el mayor porcentaje de las viviendas era de madera y aceptando que ellas correspondían a la Clase B de vulnerabilidad, de los porcentajes destacados se estima que la intensidad fue de **VII-VIII grados**. Este valor está de acuerdo con el hecho de que no se reportan casos de colapsos (grado de daño G5).

6.2.11. Loncoche

Los principales daños afectaron a las poblaciones ubicadas en los sectores bajos, a los locales escolares, y las bodegas, establos, silos, casas patronales y de inquilinos de los fundos vecinos a esta localidad. Entre el 20% y el 30% de las viviendas resultó destruido (G3 o mayor) y el 70% restante dañado (G2 o menor). En general, los daños en los “edificios” fueron de mediana consideración, como puede verse en la Figura 6.6 (**El Mercurio, Revista Ercilla**).



Figura 6.6. Daños de mediana consideración en el Cuartel de Bomberos, edificio construido de madera y ubicado en la Plaza de Loncoche.

Daños en obras civiles

El puente ferroviario Ñancul, de 24 metros de largo y correspondiente al ramal de Loncoche a Villarrica, se derrumbó y debió ser reconstruido totalmente (**El Sur, El Mercurio**).

Servicios

Todas las comunicaciones quedaron interrumpidas. (**El Mercurio**)

Desgracias Personales

No hubo desgracias personales (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Aceptando que las viviendas dañadas correspondían a construcciones de la Clase B de vulnerabilidad, con los porcentajes de viviendas dañadas entregados por la prensa, se puede estimar que la intensidad fue de *VII-VIII grados*, valor representativo del sector bajo de esta localidad, y por lo tanto una intensidad de ***VII grados*** puede ser representativa de la situación descrita por la prensa para este lugar.

El valor estimado por Duke and Leeds (1963) de *VI grados* es bajo ya que no representa el hecho que se produjeron daños de mediana consideración en los “*edificios*”.

6.2.12. Lonquimay

La información acerca de esta localidad cordillerana es contradictoria. Es así como “El Mercurio” señala que los movimientos sísmicos produjeron daños de escasa consideración en este lugar y posteriormente indica que Lonquimay resultó casi totalmente afectado, con daños cuantiosos y calculándose en un 80% las construcciones que quedaron inhabitables, sin registrarse víctimas fatales.

Estimación de la Intensidad

Dada la escasa y contradictoria información no es posible estimar la intensidad en este lugar.

6.2.13. Los Sauces

El 60% de las viviendas quedó en pésimas condiciones y debió ser demolido (G4 ó G5), el 15% quedó inhabitable (G3 a G4) y sólo el 35% quedó en buenas condiciones (G0 a G1). En total, cerca del 80% de las viviendas resultaron dañadas (G1 o superior) (**El Mercurio, La Unión, Revista Vea**).

Según la información entregada por la prensa, el sismo en Los Sauces, Angol y Traiguén, causó daños más graves que en Victoria, Collipulli y Curacautín.

Estimación de la Intensidad

Como en la zona no habían muchas construcciones de adobe, se puede aceptar que las viviendas eran mayoritariamente de madera y de albañilería, es decir correspondían a construcciones de la Clase B de vulnerabilidad. De acuerdo con la distribución de daños destacada en la prensa, se puede estimar que la intensidad fue de **VII-VIII grados**. Para realizar esta estimación se ha considerado que un 35% de las viviendas no sufrieron prácticamente daños.

6.2.14. Mehuín

Mehuín, como todas las localidades de la costa de Valdivia, quedó destruida en la parte cercana al mar por el maremoto, conservándose en pie el hotel y dos casas de veraneo (**El Sur, El Mercurio**).

En la Figura 6.7 y Figura 6.8 se muestran algunas imágenes con los efectos del maremoto en Mehuín.

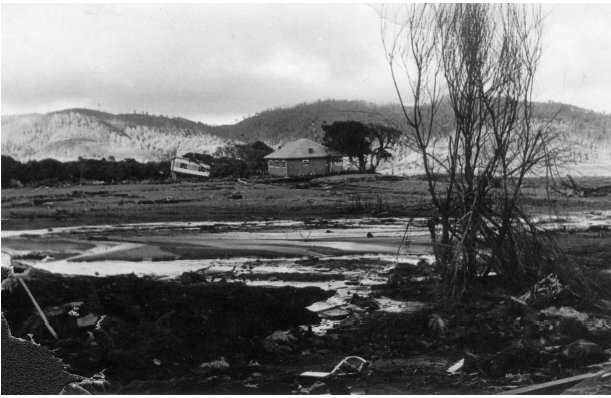


Figura 6.7. Ruinas en Mehuín como consecuencias del maremoto. (Fotos cortesía de E. Kausel)



Figura 6.8. Ruinas en Mehuín como consecuencias del maremoto. (Fotos cortesía de E. Kausel)

Desgracias Personales

El número de muertos superó a las 30 personas (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

El maremoto arrasó con todas las construcciones en este pueblo, por lo que no quedaron evidencias de los daños ocasionados por el sismo previo a este maremoto. Una excepción son el hotel y la casa mostrados en la Figura 6.8, ambos de madera (Clase B de vulnerabilidad) y los cuales demuestran no haber sufrido mayores daños a raíz del terremoto (G2 o menor). Lo anterior sólo permite asegurar que la intensidad **no fue mayor que un grado VIII**.

6.2.15. Nueva Imperial

En Nueva Imperial hubo desmoronamientos, pero al igual que Carahue, esta ciudad escapó casi ilesa con el 30% de las casas destruidas (daños G3 o mayor) y el 70% dañadas (daños de grado 1 a 2) (**El Mercurio**).

Daños en edificios de uso público

El hospital quedó en malas condiciones, requiriendo urgentes reparaciones (**El Mercurio, Revista Vea**).

Desgracias Personales

Se informa de al menos 6 muertos y de 8 personas heridas de gravedad (**El Mercurio, La Unión**).

Estimación de la Intensidad

Considerando los porcentajes de viviendas destruidas y dañadas y las condiciones en que quedó el hospital, se puede estimar una intensidad de **VII-VIII grados** en esta localidad si se acepta que las construcciones afectadas correspondían a construcciones de la Clase B de vulnerabilidad.

6.2.16. Padre Las Casas

El 8% de las casas resultaron afectadas. Además los servicios de agua potable y energía eléctrica quedaron interrumpidos (**La Unión, El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Aún cuando la información de daños disponible es escasa, de la información encontrada se puede aceptar que las casas afectadas sufrieron daños menores, es decir, presentaron daños entre un

grado G1 y G2, lo que representa una intensidad de **VI-VII grados** si se acepta que las viviendas eran de la clase B de vulnerabilidad.

6.2.17. Perquenco

En el departamento de Lautaro, comuna de Perquenco, sólo se registraron daños de poca consideración (G2 o menor), los cuales afectaron, entre otros, a las escuelas N° 25 y 26, al molino y a la iglesia (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Debido a la escasa información encontrada, no es posible tener una estimación confiable de la intensidad, pero se puede aceptar que ella fue **mayor que VI grados** al reportarse daños.

6.2.18. Pitrufquén

En Pitrufquén fueron dañados la edificación y los puentes ferroviario y caminero. Esto último provocó el corte del camino a Gorbea. El 30% de las casas resultaron destruidas (G3 o mayor) y el 70% dañadas (G2 o menor) (**El Mercurio**).

Hubo daños de consideración en los edificios del Hospital, de la cárcel y de la Gobernación, debiendo ser evacuados los enfermos y los 42 reos de la cárcel (**El Mercurio**).

Los servicios de agua potable y energía eléctrica fueron interrumpidos. No hubo desgracias personales en esta localidad (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Con los porcentajes de casas destruidas y dañadas destacados por la prensa, se puede estimar una intensidad **máxima de VII-VIII grados** en Pitrufquén.

Según Duke and Leeds (1963), la intensidad estimada para este lugar sería de *VI grados*, lo que al igual que en el caso de Loncoche, es una estimación baja.

6.2.19. Pucón

Las cifras de daños en este lugar no son claras, existiendo marcadas diferencias en lo que se informó, siendo rescatable el hecho que por lo menos un 2,5% de las viviendas fueron afectadas, y que el pueblo quedó aislado de Villarrica debido a que los caminos quedaron intransitables. Las líneas férreas sufrieron igualmente graves perjuicios. Además se destaca que el servicio de energía eléctrica fue interrumpido y que no hubo víctimas ni desgracias personales (**El Mercurio, La Unión**).

Estimación de la Intensidad

Con la información disponible no es posible estimar un grado de intensidad pero la poca información permite establecer que la intensidad fue *mayor que VI grados*.

6.2.20. Puerto Domínguez

Sólo se informa que el 1% de las casas resultaron afectadas (**La Unión**), por lo que no se puede estimar la intensidad en este lugar.

6.2.21. Puerto Saavedra

Esta localidad de 2.500 habitantes fue arrasada por las salidas de mar (**El Mercurio**). Sólo resistieron en pie las agrietadas paredes de su iglesia y los edificios que la rodeaban, entre ellos el Grupo Escolar. El cementerio no sufrió daños por estar ubicado en un promontorio.

Las viviendas fueron trasladadas de su sitio de construcción por la furia de las aguas, quedando algunas hasta a 3 kilómetros del lugar donde fueron levantadas (**El Sur**). Esta situación afectó tanto a las viviendas como a los edificios de los servicios públicos, como fue el caso del hospital. En la Figura 6.9 y la Figura 6.10 se muestran los efectos del maremoto.

Desgracias Personales

La mayoría de la población logró salvar con vida, huyendo a los cerros más próximos. Las cifras de muertos y desaparecidos ascienden entre 10 y 15 personas y 20 personas respectivamente (**El Sur, El Mercurio, La Unión**).



Vista de Puerto Saavedra en el sector de la desembocadura del río Imperial. (Fuente: El Mercurio)



(Fuente: La Unión)



Casa destruida por el maremoto, aunque no fue arrastrada. (Fuente: Revista Vea)



El hotel de Puerto Saavedra. El maremoto lo arrastró trescientos metros de distancia del pueblo mismo. (Fuente: Revista Vea)

Figura 6.9. Daños en Puerto Saavedra.



Figura 6.10. Daños en Puerto Saavedra. (Fotos cortesía de E. Kausel)

Estimación de la Intensidad

Según Watanabe y Karzulovic (1960), la intensidad I_{CMS} en este lugar fue entre VII y VIII grados.

Los daños informados por la prensa corresponden principalmente a los ocasionados por las salidas de mar, y no a los producidos por el movimiento sísmico. Esta situación dificulta la estimación de la intensidad, sin embargo, la prensa destaca que hubo varias viviendas o edificios que soportaron las salidas de mar o fueron arrastrados manteniéndose su estructura casi intacta, lo que permite aceptar que éstas soportaron de buena manera el sismo. Con este último antecedente

se puede estimar que la intensidad fue *menor o igual a VIII grados* y en ningún caso de *IX grados* como lo estima Saint-Amand (1961).

6.2.22. Queule

Este pueblo fue arrasado totalmente por la salida del mar, quedando en pie un 10% de las casas y éstas, en pésimas condiciones (**El Sur, El Mercurio, La Discusión**). La situación en la cual se encontraba Queule después del terremoto y maremoto, se muestra en la Figura 6.11.



Antes del terremoto



Después del maremoto

Figura 6.11. Vistas de Queule

En esta caleta pesquera el mar provocó la muerte de 19 personas y la desaparición de otras 19, aun cuando en estas cifras informadas por la prensa no hay coincidencia (**El Sur, La Discusión, El Mercurio, La Unión**).

Estimación de la Intensidad

Los daños reportados por la prensa corresponden a los causados por el maremoto, por lo que no se puede estimar la intensidad para esta localidad.

6.2.23. Quilquén

Esta localidad resultó gravemente dañada (**El Mercurio**). De lo anterior, se puede deducir que se registraron al menos daños de grado G3.

Estimación de la Intensidad

La información encontrada es escasa, pero al reportarse daños de carácter grave, se puede estimar que la intensidad fue *mayor que VI grados*.

6.2.24. Quitratué

El 12% de las viviendas resultaron afectadas en Quitratué (**La Unión**).

Estimación de la Intensidad

Si se considera que el 12% de las casas fueron afectadas (daños G2 o superior), entonces se puede estimar un intensidad *menor que VII grados*.

6.2.25. Temuco

En Temuco se produjeron desprendimientos y desplomes en un porcentaje importante de la edificación con el sismo del 22 de mayo de las 14:55 hrs, aumentando la cuantía de estos daños el evento de las 15:12 hrs. Según el Comandante en Jefe de la Guarnición Militar de Temuco, en esta ciudad los destrozos fueron de poca consideración. En general, la parte mediterránea de la provincia de Cautín (según la división administrativa de 1960) no sufrió daños muy cuantiosos (**El Mercurio**).

Los edificios dañados de la ciudad de Temuco fueron los más antiguos y aquellos que tenían paredones sin amarras, es decir, se dañaron principalmente construcciones de mala calidad o en

malas condiciones de conservación. El centro urbano de la ciudad estaba edificado con materiales sólidos, como ladrillos, lo que contribuyó a soportar mejor el terremoto en este sector, pero bastaba con salir de él para conocer los perjuicios que causaron los sismos. Las construcciones rurales, como muchas del territorio sur, estaban mal construidas y por ello que un alto porcentaje quedó en el suelo (**El Mercurio, La Discusión**).

La información de prensa indica que resultaron dañadas alrededor de 200 casas, de ellas 40 quedaron inhabitables, lo que representa un porcentaje pequeño de las construcciones del lugar (**El Mercurio**). Esto último se confirma con la información entregada por “La Unión”, diario que destaca que el 3,5% de las casas resultaron afectadas si se considera que en Temuco habían aproximadamente 15.000 viviendas.

En la Figura 6.12 se muestran algunos daños de Temuco.



Esta foto de la parte exterior de la estación ferroviaria. (Fuente: Revista Vea)



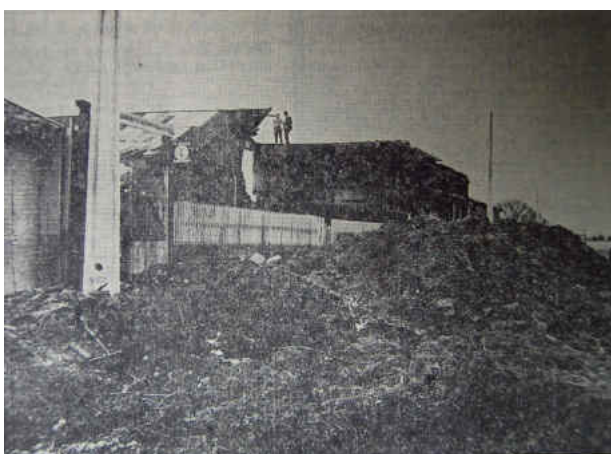
Edificio antiguo del centro de Temuco despojado del revestimiento de su fachada. (Fuente: La Unión)

Figura 6.12. Daños en la ciudad de Temuco.

Daños en instalaciones industriales y en edificios de uso público.

El sector agrícola de la zona sufrió serios daños en los galpones y en las casas-habitación, (ver Figura 6.13) (**El Mercurio**). En la zona costera 20.000 hectáreas quedaron bajo agua (**La Unión**).

Los edificios públicos que resultaron afectados fueron los edificios de Correos y Telégrafos, la Intendencia, los Tribunales de Justicia, la estación de los ferrocarriles, el Departamento de Vialidad, las Monjas de la Providencia, la Escuela Industrial de Temuco (**El Mercurio**).



Daños en el sector rural de Temuco. (Fuente: El Mercurio)



Dstrucción de la escuela de la localidad de Chapod. (Fuente: Revista Vea)

Figura 6.13. Daños en las afueras de Temuco.

Daños en obras civiles

Los caminos de Temuco a las regiones colindantes quedaron interrumpidos. El camino de Temuco a Vilcún quedó agrietado y el camino longitudinal quedó destruido en algunos sectores. El puente Pumalal y el puente Quepe quedaron seriamente dañados (**La Unión, El Mercurio**).

El servicio de trenes desde Santiago hasta Temuco se encontraba funcionando sin interrupción de ninguna especie desde el día 30 de mayo (**El Sur**). Desde Temuco a Freire la línea estaba en buenas condiciones, pero en el resto de la red central, desde Freire a Puerto Montt, la línea estaba en muy malas condiciones presentando descenso de los terraplenes y ondulaciones y roturas de

las líneas. Las vías férreas quedaron levantadas en el tramo de Metrenco a Pitrufrquén (**El Mercurio**). Además quedaron en mal estado algunos puentes ferroviarios; entre ellos se destacan Ñancul, en Villarrica; el puente entre Rauml y Cocule y los puentes números uno y dos en el Río Bueno (**El Sur**).

Servicios

Los servicios de Telégrafos y Teléfonos de Temuco a Imperial, Freire, Toltén y diversas localidades de la zona quedaron fuera de servicio debido al daño en su postación (**La Unión, El Mercurio**).

El abastecimiento de agua potable para la población se cortó, por lo que fue necesario establecer el racionamiento. Por otro lado, la luz eléctrica quedó interrumpida, debido a que las plantas hidráulicas quedaron fuera de servicio (**El Mercurio**).

Desgracias Personales

En Temuco se registraron 10 heridos y ningún muerto (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Según la prensa, la intensidad del sismo del día 22 de mayo fue de *VII grados* en la Escala Internacional (**El Mercurio, La Discusión**). En ediciones posteriores, el diario El Mercurio indica que el fenómeno sísmico de las 14:55 hrs, fue de IV grados y el de las 15:12 hrs de V grados, coincidiendo este último valor con el estimado por Duke y Leeds (1963). Ambos valores no se compadecen con los daños observados, alguno de los cuales se muestran en las fotos de la Figura 6.12 y la Figura 6.13.

Según Saint-Amand (1961) la intensidad en Temuco fue de *VII⁺ grados*.

Rescatando lo informado por la prensa, se entiende que los edificios más antiguos y las construcciones de mala calidad fueron los que sufrieron daños, los que en el caso más extremo

corresponden a destrucción parcial. Considerando que estas construcciones clasifican como una Clase A de vulnerabilidad, los daños descritos y el porcentaje que ellos representan confirman que la intensidad fue de **VI-VII grados**. Este valor coincide con el valor entregado por Watanabe y Karzulovic de VI - VII grados en la escala de Cancani-Mercalli-Sieberg.

6.2.26. Toltén

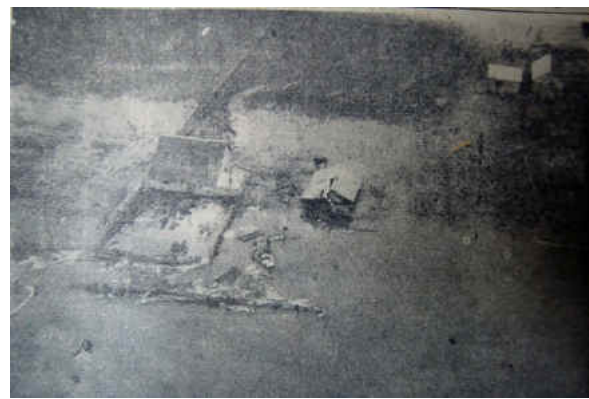
Esta localidad sufrió graves daños ocasionados por las salidas de mar, lo que provocó la destrucción de más del 40% del pueblo (**El Mercurio, La Discusión**), porcentaje que contrasta con la información entregada por otros medios de prensa que señalan que la población quedó totalmente aislada y que apenas un 10% de las casas pudieron conservarse en pie, quedando en pésimas condiciones (**El Sur, La Unión, La Discusión**). En la Figura 6.14 se muestra el estado en que quedó esta localidad después del terremoto.

La vía férrea entre Freire y Toltén experimentó el derrumbe de su terraplén en una extensión de 100 metros (**La Discusión**).

El actual pueblo reemplazó a la antigua Toltén, edificada junto al río y arrasada por el maremoto en 1960. Este fue un pueblo de pescadores y, desde la época de la Colonia, plaza de avanzada para los contactos de la ciudad de Valdivia con los mapuches asentados en la ribera norte del río. La reconstrucción de Toltén se hizo a 5 km de su original ubicación (**El Llanquihue**).



Una de las pocas casas que quedó en pie en Toltén.



Fotografía aérea que da una idea del desastre que sobrevino después del maremoto en esta localidad.

Figura 6.14. Estado de Toltén después del terremoto y maremoto.

Estimación de la Intensidad

Los daños reportados fueron ocasionados principalmente por el maremoto, lo que dificulta la estimación de la intensidad. Sin embargo, Watanabe y Karzulovic (1960) estiman una intensidad para Toltén entre *VIII* y *IX* grados en la escala de Cancani-Mercalli-Sieberg, destacando que los daños fueron uniformes con compactación y asentamientos en las zonas ribereñas con niveles de aguas próximos a la superficie. Esto último podría explicar una estimación de la intensidad **mayor que un grado VIII** al estar más cerca del epicentro.

Teniendo en cuenta lo anterior se considera que la intensidad entregada por Watanabe y Karzulovic es una buena estimación del daño, reconociendo que en ella hay un fuerte efecto de las condiciones locales como las destacadas por estos autores.

6.2.27. Traiguén

Según informes técnicos, los sismos dejaron inhabitables el 70% de las casas (G3 o mayor). Una encuesta habitacional efectuada por la Cruz Roja y publicada por “El Sur” indica que más de 600 familias quedaron sin hogar en Traiguén y que 500 de las 600 casas que albergaban a dichas familias eran reparables, por lo que puede considerarse que sufrieron daños de grado G3. Una

mínima proporción de casas quedó habitable (G2 o menor) (**Revista Vea, El Mercurio, La Unión**).

Entre los daños más comunes en las viviendas, se destacan los agrietamientos (G2 y G3), caídas de muros (G4 a G5) y deterioros de menajes de casa (**El Diario Austral**).

Daños en edificios públicos e iglesias

El 70% de los edificios públicos resultó destruido y debieron ser evacuados; por esta razón, las oficinas públicas fueron trasladadas a la Municipalidad (**El Mercurio**). Entre los edificios que resultaron dañados se destacan el Liceo de Niñas, Liceo de Hombres, el Asilo de Ancianos, la Cárcel, el Convento San Francisco, la Comisaría y el Regimiento Miraflores de Andalién (**El Diario Austral, El Mercurio**).

El Hospital de Traiguén sólo sufrió daños leves (G2 o menor) a consecuencia de los sismos. Sin embargo, se procedió a la demolición de pabellones en donde funcionaba el hospital viejo, cuyo edificio resultó seriamente afectado (**El Mercurio, La Unión**).

El viejo Liceo de Niñas (Clase A) quedó derrumbado parcialmente e inutilizable (G4), mientras que el Liceo de Hombres acusaba serias fallas estructurales (G3) que fueron urgentes de reparar para continuar con su uso (**Revista Vea**).

En Traiguén no se produjeron víctimas fatales, pero si se registraron 15 heridos graves (**El Mercurio, La Unión, Revista Ercilla**).

Estimación de la Intensidad

Según Watanabe y Karzulovic (1960), la intensidad en Traiguén fue de *VII a VIII grados* en la escala de Cancañi-Mercalli y Sieberg, lo que equivale a una intensidad de más o menos *VII grados* en la escala de Mercalli Modificada.

Considerando que el 70% de las viviendas quedaron inhabitables (G3 o mayor), y considerando que ellas correspondían a una clase A de vulnerabilidad, dadas las condiciones en que se

encontraban producto de los terremotos que habían ocurrido en 1949 y 1939 ($I = VII-VIII$, Moya, 2002), se estima que la intensidad fue de **VII-VIII grados**.

6.2.28. Victoria

En Victoria, 25 edificios públicos y particulares resultaron destruidos (G3 o mayor) y se registraron algunos derrumbes. Más allá de esto, no se registraron daños materiales apreciables ni desgracias personales (**El Mercurio, La Unión, La Discusión**).

En general hubo escasos daños en Victoria, los cuales se produjeron principalmente en casas de construcción antigua; un total de 30 casas resultaron destruidas (G3 o mayor) (**La Unión, El Mercurio**).

Servicios

El servicio de energía eléctrica fue suspendido (**La Unión**).

Estimación de la Intensidad

La prensa revisada entrega distintas intensidad para Victoria. “El Sur” indica que ésta fue de VI grados, mientras que “La Unión” afirma que fue de VIII grados.

Según Watanabe y Karzulovic (1960), la intensidad en Victoria fue de *VI a VII grados* en la escala de Cancañi-Mercalli y Sieberg, lo que equivale a una intensidad de más o menos *VI grados* en la escala de Mercalli Modificada.

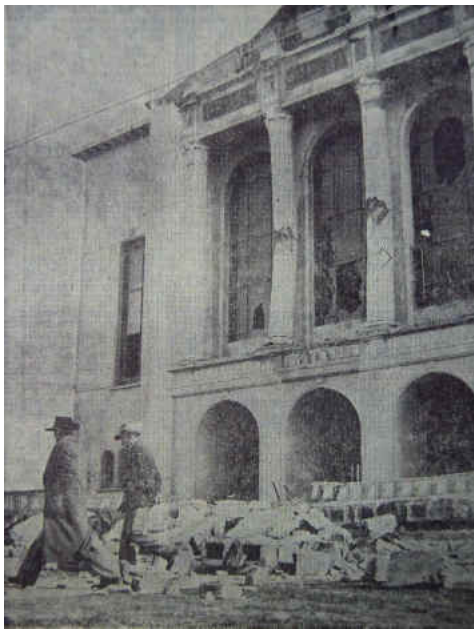
La información reunida no es suficiente para determinar la intensidad a partir de los daños. Sin embargo, al reconocerse que hubo daños G3 en construcciones antiguas (Clase A de vulnerabilidad), es posible estimar que la intensidad fue por lo menos de **VI-VII grados** y no mucho más al ser los daños escasos en este lugar.

6.2.29. Villarrica

El terremoto produjo daños de gravedad en esta zona, resultando 15 edificios destruidos. En el departamento de Villarrica se produjeron derrumbes en varios lugares, destacándose los de Liquiñe, Reyihueco, Lonque, Malihue, Añiques, Coñaripe y Pocura, que causaron la muerte de aproximadamente 200 personas.

Además se destaca que el 30% de las casas quedó inhabitable, siendo el caso más impactante el de una casa de madera de tres pisos en la que funcionaban varios locales comerciales, la que quedó transformada en un gran montón de escombros (ver Figura 6.15) (**El Mercurio**). Por su parte, el diario “La Unión” indica que sólo el 2% de las casas resultaron afectadas.

Entre los edificios de uso público afectados se destacan la Casa de Socorros, las escuelas, la empresa de luz eléctrica, la Catedral, las farmacias y los hoteles (**El Mercurio**).



Parroquia de Villarrica. (Fuente: El Mercurio)



En el centro de la ciudad se desplomó un edificio de uso comercial de tres pisos colapsado (Fuente: El Mercurio).

Figura 6.15. Daños en Villarrica.

El pueblo quedó completamente aislado debido al corte de puentes, caminos y tramos de la línea férrea (**El Mercurio**). El camino que lo une con Pucón quedó intransitable por los derrumbes de tierra en el sector denominado Angostura (**La Unión, El Mercurio**) y por hundimientos a la altura de Playa Linda (**La Unión**). El camino a Liquiñe, localidad de la provincia de Valdivia que se encuentra en plena zona cordillerana a escasos kilómetros de la frontera con Argentina, quedó cortado, debido a los derrumbes presentados en el camino (**Revista Vea**).

El puente sobre el río Toltén quedó cortado (**El Mercurio**). Además quedó en mal estado el puente Huicitío y el puente ferroviario Ránculo en el camino de Loncoche a Villarrica

Villarrica quedó sin servicios de agua, luz, y comunicaciones telefónicas o telegráficas. El alcantarillado resultó destruido.

Desgracias Personales

En el pueblo mismo no se registraron muertos (**El Mercurio**), mientras que en los pueblos cordilleranos de Liquiñe y Coñaripe se registraron más de 250 muertos y más de 50 desaparecidos, principalmente debido a los derrumbes (**La Unión**).

Estimación de la Intensidad

Según la información de la prensa se puede aceptar que el 30% de las viviendas quedaron inhabitables (Daño mayor que G3) y las restantes presentarían daños menores (entre G0 y G2). Considerando que la mayor parte de las viviendas en esta localidad eran de madera y correspondientes a una Clase B de vulnerabilidad, se puede estimar que la intensidad fue un poco mayor que VII grados (**VII-VIII grados**).

6.3. XIV REGIÓN DE LOS RÍOS

6.3.1. Corral

El daño en Corral se produjo tanto por el maremoto como por el terremoto. Corral Bajo fue prácticamente arrasado por el maremoto al alcanzar la salida del mar una altura de 12 m según la revista “Zig Zag”. En cambio en el sector de Corral Alto la destrucción se debió al terremoto, destruyéndose entre un 20% y un 30% de las viviendas (G3 o más), salvándose únicamente 205 casas de este sector (**El Sur, El Mercurio**).

El maremoto afectó a nueve manzanas con un total de mil viviendas (**El Sur**), encontrándose en esta área el grupo escolar, los muelles y las instalaciones de la fábrica siderúrgica, la que se encontraba paralizada (**El Mercurio**). La totalidad de los barcos pesqueros se perdieron (**La Discusión**). Algunas vistas de los daños provocados por el maremoto se muestran en la Figura 6.16.

Daños en instalaciones industriales y edificios de uso público

El paso del agua hizo sucumbir las instalaciones de la industria pesquera, los Altos Hornos y la planta eléctrica (**El Sur**). En general, todos los establecimientos ubicados en la parte baja prácticamente desaparecieron como se aprecia en las fotos de la Figura 6.16; entre ellos se pueden mencionar el Hotel Schuster, los edificios públicos, las oficinas de las navieras ubicadas cerca del antiguo fuerte, la parroquia, la capitanía de puerto, entre otros (**El Sur, El Mercurio, La Unión**).

Daños en obras civiles

Las obras civiles más afectadas fueron las portuarias, destruyéndose los muelles, los faros y las grúas, las que fueron encontradas a unos 8 metros al oeste de donde estaban ubicadas antes del 22 de mayo de 1960.

Daños en los servicios

El servicio de agua potable funcionó parcialmente (**El Sur**), en cambio el servicio de energía eléctrica quedó interrumpido sin posibilidades de reposición por la destrucción de su tendido (**Revista Vea**).

Desgracias Personales

Según la prensa los muertos y desaparecidos alcanzaron a 68 pero se estima que este número nunca se sabrá y en opinión de algunos, alcanzarían a doscientos.

Otros efectos del terremoto

El fondo del puerto de Corral cambió totalmente luego del terremoto, variando las profundidades de la bahía de Corral hasta cuatro metros en relación con el registro de las cartas antes del terremoto (**La Unión**).

Estimación de la Intensidad

Dejando de lado los efectos del maremoto y atendiendo a los daños producidos solamente por el movimiento sísmico, de la información reunida se desprende que las casas, mayoritariamente de madera, se comportaron relativamente bien si se consideran las cifras de viviendas destruidas (20% a 30%). Esto está de acuerdo con lo que muestran las fotos de la parte alta del lugar, sector no afectado por el maremoto. En estas fotos se comprueba que muchas de estas casas quedaron con un nivel de daño relativamente menor.

Aceptando, que estas viviendas se pueden clasificar como una Clase B de vulnerabilidad y considerando que los porcentajes destacados corresponden a niveles de daño mayores o igual a G3, la intensidad en Corral fue **entre VII y VIII grados**. Aceptando que el **menor valor corresponde a la parte alta del lugar**, este valor de **VII grados** coincide con el valor estimado por Weischet (1963).



Un montón de casas quedó en uno de los extremos de Corral donde se juntan dos cerros vecinos. El sismo causó sucesivos desprendimientos de tierras. (Fuente: Revista Ercilla)



Corral Bajo. El terremoto y luego el maremoto, lo destruyeron todo: viviendas, puerto y embarcaciones, edificios y servicios públicos, además de muchas vidas de hombres, mujeres y niños.

(Fuente: Revista Vea)



Vista aérea de Corral. Se aprecian los estragos causados por el terremoto y las salidas de mar. La población huyó a las partes altas. (Fuente: El Mercurio)



(Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 6.16. Daños producidos por el maremoto en Corral.

6.3.2. Futrono

En esta localidad del interior, se produjeron daños materiales de gran magnitud y se registró un gran número de heridos y personas desaparecidas (**El Mercurio**). Con esta información no es posible estimar el grado de intensidad.

6.3.3. Huellehue

Según Weischet (1961), en este lugar la intensidad fue de **VII grados**.

6.3.4. La Unión

Los daños en La Unión fueron muy inferiores a los de Valdivia (**El Mercurio**) y fueron similares a los de Río Bueno (Weischet, 1963). Como consecuencia del violento sismo del 22 de mayo, en La Unión quedaron destruidas 17 casas y fue necesario construir en forma urgente unas 200 viviendas para reemplazar las dañadas por los sismos (**El Sur, El Mercurio**).

Servicios

Los servicios de agua potable, teléfono, telégrafos y energía eléctrica quedaron interrumpidos (**El Sur**).

Desgracias Personales

En La Unión hubo sólo un fallecido (**El Mercurio, Revista Ercilla**).

Estimación de la Intensidad

En esta zona las viviendas eran casi todas de madera y algunas resultaron destruidas (grado de daño mayor o igual a G3). Considerando que estas viviendas correspondían a construcciones de

una Clase B de vulnerabilidad, se puede estimar una intensidad *mínima de VII grados*. Esta estimación coincide con el valor entregado por Weischet (1963) y por Duke and Leeds (1963).

6.3.5. Lanco

Según Watanabe y Karzulovic (1960), la intensidad en este lugar fue de *VII grados* en la escala de Cancani-Mercalli-Sieberg. Las imágenes recogidas de la página web de la Ilustre Municipalidad de Lanco, muestra algunas construcciones antiguas que respaldan este valor.



Figura 3.73. Vista de construcciones antiguas de Lanco.

6.3.6. Llifén

Según Saint- Amand, la intensidad en Llifén fue de *VI grados*. Este valor es rescatado por representar una de las pocas estimaciones encontradas de algún lugar ubicado hacia la precordillera en la zona ubicada al frente del área epicentral.

6.3.7. Los Lagos

En esta localidad, distante a poco más de 40 kilómetros de Valdivia, el 70% de las viviendas quedó inhabitable (**El Mercurio**), es decir, experimentó un nivel de daño G3 o mayor. Si se acepta que las viviendas afectadas correspondían a construcciones de la Clase B de

vulnerabilidad, con la estadística de daño destacada se puede estimar una intensidad de *VIII grados*.

Según Saint-Amand, en este lugar la intensidad fue de *VI⁺ grados*, estimación que representa un porcentaje mínimo de viviendas con daños menores, lo que solamente se podría entender de existir un excelente suelo de fundación (Roca dura). Esto último resulta difícil de aceptar dada su ubicación, la que puede observarse en la foto de la Figura 6.17.



Figura 6.17. Vista Panorámica de Los Lagos (www.muniloslagos.cl)

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que una estimación razonable de la intensidad para este lugar es de *VII –VIII grados* y en el mejor de los casos este valor puede bajar a un grado *VII⁺*.

6.3.8. Máfil

En esta localidad se perdieron alrededor del 30% de las casas, las que quedaron reducidas a escombros; además se cayeron las oficinas y la casa habitación de la Planta de Electricidad (**Revista Vea**).

El pueblo quedó aislado debido a que se cortaron todos los caminos de acceso al él. Producto de los daños sufridos, la bodega de FF.CC. debió ser demolida; además no pudieron correr trenes (**Revista Vea**).

El servicio eléctrico, de correos y telégrafos y de teléfonos, quedaron interrumpidos como consecuencias de los sismos (**Revista Vea**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que el 30% de las viviendas quedaron con daños importantes, es decir, sufrieron daños de grado 3 o mayor, y aceptando que ellas correspondían a construcciones de la Clase B de vulnerabilidad, se puede estimar que la intensidad fue de **VII-VIII grados** en esta localidad.

El intensidad de *V grados* estimada por Duke and Leeds (1963) es un valor muy bajo aún si se presentasen las mejores condiciones de suelo en el lugar (Roca).

6.3.9. Neltume

El 100% de las casas resultaron destruidas e inhabitables; además hubo 3 personas muertas y 15 desaparecidas (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Si se acepta la información entregada por el diario El Mercurio, la intensidad en este lugar habría sido de **IX grados**. Según este grado, el 90% de las construcciones habrían quedado con un daño

mayor que 3 y de ellas un 55 % habrían sufrido un colapso parcial o total de sus muros, lo que *parece exagerado* al no informar la prensa de viviendas que hayan sufrido colapso.

6.3.10. Niebla

Las olas gigantescas, de más o menos 15 metros de altura, se precipitaron sobre este balneario, arrasando con todo lo que encontraron a su paso. El sector más afectado fue el de Niebla Bajo, donde desaparecieron 60 casas y quedaron destruidas las instalaciones portuarias (**El Sur, El Mercurio**).

Daños en edificios de uso público

La Capilla de Niebla quedó destruida. Las murallas del Fuerte Histórico también quedaron destruidas, al igual que el monumento a Caupolicán. Dos de las tres escuelas que tenía el pueblo sufrieron daños en su estructura y la tercera desapareció (**El Mercurio**).

Daños en obras civiles

Los caminos cerca de Playa Grande quedaron cortados por grandes grietas y una ola destruyó el puente que llegaba a este lugar. Las obras portuarias de Niebla quedaron destruidas en su totalidad; el maremoto destruyó el muelle y el faro Niebla a orillas del río Valdivia, llevándose además las embarcaciones menores (**El Mercurio, La Unión**).

Desgracias Personales

En Niebla hubo 9 muertos y 21 heridos (**El Mercurio**)

Estimación de la Intensidad

Los daños informados se relacionan mayormente con las salidas de mar que afectaron a Niebla, lo cual causó los peores daños en esta localidad. De esta forma no se puede estimar la intensidad

del sismo en Niebla, ya que no se detallan los daños producidos sólo por los movimientos sísmicos.

6.3.11. Panguipulli

En esta localidad, ubicada en la zona lacustre de Valdivia, el 70% de las casas resultaron dañadas. La mayor parte de las viviendas afectadas sufrió la caída de murallas y grietas. Además se destaca que el edificio de la Primera Comisaría sufrió derrumbes en la parte posterior y que la Aduana fronteriza sufrió daños, aunque el personal no presentó ninguna novedad (**El Mercurio, La Unión**).

Entre las obras civiles, la línea ferroviaria quedó destruida. Además los servicios de agua potable, energía eléctrica y la distribución de gas se vieron interrumpidos luego de los sismos (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Según El Mercurio, el movimiento sísmico alcanzó un grado VIII en el terremoto de las 15:05 hrs del 22 de mayo. Si se considera que un 70% de las construcciones resultaron dañadas (daños entre G2 y G4), se concluye que la intensidad anterior es un poco menor si se acepta que las construcciones eran de una clase de vulnerabilidad tipo B, resultando una intensidad ***entre VII y VIII grados***.

6.3.12. Río Bueno

Los daños en la ciudad fueron cuantiosos, presentándose condiciones similares a las registradas en La Unión e inferiores a las presentadas en Valdivia. El 80% de las viviendas quedó destruido (G3 o mayor) y el 100% de ellas con daño (G1 o mayor). Además se destaca que sus 15.000 habitantes vivían en precarias condiciones (**El Sur, El Mercurio, La Unión**).

Entre los edificios públicos, se puede destacar que resultaron dañados el cuartel de Carabineros y el Hospital Regional, el que sufrió pocos daños (**El Mercurio**). Solo se produjo un fallecimiento en esta localidad (**El Mercurio, Revista Ercilla**).

Estimación de la Intensidad

Con las cifras destacadas y las condiciones en que se encontraban las viviendas, de acuerdo con las cuales ellas se clasifican como construcciones de la Clase A de vulnerabilidad, se puede estimar una intensidad **máxima igual a VII-VIII grados**.

Esta es una estimación máxima, ya al aceptar que los daños de este lugar hubiesen sido similares a los registrados en La Unión, la intensidad debiera ser de *VII grados*. Este último valor fue la estimación hecha por Weischet (1963) y Duke and Leeds (1963).

6.3.13. San José de la Mariquina

San José de la Mariquina no resultó tan dañado como otros pueblos de la zona aún cuando muchas casas resultaron con daños menores (50% con daños G1 y G2) (**Revista Vea**).

Estimación de la Intensidad

Teniendo en cuenta el porcentaje de viviendas afectadas y los daños en los galpones, garajes y bodegas del sector agrícola vecino a la localidad, se puede estimar una intensidad de **VII grados**. Este valor coincide con el valor estimado por Watanabe y Karzulovic (1960) en la escala de Cancani-Mercalli-Sieberg.

Duke and Leeds (1963) estimaron una intensidad de *VI grados* para este lugar, lo que nuevamente resulta un valor bajo ya que significaría aceptar que prácticamente no habría ocurrido daño en el lugar (5% con daño G1 y el resto sin daños).

6.3.14. Valdivia

Se estimó que entre un 70% y un 80% de las viviendas de Valdivia resultaron dañadas. De ellas, entre un 40% y un 50% correspondían a construcciones que quedaron destruidas y el otro 30% quedaron en precarias condiciones para ser habitadas, salvándose sólo un 30% de la catástrofe. Según el Instituto de Economía de la Universidad de Chile, la construcción predominante era de madera, y la pérdida de viviendas alcanzó al 32% de las casas. Esta situación permitió señalar a la prensa que los daños registrados en esta ciudad fueron superiores a los de cualquier otro lugar (**La Discusión, La Unión, El Mercurio**).

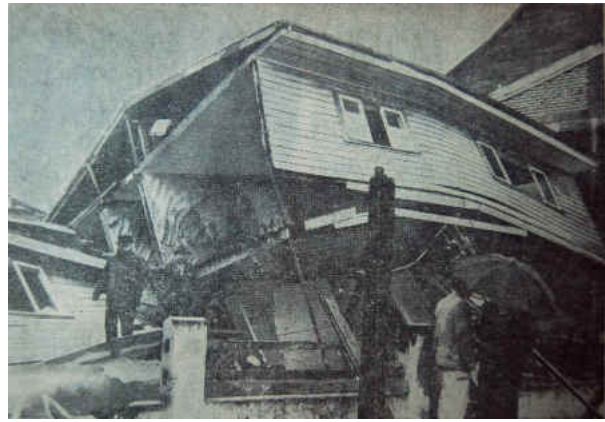
En general, se pudo comprobar que numerosas construcciones importantes resultaron dañadas. Sin embargo, los “*ranchos o callampas*” y las casas de un piso de madera no sufrieron mayormente por el material empleado en su construcción. Además se pudo comprobar que las casas construidas con un solo tipo de material fueron menos afectadas que aquellas de materiales diversos, por ejemplo combinación de elementos de madera y de ladrillo, las que sufrieron la disociación de sus partes y perdiendo la integridad de la estructura resistente.

Los efectos más desastrosos del terremoto se apreciaban a medida que se avanzaba hacia el río y en la parte central de la ciudad, en torno de la plaza de La República. En la calle Cochrane, arteria de habitaciones medianas y de construcción ligera, parecía que las viviendas hubiesen sido removidas por una mano siniestra quedando convertidas la mayoría de ellas en escombros y montones de maderos entrecruzados, manteniéndose incólumes sólo las casas más nuevas. La calle Camilo Henríquez, también formada por propietarios de poca o regular fortuna, pero una de las más antiguas de la ciudad, no conservó una sola casa en regular estado; las que lograron permanecer en pie tuvieron que ser demolidas y reconstruidas (**Revista Zig Zag**).

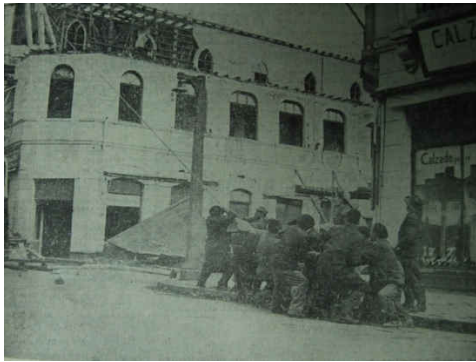
En calle Picarte, arteria principal de tránsito cotidiano y de intensa actividad comercial, eran escasas las casas que se mantuvieron en pie. Gran parte de ellas se derrumbaron hacia la calle y entorpecieron el tránsito, otras se fueron de espaldas y el resto, desarticuladas, se apoyaban unas a otras. Esta calle, desde la plaza a la estación de los ferrocarriles, también reducida a escombros, debió ser reconstruida en casi la totalidad. Una muestra de los daños destacados se entrega en la Figura 6.18 a la Figura 6.22



Edificio se ve totalmente derruido. Sólo quedaron en pie dos murallas laterales. (Fuente: El Mercurio)



Vivienda destruida. La construcción presenta destrucción en ambos pisos y está hundi da hacia su parte posterior. (Fuente: El Mercurio)



Demolición de un edificio en la ciudad de Valdivia. (Fuente: El Mercurio)



Edificio da ñado ubicado en la calle García Reyes de Valdivia. (Fuente: El Mercurio)



Aspecto de la calle Picarte, arteria principal de la ciudad. (Fuente: El Mercurio)



Calle Picarte, el pavimento se abrió en varios puntos, los postes quedaron inclinados. (Fuente: El Mercurio)

Figura 6.18. Daños en las viviendas de la ciudad de Valdivia.



Sector de Calle Picarte. Vista tomada desde el aire al sector céntrico de Valdivia. A la derecha, el río y, hacia el fondo, el puente Calle Calle. (Fuente: El Mercurio)



Esquina de las calles Picarte y Caupolicán en Valdivia. Al fondo, una vivienda de dos pisos aún se mantiene en pie. (Fuente: La Unión)



Calle Camilo Henríquez. En esta vista, se puede verificar el estado en que quedó la Confitería "Sur", y también el Centro de "Hijos de Chiloé". (Fuente: El Sur)



Habitantes se dedican a eliminar el barro de las casas, aceras y calles en la Población Arica de la ciudad de Valdivia. (Fuente: El Mercurio)

Figura 6.19. Daños en las viviendas de la ciudad de Valdivia.



Hundimiento del terreno. En diversas ciudades de la zona devastada, se pueden apreciar fallas en el terreno de fundación, tales como la que se puede observar en la foto. La vista que se reproduce en la fotografía corresponde a una de las calles más dañadas de la ciudad de Valdivia (Fuente: El Mercurio)



En primer plano una parte de Valdivia en que varias casas resistieron el terremoto y la mayoría de las cuales se conservan habitables. Más allá, el río y el islote donde la inundación es casi total, y al fondo, el extremo de la isla Teja (Fuente: El Mercurio)



Grietas en las calles de Valdivia. La foto muestra las casas derrumbadas junto a un ancho tajo abierto en la calle. (Fuente: Revista Vea)

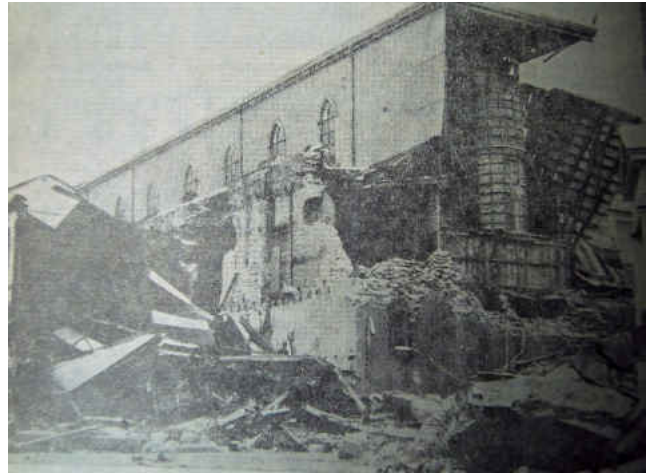


Edificio del Banco de Chile.

Figura 6.20. Daños en las viviendas de la ciudad de Valdivia.



Ruinas en la ciudad de Valdivia. El terremoto abrió profundas grietas en las calles de Valdivia. (Fuente: El Sur)



La foto muestra una vista parcial del estado en que quedó la farmacia "Libertad" y, al fondo, se puede apreciar la semidestruida Catedral valdiviana. (Fuente: El Sur)



Vista aérea muestra el sector céntrico de la ciudad de Valdivia, semidestruida y cercada por las aguas. (Fuente: La Unión)



(Fuente: Revista Zig Zag)



La calle Picarte, centro comercial de Valdivia. Al momento de tomar esta fotografía, los escombros ya habían sido despejados. (Fuente: Revista Zig Zag)



El Liceo de Hombres de Valdivia. (Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 6.21. Daños en las viviendas de la ciudad de Valdivia.



(Fuente: Revista Zig Zag)



Vista de una zona de Valdivia, anegada por las aguas del río Calle Calle. (Fuente: Zig Zag)



Tercera cuadra de Avenida Picarte, sector del Centro Español.



(Foto cortesía de E. Kausel)



(Foto cortesía de E. Kausel)



(Foto cortesía de E. Kausel)

Figura 6.22. Daños en las viviendas de la ciudad de Valdivia.

Los daños afectaron a las industrias, casas particulares, el comercio y la agricultura. La población rural de la provincia de Valdivia, estimada en una cantidad superior a las 80.000 personas en ese entonces, quedó sin posibilidades de volver a radicarse en los mismos lugares que habitaban (**La Unión**).

En la ciudad se declaró sólo un incendio a causa del sismo. El movimiento sísmico del día *19 de junio* en la noche, considerado como el que se sintió con mayor violencia en la ciudad después del terremoto del 22 de mayo, derribó los edificios y viviendas semidestruidas que todavía se mantenían en pie (**La Unión**).

La principal causa de la alta cuota de destrucción en los edificios se debió más que nada a la calidad del terreno en que se encontraba la ciudad; produciéndose el hundimiento de la tierra en ciertos sitios y el deslizamiento en otros. Estas deformaciones desarmaron las casas al hundirse e hicieron que la Avenida Costanera prácticamente desapareciera al deslizarse hacia el río, arrastrando las casas vecinas a ella (ver Figura 6.23 a Figura 6.25).



La costanera valdiviana. Aspecto de calle Prat; se puede apreciar el hundimiento de esa avenida ribereña, como resultado de lo cual las aguas del Calle Calle inundan varios puntos de la ciudad. (Fuente: El Mercurio)



Hundimientos en la costanera de Valdivia. (Fuente: El Mercurio)

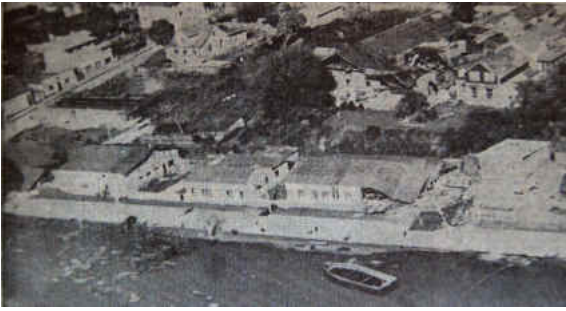


La Costanera de Valdivia. Pueden verse los efectos del terremoto y de la inundación. (Fuente: El Mercurio)



El grabado muestra, en primer plano, la ex Avenida Costanera y el lugar en que se encontraba el embarcadero que se empleaba para ir hasta Corral, cubiertos por el agua. (Fuente: El Mercurio)

Figura 6.23. Vista de la Costanera de Valdivia.



Vista de la Avenida Costanera de Valdivia después del terremoto. La mitad de una construcción está en el suelo, y al fondo, otra edificación de mayor tamaño se observa parcialmente derrumbada. (Fuente: El Mercurio)



Grietas separaron el pavimento de la Avenida Costanera de Valdivia (Fuente: La Unión)



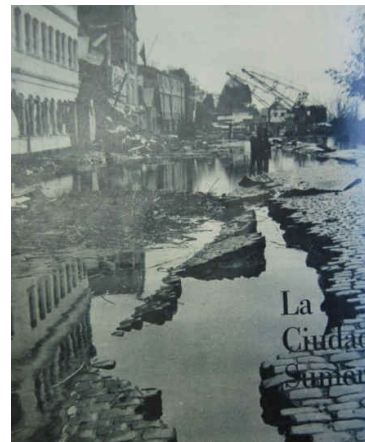
Avenida Costanera, tal como era antes del sismo y maremoto; al fondo, el puente Pedro de Valdivia. (Fuente: Revista Zig Zag)



Estado de la Avenida Costanera, o Prat, de Valdivia. El pabellón de turismo se ve hundido hasta la mitad. (Fuente: Revista Zig Zag)



Vista de la costanera con el puente Pedro de Valdivia al fondo; el pavimento está bajo las aguas. (Fuente: Revista Zig Zag)



Vista de la costanera. (Fuente: Revista Ercilla)

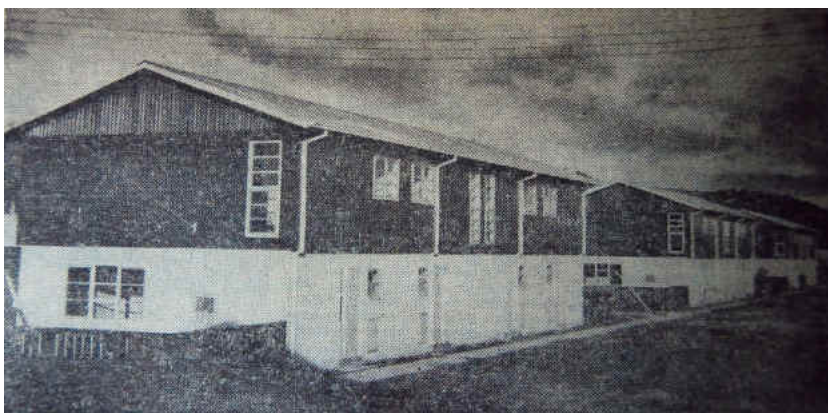
Figura 6.24. Vista de la Costanera de Valdivia.



Vista del embarcadero (Duke y Leeds, 1963)

Figura 6.25. Vista de la Costanera de Valdivia.

Contrasta esta situación con lo observado en la parte alta de la ciudad, lugar donde las viviendas se salvaron parcialmente de los daños al encontrarse ubicadas sobre un *terreno firme* (ver Figura 6.26). Sin embargo, las chimeneas y cortafuegos de cemento o ladrillo sufrieron destrozos. (Revista *Zig Zag*).



Población "Gil de Castro" de la Corporación de la Vivienda (CORVI). (Fuente: El Mercurio)

Figura 6.26. Vista de los daños en la parte alta de la ciudad de Valdivia.

Adicionalmente, el río Valdivia secundó al terremoto en su faena destructora; sus aguas corrieron por las calles, inundando edificios y paseos completos y arrastrando en su paso la casi totalidad de las poblaciones ribereñas. El malecón valdiviano fue el centro de acción de las aguas (Revista *Ercilla*, *El Mercurio*).

Daños en instalaciones industriales y comercio

Valdivia perdió gran parte de sus fuentes de producción, entre ellas se pueden destacar la planta de la Compañía de Cervecerías Unidas (ver Figura 6.27), la planta lechera Callumapu, Calzados Weiss Rudloff (ver Figura 6.28), el Molino Hoffmann, astilleros IMMAR, curtiembres, una compañía papelera, una impregnadora de maderas, maestranzas, bodegas, instalaciones de ferrocarriles y de las firmas Williamson Balfour y Sanvedro Bernard, instalaciones navieras y fluviales, barracas y depósitos madereros (*El Sur, El Llanquihue, El Mercurio*).



El edificio de la Compañía de Cervecerías Unidas, el día anterior al terremoto. (Fuente: Revista *Zig Zag*)



Edificio de la Compañía de Cervecerías Unidas, después del sismo. (Fuente: Revista *Zig Zag*)

Figura 6.27. Vistas del edificio de la Compañía de Cervecerías Unidas, antes y después del terremoto.



El edificio donde funcionaba la fábrica de calzados Rudloff, puede verse totalmente destruido por los terremotos y maremotos. (Fuente: *El Mercurio*)

Figura 6.28. Fábrica de calzados Weiss Rudloff.

Esta situación fue grave porque Valdivia era el principal centro industrial y fabril en el sur, después de Concepción, dejando paralizados entre diez a quince mil obreros y empleados.

Entre el 60% y el 80% del comercio de la ciudad quedó prácticamente destruido (**El Mercurio, Revista Vea**).

La planta hidroeléctrica de Pilmaiquén, ubicada en la provincia de Valdivia, y con una capacidad de 35.000 kwts, tuvo filtraciones en algunas tuberías y demoró algunos días en ser reparada. La paralización de esta planta dejó completamente sin energía toda esta zona sur (**La Discusión**).

La agricultura de la zona de Valdivia sufrió grandes perjuicios, quedando los terrenos inundados y los galpones y bodegas destruidos (**La Unión**).

Daños en establecimientos e instituciones y otros

Muchos edificios sufrieron daños; entre ellos se pueden destacar: el Banco de Osorno y La Unión; el Teatro Cervantes; el Hospital Traumatológico que ni siquiera había sido terminado; el Hospital Regional, especialmente en su interior (ver Figura 6.29); el Sanatorio Alemán; el Liceo de Hombres; el Instituto Alemán; el edificio de los Ferrocarriles; los Bancos de Chile, Español y Valdivia; Impuestos Internos; Adolfo Kaein; Saavedra Bernard; Club Hijos de Chiloé; Centro Español; Impuestos Internos; Tesorería; la Intendencia; la Catedral; Correos y Telégrafos; teatro Alcázar; la Municipalidad; el cuartel de Carabineros; el Colegio de San Rafael; la Escuela “María Auxiliadora”; la iglesia de “San Francisco”; el templo Metodista, ubicado en la calle Beauchef esquina de Beneficencia; el Cuartel General de Bomberos; el Deportivo Phoenix, edificio de madera barrido por la terrible marea que desató el maremoto, y el Gimnasio Municipal. A estos daños debe sumarse la pérdida de bodegas, casa de máquinas, talleres, garajes, habitaciones del personal, gimnasios deportivos, matadero, mercado, plazas y servicios. (**El Sur, El Mercurio, La Unión**).



Vista del hospital Regional de Valdivia. (Fuente: Revista Zig Zag)



El moderno Hospital Regional de Valdivia. Sufrió daños irreparables y fue evacuado. En primer plano, el hospital de emergencia instalado con ayuda norteamericana. (Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 6.29. Hospital regional de Valdivia.

Debido a estos daños, Valdivia quedó prácticamente sin hospitales, liceos y escuelas públicas y con la mayor parte de los edificios públicos del centro de la ciudad fuera de uso. Los cuarteles de bomberos, ubicados en diversos barrios, también sufrieron daños. Los enfermos del hospital Regional fueron trasladados a la Escuela Normal de Hombres (ver Figura 6.32), cuyo edificio era de reciente construcción (*El Mercurio*).



Figura 6.30. Daños en el edificio del Banco de Chile (Foto cortesía de E. Kausel)

Los daños de las construcciones dependientes de la Diócesis de Valdivia, la mayoría de ellas edificaciones antiguas, fueron los siguientes: Catedral, cayó el ábside y partes laterales, y debió ser demolida; Edificio de Obispado, por calle Libertad, desplomado, inservible y en gran parte destruido; Residencia del obispo, en buen estado, pero interiormente resultaron muchos objetos destruidos; Parroquia de la Merced, torre caída, en el interior hubo daños de regular importancia; Parroquia del Sagrado Corazón, daños menores; Colegio Salesiano, desplomado; Colegio de María Auxiliadora, abandonado e iglesia destruida; Colegio San Rafael de las Religiosas de la Inmaculada, con daños graves, pero continuó en uso. Hay otros edificios parcialmente dañados que fueron la capilla de Punucapa, Colegio San Rafael, Iglesia San Francisco, Convento de San Francisco, Asilo de Huérfanas, Parroquia de Corral, Parroquia de Río Bueno, Parroquia de La Unión, Colegio de la Santa Cruz, Casa Parroquial de La Unión, Casa Parroquial de Río Bueno, Capilla Huenquecura, Colegio de Sagrados Corazones, Capilla de Crucero (**El Mercurio**).

En las instalaciones de la Universidad Austral se destaca la inundación provocada por la crecida del río, y los daños de la Casa Central (ver Figura 6.31), del edificio de la Casa de Estudios, de la residencia de profesores y de la Facultad de Filosofía (**El Mercurio, La Unión**). Se perdieron equipos de investigación y material de vidrios, reactivos y materiales del Instituto de Física, Zoología y Química, de la farmacia de Veterinaria y del laboratorio de Bacteriología. Además, el 90% de los 580 alumnos así como el profesorado, perdió sus habitaciones y pertenencias personales. También quedó inutilizada la Estación de Biología Marina instalada en Mehuin, cuyo material había llegado recién desde Europa y el Jardín Botánico, donde la inundación destruyó las plantaciones experimentales de forrajeras hechas con semillas adquiridas en Europa. Todas las facultades o centros de estudios de la Universidad Austral que hasta antes del sismo funcionaban en calle General Lagos quedaron seriamente dañados y trabajaron provisoriamente en la Isla Tejas, lugar en que se encontraban los laboratorios. Debieron construirse aceleradamente pabellones de emergencia en consideración a la gran cantidad de universitarios que vivían en pensiones u hoteles que resultaron totalmente destruidos o que quedaron inhabitables a raíz de los sismos.



La Casa Central de la Universidad Austral, antes y después del terremoto del 22 de mayo. (Fuente: Revista **Zig Zag**)

Figura 6.31. Daños en la casa Central de la Universidad Austral.

El alto costo de las reparaciones de los edificios dañados hizo que la mayoría de ellos fueran demolidos. Además debe destacarse que entre los edificios dañados había algunos de reciente data de construcción, muchos de ellos rodeaban la plaza de la República.

Por otro lado hubo edificios que sufrieron daños menores, entre ellos se destacan: el cuartel del Regimiento “Caupolicán”, el cuartel de Investigaciones, el Grupo Escolar de Valdivia, ubicado en calle Domeyko esquina de Phillips, y el Instituto Salesiano de Valdivia (**El Mercurio, La Unión**). El mejor ejemplo de buen comportamiento es el observado en el edificio del “*edificio Prales*” que enfrentaba la plaza de la República con sus diez pisos de departamentos y comercio en su parte inferior, el cual permaneció incólume, y el edificio del Hotel Pedro de Valdivia (Ver Figura 6.32), ubicado al frente del puente del mismo nombre. (**Re vista Zig Zag**).



Hotel "Pedro de Valdivia". No sufrió daño alguno. (Fuente: Revista *Zig Zag*)



Interior de la Escuela Normal. Este recinto fue destinado provisoriamente a ser un hospital; fue uno de los edificios que en Valdivia resistieron a toda la furia geológica. (Fuente: Revista *Zig Zag*)



Torreón construido en el siglo 17; sus 12 metros de alto resistieron la fuerza del sismo y las inundaciones. (Fuente: Revista *Ercilla*)



Edificio Prales (Steinbrugge and Flores, 1963)

Figura 6.32. Edificios que resistieron el terremoto en Valdivia.

Daños en obras civiles

Los daños en pavimentos fueron cuantiosos. La mayor parte de las calles se encontraban con su pavimento quebrado y desnivelado. Los pavimentos de adoquines sufrieron agrietamientos severos (ver Figura 6.33), de hasta dos metros de ancho (**El Sur**). Toda la Avenida Costanera de Valdivia quedó destrozada.



Fuente: Revista Zig Zag



Foto cortesía de E. Kausel

Figura 6.33. Daños de pavimentos en la costanera de Valdivia.

Para viajar hacia el norte, debía hacerse por el balsadero de San Javier, a dos kilómetros de Antilhue, mientras que para el sur las vías estaban transitables, aunque con algunas dificultades (**El Sur, El Mercurio**).

La Avenida Prat, a orillas del río, quedó con todo el malecón hundido, el cual con la crecida del río quedó bajo el agua, como igualmente estaban anegadas las poblaciones ribereñas y de la isla (**La Unión**).

El servicio ferroviario quedó interrumpido por daños en las obras de arte (**El Mercurio**).

Los grandes puentes sobre el río quedaron muy dañados, pudiendo utilizarse sólo por peatones. El puente “Pedro de Valdivia”, que une la ciudad con la Isla Teja, fue afectado en su extremo de tierra firme; quedando desaplomado el estribo y el primer machón de ese lado; además el terraplén de acceso tenía una gran grieta. El puente de “Las Ánimas”, sobre el Calle Calle,

presentaba desmoronamiento de los terraplenes en los dos accesos. El puente Calle Calle en el camino Longitudinal, quedó cortado para el tránsito de vehículos por el derrumbe de un tramo en la ribera de Las Ánimas (**El Mercurio, La Discusión, La Unión**).



Figura 6.34. Vista del terraplén de acceso del lado de la isla Teja. Puente Pedro de Valdivia (Álvarez, 1993).

El malecón de Valdivia, otro orgullo de la ciudad, quedó destruido en una extensión de cuatro cuadras. Apenas asomaban sobre el agua del río los techos de los quioscos, los embarcaderos, el mercado de productos ribereños y marinos. El único muelle habilitado de Valdivia, luego de ocurrido los sismos, fue el de la Aduana, el cual también quedó parcialmente destruido luego del azote del maremoto (**El Mercurio, La Unión**).

El aeródromo de Las Marías perdió 1.200 metros de la pista de aterrizaje. Sin embargo, el aeropuerto estuvo operable para realizar el puente aéreo mediante el cual se ayudaba a los damnificados (**El Sur**).

Un gran estanque de agua construido de hormigón armado presentó los daños mostrados en la Figura 6.35.

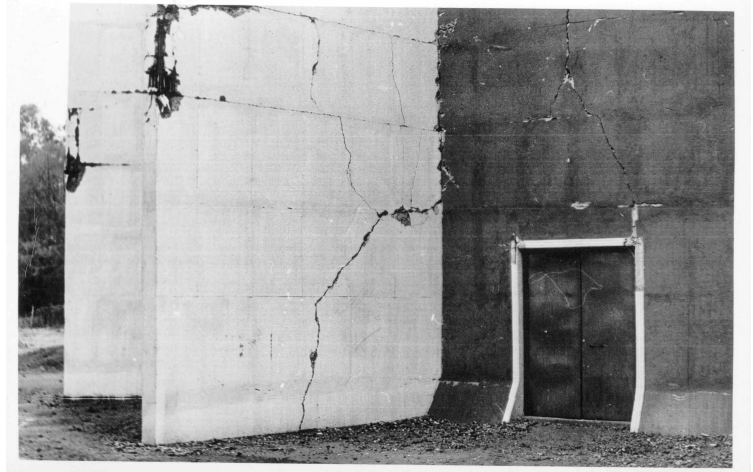
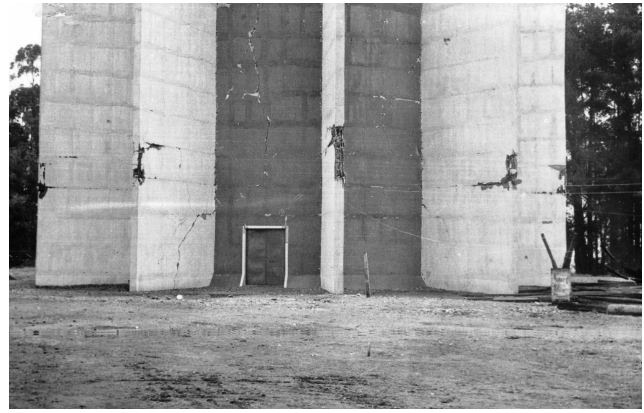


Figura 6.35. Daños en un estanque de agua de hormigón armado (Foto cortesía de E. Kausel)

Servicios

La ciudad careció hasta el día 23 de mayo de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica. También se vio interrumpido el servicio de gas y de teléfonos (**El Sur, Revista Veá**).

Desgracias Personales

El número de muertos reconocidos alcanzó a las 25 personas. Sin embargo, la prensa destaca que en la ciudad se calculaban al menos de 300 muertos y centenares de heridos (**El Mercurio, La Unión, Revista Ercilla**).

Otros datos

El río Valdivia se mantuvo con un nivel de 2 metros sobre su nivel normal y durante las crecidas el agua llegó hasta la misma ciudad. La topografía del lugar sufrió importantes transformaciones y por lo mismo se produjeron cambios en los límites naturales; ríos y esteros cambiaron su curso (**El Sur**).

La agricultura perdió una gran cantidad de hectáreas de tierra fértil, del orden de 25.000, provocando con ello el consiguiente problema de abastecimiento de productos de chacarería. Además 15.000 hectáreas estaban totalmente cubiertas por agua salada, la cual las inutilizaba para producir.

Otra amenaza que tuvo que soportar la ciudad fue el desborde del Lago Riñihue, donde los deslizamientos de los cerros obstaculizaron el desagüe de este lago al Río San Pedro, formando una presa natural. Dado su caudal, se preveía que en dos meses el agua acumulada sobrepasaría el último de los tacos, produciendo una enorme avalancha que cubriría todo Valdivia y las zonas aledañas. Según estimaciones de los técnicos, se calculaba que una masa líquida avanzaría sobre Valdivia arrasando cuanto encuentre a su paso en su recorrido de 82 kilómetros, desapareciendo los pueblos de Los Lagos, con 2.500 habitantes; Pishuinco, con 200 y probablemente Antilhue, con 2.000. También existía el peligro que la localidad de Reyelhue, con más de 2.000 habitantes pudiera ser afectada. De igual manera Huellehue, Punahue, Folilco, Santa Julia, Riñihue y Huidif estaban fuertemente amenazadas por la avalancha. Para evitar este desastre, ingenieros y técnicos de la ENDESA y del Ministerio de Obras Públicas comenzaron la llamada “*Operación Riñihue*”, que consistió en hacer un canal por el terreno no perturbado, de modo que el agua fluyera lo más lentamente posible como ocurrió finalmente.

Según Doyel et al. (1963), el resultado de los recorridos que se hicieron por el sector dañado de la ciudad (ver Figura 6.36) permitieron identificar el sector más dañado. Este sector estaba limitado al norte y al oeste por el río Calle Calle y al este y al sur por la avenida Bueras y ambas riberas del río, concentrándose el mayor daño en la parte baja de esta área.

Los sectores más dañados se localizaban dentro de las áreas pantanosas destacadas en el plano de la ciudad del año 1858 (ver Figura 6.37), es decir en zonas cubiertas por rellenos artificiales. En cambio en las zonas más altas, los daños son comparativamente menores como se pudo observar en los edificios del regimiento Caupolicán y en las casas de la Población Nueva vecina al edificio del hospital regional, construida con un primer piso de albañilería confinada y un segundo piso de madera.

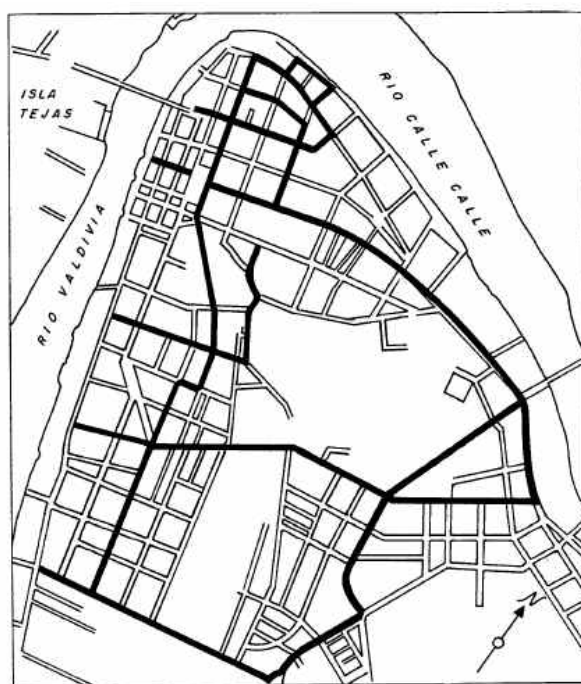


Figura 6.36. Recorridos seguidos durante la visita de reconocimiento de los daños (Recorridos destacados con trazo negro grueso).

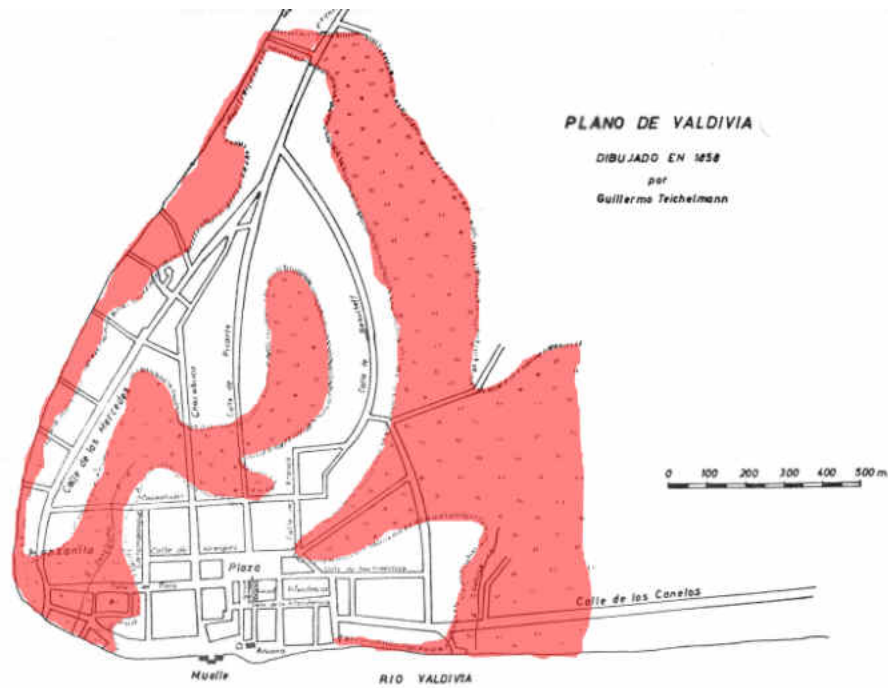


Figura 6.37. Sectores pantanosos (rojo) de la ciudad de Valdivia. Plano de 1858.

Estimación de la Intensidad

Según la prensa, la intensidad del terremoto fue de *VIII grados* en Valdivia (**La Unión**). Por otra parte, Álvarez (1963) estima una intensidad de *IX grados*, Weischet (1961) y Duke y Leeds (1963) de *X grados*, Watanabe y Karzulovic (1960) de *X grados* (ICMS) y Saint-Amand (1961) entre *VIII y XII grados*. Esta última estimación claramente reconoce que no es posible asignar un valor único de la intensidad para esta ciudad.

Con la información de daños reunida, se puede estimar la intensidad considerando que:

- Numerosas construcciones importantes que resultaron destruidas eran antiguas (Clases de vulnerabilidad del tipo A o B);
- Los ranchos o callampas y las casas de un piso sufrieron daños menores o igual a un grado G3 por los materiales empleados (Clases de vulnerabilidad tipo B),
- Las casas de materiales homogéneos fueron menos afectadas que aquellas con materiales construidas con diferentes materiales, por ejemplo madera y ladrillo, las que sufrieron

daños mayores debido a la falta de integridad de su estructura sismorresistente (Clase A de Vulnerabilidad).

- Las condiciones locales, especialmente el suelo de fundación, fueron determinantes en los daños observados aún en construcciones que pueden clasificarse como una clase de vulnerabilidad tipo B o C. En este sentido las construcciones ubicadas en el sector alto de la ciudad, fundadas en un suelo firme, resultaron menos afectadas, pero igualmente sufrieron la caída de las chimeneas y cortafuegos de albañilería u hormigón.
- Se puede considerar que entre un 70% y un 80% de las viviendas del sector más afectado de la ciudad de Valdivia resultaron dañadas, de las cuales un 40% a 50% correspondían a construcciones que quedaron destruidas (daños grados G4 y G5), otro 30% quedaron en precarias condiciones para ser habitadas (daño G3), y el resto se salvó de la catástrofe (daños de grado menor que G2).
- Según el Instituto de Economía de la Universidad de Chile, la construcción predominante era de madera, y la pérdida de viviendas alcanzó al 32% de las casas.

Considerando que las viviendas correspondían a una Clase B de vulnerabilidad, se puede estimar que la intensidad fue menor o igual que **VIII grados** para la parte alta de la ciudad, y del orden de **IX grados** en la parte central y cercana al río.

Estos valores quedan confirmados al analizar la información proporcionada por Steinbrugge and Flores considerando la escala MSK, ver Figura 6.38.

“No detailed study of dwelling damage was made by the Faculty of Architecture of the University of Chile for the city of Valdivia and for the more southerly regions, such as was made for Concepcion. However, some general comments can be made with respect to the construction types as given in Table 1 and its explanatory text.

- A Steel frame structures
- B Reinforced concrete structures: Satisfactory behavior when well designed and when well constructed with good materials. ⇒ Clase de vulnerabilidad *Tipo C, VIII* → 5% G3, 50% G2 o *Tipo D*.
- C-1 Confined brick: Satisfactory behavior when well designed and when well constructed with good materials.
- C-2 Unreinforced brick: Usually not extensively damaged when provided with interior cross walls, which were tied into the exterior brick masonry. However, many (50%) buildings of this type had extensive damage ⇒ *Tipo B, VIII* → (50%-G3).
- C-3 Confined hollow block masonry: Satisfactory behavior when well designed and when well constructed with good materials.
- C-4 Unreinforced hollow block masonry
- C-5 C-1 and C-2 combined
- E-1 Wood frame (*Wood studs with wood sheathing*): Wood frame structures performed badly in many instances (50% o más G4 y G5) because of poor workmanship (such as *poorly nailed connections* that could not resist large horizontal forces). Severe damage occurred in many cases when the dwelling fell because of the overturning or other failure of the *wood posts that supported the first floor*. Decayed wooden framing near the foundations was common because of the generally *prevalent unfavorable moisture conditions*. ⇒ *Clase de vulnerabilidad Tipo B, IX* → (55%-G4 y G5).
- E-2 Timber with masonry (*Wood frame with some masonry or concrete. Interior partitions may be of brick or adobe. Exterior walls may be panel walls or self-bearing walls of brick, adobe, or lightly reinforced concrete*): The combination of wood frame with lightly reinforced concrete or unreinforced brick was often very hazardous. For example, the unbraced reinforced concrete firewalls on property lines between wooden buildings often fell, destroying or severely damaging one of the adjoining wood frame houses. The failure of masonry fronts on otherwise wood frame structures caused damage or even collapse to the wood frame structures.
- F Unreinforced adobe.”

Figura 6.38. Comentarios Steinbrugge and Flores (1963).

La intensidad de *X grados* estimada por Duke y Leeds (1963) y Watanabe y Karzulovic (1960), es exagerada si se considera que para este valor el 100% de la viviendas hubiesen quedado inhabitables (G3 -15% y G4 y G5 -85%). Esta última situación no se observa en las fotos de las figuras que se adjuntan ni tampoco representa los comentarios destacados por Steinbrugge and Flores (1963).

6.4. X REGIÓN DE LOS LAGOS

6.4.1. Achao

Aunque el terremoto y el maremoto ocurridos el 22 de mayo produjeron gran destrucción en la provincia de Chiloé, la localidad de Achao no sufrió daños de consideración (<http://www.islaquinchao.com>) salvo el hecho de que quedó aislada debido al corte de puentes y caminos y a los derrumbes producidos en las inmediaciones de estos últimos por el terremoto (**El Mercurio**).

La información de prensa destaca que el 40% de las viviendas resultaron destruidas y el 20% dañadas, debiéndose demoler algunas casas ubicadas en la parte alta de esta localidad (**El Mercurio**). En relación con los edificios de uso público, la iglesia parroquial sufrió daños de consideración (**El Llanquihue**); sin embargo pudo ser reparada y actualmente ha sido declarada monumento nacional (ver Figura 6.39). El hospital viejo de Achao pasó a formar parte de las construcciones que quedaron en estado ruinoso debido al terremoto (**El Llanquihue**).



Figura 6.39. Iglesia parroquial de Arauco.

El faro ubicado en Achao se destruyó, como también ocurrió con otros faros ubicados en algunas islas vecinas.

Estimación de la intensidad

Considerando que las viviendas eran mayoritariamente de madera sin mantención y que eran construidas por sus propietarios, aprovechando la abundancia de este material en la región y el conocimiento de una técnica que forma parte de la cultura regional, se puede considerar que ellas pertenecían a una Clase B de vulnerabilidad. Teniendo en cuenta esta clasificación y aceptando que el 40% de viviendas destruidas presentaron daños de los grados G3 a G4, y que el 20% de viviendas de ellas presentaron daños de grados G1 y G2, se puede estimar que la intensidad fue de **VII-VIII grados**.

6.4.2. Ancud

En esta ciudad, los daños más espectaculares se debieron al maremoto. Según la prensa, tres salidas de mar arrasaron con gran parte de la ciudad y del puerto de Ancud (**El Sur, La Unión**). El mar penetró en la ciudad con una altura de ocho metros por sobre el nivel normal, arrasando totalmente con la parte baja y llegando a 50 m de la plaza (**Revista Ercilla**), la que se ubica a una altura de unos 15 metros sobre el nivel del mar, alcanzando además la estación de ferrocarriles (**El Llanquihue**). Muchas casas de las poblaciones Pudeto, la Arena y el Castillo y del sector de la bahía fueron destruidas o arrastradas por las marejadas (**El Mercurio, El Llanquihue**). Además fueron totalmente arrasados la caleta, la estación de Ancud y los bancos de centollas ubicados a escasos metros de la orilla del mar.



Figura 6.40. Vistas de Ancud antes del terremoto.



Población La Arena

Figura 6.41. Vistas de Ancud antes del terremoto.

Los daños materiales producto del maremoto correspondieron a la pérdida de 250 embarcaciones, la destrucción del muelle (**Revista Zig Zag, Revista Ercilla**) y la destrucción de unas 300 casas (**El Mercurio**), las que fueron sacadas de sus cimientos y arrastradas unos 400 metros mar adentro (**La Discusión, La Unión**). El maremoto causó además centenares de víctimas (**El Mercurio**).

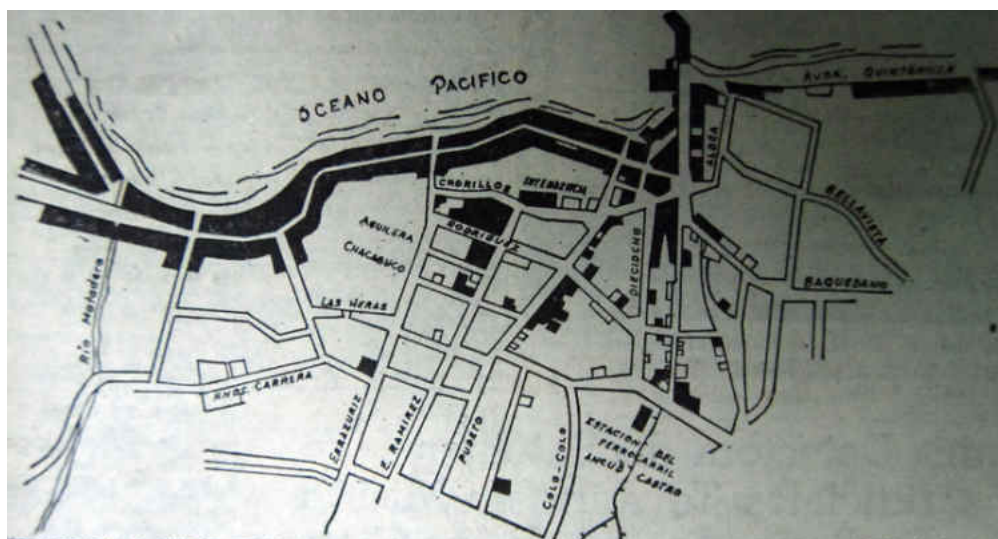


Figura 6.42. Daños en Ancud.

Producto del maremoto hubo pueblos cercanos a Ancud que desaparecieron, entre los que figuraban Caulín, con 70 casas, Manao con 75 casas, Carelmapu con 60 viviendas y Pudeto con 200 casas. Muchos de sus habitantes alcanzaron a huir con la excepción de la población de Caulín los que fueron atrapados por el maremoto, desconociéndose el total de víctimas. En Pudeto, el edificio de la Caja de Colonización fue arrancado de raíz, viajando con sus tres pisos por el canal y cortando el puente Pudeto (**Revista Vea**).

El terremoto del día 22 de mayo dejó un sector de la ciudad de Ancud casi en el suelo, estimándose una destrucción entre el 50% y el 60% de las casas y edificios de la ciudad (**La Unión, El Sur**) y quedando sin hogar entre 2.200 y 3.000 de los 20.000 habitantes de Ancud. De ellas, unas 2.500 habitaban en el barrio La Arena (**El Sur, El Llanquihue**).

El terremoto destruyó especialmente el sector que estaba edificado en la zona baja (**Revista Vea**), como se aprecia en el mapa de daños de la Figura 6.43 y en la vista de la ciudad de la Figura 6.44.



Plano hecho llegar por el Alcalde de la ciudad de Ancud al diario “El Mercurio” en 1960. En él se representan los destrozos causados por los sismos de mayo de 1960. Lo marcado en negro, correspondía a las zonas de poblaciones y construcciones totalmente destruidas. Lo restante, que sólo lleva línea continua, eran las construcciones semidestruidas.

Figura 6.43. Mapa de daños de Ancud.

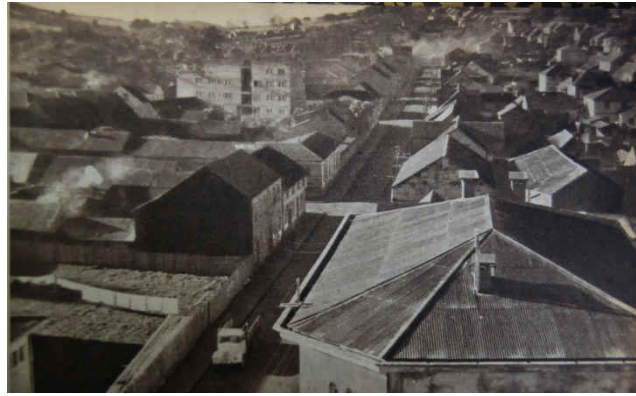


Figura 6.44. Vista de la ciudad de Ancud después del terremoto (Revista Zig Zag).

La prensa destaca que la zona más asolada por los sismos y el maremoto fue, después de Valdivia, la ciudad de Ancud.

Daños en viviendas

En relación con el daño en viviendas, las cifras que destaca la prensa son las siguientes:

- “El Mercurio” indica que el 60% de la edificación particular quedó destruida o inhabitable (G3 o mayor) y que en los barrios Pudeto y La Arena fueron arrasadas por el maremoto más de 60 casas, cifra que coincide con la indicada por “El Sur”.
- “El Sur” afirma que el 50% de las casas y edificios quedaron inhabitables (G3 o mayor).
- “La Unión” destaca que el 60% de los edificios quedaron destruidos.
- La revista “Zig Zag” indica que según cifras oficiales, el 60% de las casas fue convertido en ruinas.

Además, la ciudad sufrió 17 incendios causados por cortos circuitos y por los fuegos de las cocinas.

Otras estadísticas entregadas por “El Mercurio”, indican que las construcciones desaparecidas con el maremoto alcanzaron a 253. En cuanto a las destruidas por el terremoto, ellas responden al siguiente detalle:

- Totalmente destruidas: 31
- Semidestruídas (inhabitables): 33
- Total en zona urbana de Ancud: 317.

En resumen, se puede destacar que el daño en viviendas de la ciudad de Ancud estuvo determinado por el terremoto, el maremoto y por algunos incendios.



(Fuente: La Unión)



Vista calle Serrano. (Fuente: Revista Ercilla)



(Fuente: Revista Vea)



(Fuente: Revista Vea)

Figura 6.45. Daños debido al efecto del terremoto en la ciudad de Ancud.

Daños en edificios de uso público

Los edificios de uso público afectados por el maremoto y el terremoto fueron, entre otros: el Arzobispado; la caja de Colonización, el cual fue encontrado a más de dos kilómetros de distancia, en la cancha del club aéreo; el Banco del Estado; Correos y Telégrafos; Impuestos Internos; Vialidad; la Catedral; la Gobernación; la Capitanía de Puerto; la Intendencia; la Aduana; el Mercado; el Cuartel de Investigaciones; las Escuelas N°1 y N°2; el Liceo de Hombres; el Seminario; la sala de Pediatría del Hospital y el edificio de Carabineros (**El Sur, El Llanquihue, La Unión, El Mercurio, La Discusión**).

Por los niveles de daños, debieron ser demolidos el edificio de la Catedral y el Liceo. En particular, en la iglesia Catedral, reliquia y orgullo de esta ciudad, se derribó su parte más importante y de mayor valor, perdiendo así Ancud lo mejor que tenía frente a su hermosa plaza. Esta catedral tenía una construcción avanzada desde 1902, y tenía un armazón de gruesos rieles apernados firmemente.

Según el diario “El Mercurio” la mitad de la Intendencia resultó destruida, mientras que “La Discusión” afirma que el Arzobispado, Correos y Telégrafos, y partes de la Catedral y de la Gobernación fueron destruidos por el mar.

Entre los edificios de uso público que sobrevivieron al terremoto se pueden destacar el Liceo Coeducacional, el Cuerpo de Bomberos y la Escuela Normal.

Daños en Obras civiles

Las obras civiles más afectadas por el terremoto fueron los caminos, los que quedaron cortados por los derrumbes de terraplenes, rotura de alcantarillas y destrucción de puentes, como fue el caso del puente Pudeto, San Antonio y otros puentes menores que dejaron a la ciudad de Ancud completamente aislada (**El Sur, El Mercurio, El Llanquihue**). El daño del puente Pudeto hizo que la comunicación a Chacao quedara interrumpida, lo que obligó a establecer balseo de emergencia. El daño del puente San Antonio, afectó la comunicación con Castro a unos 35 kilómetros de Ancud.

Además de los efectos del terremoto en los caminos de la zona, se deben destacar los efectos del maremoto en su área de inundación, zona en la cual prácticamente desaparecieron los caminos.

Producto de estos daños, las comunicaciones terrestres con las localidades de Castro, Quemchi, Chacao, Manao y otros puntos se vieron interrumpidas (**El Mercurio**).

El ferrocarril de Ancud a Castro resultó destrozado. Además, el puente Puntra del ferrocarril fue barrido desde sus bases.

Las obras portuarias y marítimas también fueron afectadas, destacándose el daño del muelle de Ancud, el cual desapareció completamente por el maremoto (**El Sur**). También fue destruido el faro “Corona” ubicado frente a Ancud (**La Unión, La Discusión**).

Servicios

Todos los servicios esenciales (agua potable y energía eléctrica) quedaron interrumpidos después del terremoto (**El Mercurio**).

Desgracias Personales

El número de víctimas del terremoto en esta localidad es incierto. Según el diario “El Sur”, hubo 115 desaparecidos y alrededor de 2.500 personas tuvieron que ser atendidas por contusiones y heridas graves. En ediciones posteriores, este diario indica que los desaparecidos eran muchos e imposible de calcular, y que muchas de las víctimas correspondían a gente que se dedicaba al cultivo de ostras.

Por su parte, el diario “El Llanquihue” indica que la cifra de personas muertas y desaparecidas no fue menor que 300. El Mercurio, en cambio, señala que fueron 11 los muertos en Ancud y que hubo 19 heridos; el diario “La Discusión” y “La Unión” destacan que los desaparecidos fueron 130 y los fallecidos 20. Por último, la Revista Ercilla indica que no había más de 35 muertos oficiales, pero los desaparecidos subían a más de 300.

De la información reunida se puede destacar que los muertos y desaparecidos fueron del orden de 300 habitantes.

Estimación de la intensidad

Según el diario “La Unión” y Saint-Amand (1961), el sismo tuvo una intensidad de *VIII* y *VIII*⁺ *grados* en Ancud. Galli y Sanchez (1963) estimaron una intensidad igual a *IX grados* en el sector más afectado de Ancud, considerando los daños observados en una visita y la información proporcionada por los habitantes del lugar. Según Duke y Leeds (1963), la intensidad en Ancud fue de *VII grados*. Este último valor es incorrecto debido a que no representa los colapsos parciales que muestran las fotos del lugar después del terremoto si se acepta que las viviendas correspondían a construcciones de la Clase B de vulnerabilidad.

Según Galli y Sanchez (1963), la intensidad de *IX grados* correspondía al sector ubicado en el borde de una de las terrazas y en los depósitos aluviales a lo largo del Río Pudeto; además reconocen que los efectos del maremoto impiden estimar los daños producidos por el terremoto en los depósitos que se encuentran a la orilla de la costa (depósitos marinos y rellenos artificiales).

Con la información de daños en viviendas entregada por la prensa y aceptando que las viviendas correspondían a construcciones de la Clase B de Vulnerabilidad, considerando que un 60% de las viviendas sufrió un daño mayor o igual a G3 (destruidas), se puede estimar que la intensidad fue del orden de ***VIII-IX grados***. Este valor representa de buena manera los daños que se muestran en la Figura 6.45 donde se observan un número importante de colapsos parciales (G4).

De acuerdo con el plano de daños de la Figura 6.43, esta intensidad representa lo que ocurrió en un sector de la ciudad, lo que indica que las condiciones locales de los suelos de fundación influyeron en los daños y ello debe tenerse en cuenta al usar este valor de la intensidad. En el ***sector más alto de la ciudad***, la intensidad puede haber sido por lo menos ***un grado menor***, de acuerdo con lo que muestra la vista de la Figura 6.44.

6.4.3. Bahía Mansa

Bahía Mansa era un puerto inaugurado sólo siete meses antes que ocurrieran los terremotos y daba salida a los productos de la zona de Osorno. Sus instalaciones se vieron afectadas por la salida de mar (**El Mercurio, La Discusión, El Sur**).

Además de los daños en las instalaciones del puerto, en esta localidad se produjo un asentamiento de la costa, presentando el propio muelle una ondulación de su superficie con variaciones que fluctuaban entre uno y dos metros.

Las Figura 6.46 y Figura 6.47 muestran el estado en que quedó el muelle luego del maremoto.



Figura 6.46. Daños en el muelle a raíz del maremoto. Una ola de 8 metros produjo el corte del muelle tal como se aprecia en la imagen. (Foto cortesía de E. Kausel)



Figura 6.47. Vista del muelle de Bahía Mansa luego del maremoto.

Estimación de la Intensidad

Con la información reunida no se puede estimar la intensidad en esta localidad. Considerando el asentamiento observado en este sector, se puede aceptar que estaba ubicado dentro del área de ruptura del terremoto, por lo que la intensidad debe ser mayor o igual a un *grado VIII*.

6.4.4. Calafquén

La información encontrada en la prensa es escasa y poco detallada. “El Mercurio” informa que el 100% de las casas resultaron destruidas y dañadas y que hubo 158 muertos y 102 desaparecidos, sin precisar las causas que originaron este gran número de víctimas.

Producto de la falta de información no se puede estimar la intensidad en esta localidad.

6.4.5. Calbuco

El Departamento de Calbuco fue el menos afectado de la provincia de Llanquihue (**El Sur**), lo que se vio reflejado en que el pueblo de Calbuco fue uno de los pocos pueblos que estando en el área epicentral del movimiento, salió airoso de la catástrofe (**El Llanquihue**).

Los edificios destruidos (G4 y G5) en el sector urbano fueron del orden de 10 a 15 y otras tantas casas quedaron en mal estado (G2 a G3), las que fueron evacuadas (**El Llanquihue, El Mercurio, La Discusión**). Decenas de chimeneas de concreto y algunos cortafuegos no resistieron la acción del sismo y sus derrumbes (G3) provocaron daños mayores en algunos casos. Haciendo una comparación con Puerto Varas, se destaca que el daño en Calbuco fue menor (**La Unión**).

En los sectores rurales vecinos a Calbuco hubo mayor destrucción, alcanzando las casas destruidas a un 80%, representando en cifras del orden de 63 unidades (**El Mercurio, La Discusión**).

Daños en instalaciones Industriales

Dos fábricas de conservas fueron seriamente afectadas, debiendo paralizar sus actividades (**El Llanquihue, El Mercurio**).

Daños en edificios de uso público

El Edificio del Grupo Escolar de la Sociedad Constructora de Establecimientos Educativos mostró algunas grietas en su estructura interna (**El Llanquihue**), además resultaron dañadas algunas escuelas rurales. En general, las oficinas públicas dejaron de funcionar (**El Mercurio**).

Caminos y servicios

Los caminos a Puerto Montt quedaron cortados (**El Sur**). El agua potable, la energía eléctrica y las comunicaciones resultaron interrumpidas debido a los movimientos sísmicos (**El Mercurio y La Discusión**).

Desgracias Personales

En la ciudad de Calbuco hubo una víctima fatal (**El Llanquihue, El Mercurio**). Sin embargo, en la localidad de Chauque, once personas fallecieron sepultadas por un deslizamiento de un cerro. En la localidad de El Rosario murieron doce personas.

Estimación de la intensidad

Teniendo en cuenta los daños en las chimeneas, el reducido número de viviendas con daños mayores que un grado G3 y aceptando que las viviendas de este lugar eran de la Clase B de vulnerabilidad, se puede estimar que la intensidad fue de mayor que un *grado VII* pero no mayor que un *grado VIII*, por lo que se estima una intensidad de **VII-VIII grados**.

6.4.6. Carelmapu

Esta caleta de pescadores de la provincia de Llanquihue, está ubicada a 16 kilómetros de Maullín y a 100 kilómetros de Puerto Montt. El mar avanzó por la zona costera e inundó parte de la población, instalaciones de faenas pesqueras y siete kilómetros del único camino que la unía con Maullín (**Revista Vea**). El terremoto y el maremoto hicieron desaparecer 30 viviendas, otras 40 quedaron gravemente afectadas y las 45 restantes que completaban el caserío necesitaban reparaciones (**Revista Vea**).

No hubo muertos ni desaparecidos, hubo un solo herido (**El Llanquihue**).

Estimación de la Intensidad

Las cifras de viviendas afectadas permiten estimar que la intensidad fue **menor que un grado VIII** si se acepta que las viviendas eran de una Clase B de vulnerabilidad y que de ellas un 50% quedaron con daños mayores o iguales a un nivel G3 y el resto, que pudo ser reparadas, un daño menor o igual a un nivel G2.

6.4.7. Castro

Castro fue la ciudad con mayor número de problemas de la isla de Chiloé, debido a que se vio afectada por el maremoto, el temblor y el incendio que destruyó parte del sector comercial de la ciudad, reduciendo a cenizas la mejor edificación a lo largo de tres cuadras de la calle Blanco (**El Llanquihue, El Mercurio, Revista Vea**).

Los incendios que se produjeron pocos minutos después del terremoto del 22 de mayo, no pudieron ser controlados rápidamente, ya que las cañerías de agua habían sido dañadas por el terremoto, debiéndose dinamitar algunas casas para evitar la propagación del fuego. Estos incendios redujeron a cenizas el 60% de las casas del sector afectado (**Revista Ercilla**).



Edificio de la Ilustre Municipalidad de Castro



Calle Blanco

Figura 6.48. Fotos de la ciudad de Castro antes del terremoto.

Las aguas cubrieron parte del Edificio Municipal y totalmente la calle Lillo ubicada en la parte baja de la ciudad. Las salidas de mar arrasaron las casas y destruyeron totalmente las obras del puerto.

El 80% de las viviendas y edificios resultó gravemente afectado por el terremoto (G3 o mayor), la salida del mar o los incendios (**Revista Vea, La Unión**). El 20% restante, sin sufrir una destrucción, representaban un grave peligro para sus moradores. Otras informaciones de prensa indican que las viviendas destruidas se calculaban entre un 50 % y un 60% (G3 o mayor) (**Revista Ercilla, El Mercurio**).

Cualquiera sea la cifra correcta de viviendas destruidas, ésta es alta e hizo que diez manzanas fueran declaradas zonas inhabitables. La magnitud de estos daños se muestra en la Figura 6.49.



Las estructuras mal diseñadas produjeron en las zonas afectadas por los terremotos daños similares a los que aquí se observan. (Fuente: El Mercurio)



Así quedó el 80% de las viviendas de Castro. Lo que no fue derrumbado por el terremoto, fue reducido a cenizas por una serie de incendios, en los mismos momentos en que el sector bajo del puerto era inundado por el mar. (Fuente: Revista Vea)



Inundación en los sectores ribereños. (Fuente: www.memoriachilena.cl)



(Fuente: www.memoriachilena.cl).



Figura 6.49. Daños en la ciudad de Castro.

Las casas ubicadas en los cerros sufrieron los mayores destrozos; en estos sectores hubo grietas en la superficie del terreno y deslizamientos (**La Unión**). Los sectores ribereños sufrieron los efectos del maremoto, quedando sumergidos bajo el agua como se aprecia en la Figura 6.49, y producto de ello debieron evacuarse 400 familias residentes de las poblaciones ribereñas a distintos sectores altos de la ciudad.

Daños en industrias y comercio

La actividad comercial del centro de la ciudad se vio seriamente afectada por el incendio, especialmente la de las calles Blanco, Serrano, Lillo, Avenida Pedro Montt y Thompson, causando enormes pérdidas económicas (**El Llanquihue**).

La actividad industrial se desarrollaba en torno de la agricultura y es así como los daños en los campos perjudicaron gravemente a la producción agrícola y ganadera por la destrucción de las bodegas, galpones de forraje y lecherías. Además se destruyeron muchos molinos (**El Mercurio**).

Daños en edificios de uso público

Uno de los edificios de uso público más afectado por el terremoto fue el edificio de la Ilustre Municipalidad de Castro (**El Llanquihue**). El estado en que quedó este edificio se muestra en la Figura 6.50.



(Fuente: Revista Vea)



(Fuente: Revista Vea)



(Fuente: www.memoriachilena.cl)



Monumento descabezado. (Fuente: Revista Vea)

Figura 6.50. Daños en la Ilustre Municipalidad de Castro.

Como se aprecia en la Figura 6.50, las aguas salieron en este puerto hasta cubrir parte del edificio Municipal, en la explanada, y totalmente la calle Lillo que se encuentra en la parte baja de la población.

La Estación de Ferrocarriles quedó totalmente inundada (**El Mercurio, El Llanquihue**) y los edificios recién construidos para la Aduana, fueron destrozados casi por completo por el mar y el sismo (**La Unión**).

El hospital de Castro sufrió daños severos por lo que debió ser demolido. El Liceo y el Estadio, en cambio, quedaron en buen estado, sirviendo de albergue de los damnificados (**La Discusión, Revista Vea**).

Daños en Obras civiles

Hubo destrucción de caminos y puentes en toda la zona. Los caminos quedaron cortados y las calles quedaron levantadas y sumamente agrietadas luego de los sismos (**El Mercurio**).

La cancha de aterrizaje de aviones con una extensión de mil metros, quedó habilitada (**El Mercurio**). Sin embargo, la Revista “Zig Zag” afirma que las salidas de mar destruyeron las pistas de aterrizaje.

Entre las obras portuarias afectadas se destacan el molo de atraque, obra en construcción cuando ocurrió el terremoto (**El Llanquihue, El Mercurio, Revista Vea**), los almacenes de la aduana y de la Empresa Marítima del Estado y la explanada del puerto, recién pavimentada (**El Llanquihue**).

Daños en los Servicios

La ciudad quedó sin luz ni agua y las posibilidades de reparación de estos servicios fueron difíciles (**La Unión, La Discusión, El Mercurio**).

Desgracias Personales

La cifra de muertos en esta ciudad no es clara; según el diario “El Mercurio” hubo 5 muertos, mientras que la Revista “Ercilla” y el diario “La Discusión” indican que los muertos fueron sólo 2.

Estimación de la Intensidad

Como dato adicional, es destacable que la población de Castro sintió el terremoto del 21 de mayo, pero sin mayores consecuencias (**Revista Ercilla**).

Con los niveles de daño destacados por la prensa y el testimonio fotográfico de ellos y aceptando que las construcciones afectadas correspondían a una Clase B de vulnerabilidad, se puede estimar

la intensidad en la ciudad de Castro fue de *VIII grados*. Este valor coincide con el valor propuesto por Galli y Sánchez (1963) y por Saint-Amand (1961), basado en los daños experimentados por diferentes estructuras. Según Galli y Sanchez (1963), en los sectores ubicados en pendiente (“on some steep slopes”), la intensidad fue de *X grados*.

Con la estadística de daños entregada por Galli y Sanchez (1963) y usando la metodología propuesta por Monge y Astroza (1969), para el sector de la ciudad de Castro ubicado sobre la terraza intermedia se obtiene un grado medio de daño igual a 1.69, lo que corresponde a una intensidad de *VII-VIII grados* para viviendas de la Clase B de vulnerabilidad. Para el sector ubicado en la ladera, se obtiene un grado medio de daño igual a 3.33, lo que corresponde a una intensidad de *IX grados*, valor que también representa la intensidad en el sector ubicado en el borde de la terraza intermedia donde el grado medio de daño es igual 3.64 según la estadística de daños proporcionada por Galli y Sanchez (1963).

Resumiendo, se considera que la intensidad en la ciudad de Castro fue de *VII- VIII grados*, valor que puede aumentar en $\frac{1}{2}$ *grado* por las condiciones locales destacadas por Galli y Sanchez (1963). Además, no es aceptable considerar un incremento de 2 grados por efecto de las condiciones locales, como lo sugieren Galli y Sanchez, ya que ello significa tener un grado medio de daño igual a 4.35.

6.4.8. Chacao

En esta localidad el 25% de las casas resultaron destruidas (**La Unión**) y 10 de ellas quedaron en esta condición por la salida del mar (**El Sur, La Discusión y La Unión**).

Con la información disponible no es posible estimar una intensidad en esta localidad, pero se puede considerar que ella fue menor que la intensidad en Ancud.

6.4.9. Chaitén

En Chaitén no hubo daños de consideración (**El Llanquihue**). El hecho que se reconozca que los daños no fueron de consideración (G1 o menor) significa que la intensidad fue del orden de **VI grados** si se considera que las viviendas correspondían a una Clase B de vulnerabilidad.

En Balaihué por ejemplo, el temblor pasó inadvertido, notándose solamente una muy alta marea.

6.4.10. Chonchi

En el pueblo de Chonchi resultaron el 60% de las casas afectadas (G2 o mayor) (**El Mercurio, Revista Ercilla**). Los daños mayores se produjeron en las casas ribereñas las que tuvieron que ser demolidas (**El Llanquihue**).

Este pueblo sufrió la interrupción de los servicios vitales de agua potable y energía eléctrica. También se vieron interrumpidas las comunicaciones con el resto del país (**El Mercurio, El Llanquihue**).

Se registraron cinco muertos en esta localidad (**El Llanquihue**).

Estimación de la Intensidad

Aunque la prensa no entrega información detallada de los daños producidos por el movimiento sísmico, la cifra de 60% de casas afectadas permite hacer una estimación de la intensidad. Si se acepta que estas viviendas presentaron un nivel de daño del tipo G2 o mayor y que ellas correspondían a una Clase B de vulnerabilidad, la intensidad estimada es de **VII grados**.

6.4.11. Cucao

Cucao sufrió cuantiosos daños a raíz del terremoto y maremoto del 22 de mayo, quedando totalmente cubierto por el mar, aunque sus pobladores lograron huir a los cerros. (**El Llanquihue, La Unión**). El maremoto arrasó con 22 casas de la población y otras 32 quedaron destruidas parcialmente (**La Unión**).

Con la información anterior es imposible estimar una intensidad para Cucao debido a que no se puede diferenciar entre el daño producido por el terremoto y el maremoto.

6.4.12. Dalcahue

La información reportada destaca derrumbes de murallas y de bodegas (**El Mercurio**). Los derrumbes señalados permiten estimar una *intensidad mínima* para Dalcahue de **VII-VIII grados** si se considera que las construcciones eran de una Clase B de vulnerabilidad.

6.4.13. Entre Lagos

Las instalaciones madereras de Entre Lagos resultaron destruidas y hubo daños de regular gravedad en la iglesia (**El Mercurio**). La información reunida no permite estimar un valor para la intensidad; sólo se puede destacar que fue mayor que **VI grados**.

6.4.14. Fresia

Según la prensa la destrucción en Fresia fue menor que en Puerto Varas (**La Unión**). Los daños producidos por el sismo en las viviendas no fueron muy grandes y se produjeron en las viviendas ocupadas por la población más modesta, quedando 45 familias sin casa (**El Llanquihue**).

El 50% de las casas quedaron destruidas e inhabitables (G3 o mayor) (**Revista Vea**). En general, las casas de madera bien construidas resistieron el sismo; no así las construcciones altas o mal construidas que quedaron convertidas en cerros de escombros, y correspondían al 50% señalado.

Daños en las instalaciones industriales y edificios de uso público

En general, Fresia perdió un porcentaje importante de sus industrias. Entre las instalaciones industriales afectadas se encontraban: el molino, las bodegas de INACO y la planta de Lechera del Sur, las cuales quedaron destruidas (**El Llanquihue**).

El terremoto causó la destrucción del salón del Cuerpo de Bomberos y produjo la inhabilitación del Hospital. Algunas obras en construcción como la Iglesia y el Gimnasio Cerrado, sufrieron daños severos.

En particular, el Hospital sufrió daños ocasionados por la caída del estanque de agua. La casa del médico jefe quedó inhabitable; esta vivienda era una construcción con aproximadamente dos años de ocupación. En cambio, el Grupo Escolar quedó en buenas condiciones (**El Llanquihue**)

La Estación de Ferrocarriles sufrió daños de diferente magnitud, necesitando reparaciones en varias de sus dependencias como eran la casa del cambiador, la casa del jefe de estación, la casa campamento de las cuadrillas, la bodega de carga y los corrales de embarques de animales (**El Llanquihue**).

Desgracias Personales

Según el diario “La Unión” hubo 40 muertos y un desaparecido en la comuna de Fresia.

Estimación de la Intensidad

De acuerdo con los antecedentes reunidos, el 50% de las viviendas resultaron destruidas e inhabitables (grado de daño 3 a 4), las que se caracterizaban por ser construcciones altas y mal

construidas, es decir, construcciones de una Clase A de vulnerabilidad. Considerando esta información, se puede estimar que la intensidad en Fresia fue de **VII grados**.

6.4.15. Frutillar

El terremoto no tuvo consecuencias demasiado graves en Frutillar Alto, sin embargo el sector de Frutillar Bajo fue afectado en forma especial en sus calles y aceras las que fueron parcialmente destruidas (**EL Llanquihue**). En términos relativo, en Frutillar la destrucción fue menor que en Puerto Varas (**La Unión**)

Las viviendas de Frutillar Alto sufrieron el derrumbe de casi todas sus chimeneas (G3), y varias viviendas, especialmente las pertenecientes a la gente modesta, quedaron en estado inhabitable (G3), afectando a 30 familias (**El Llanquihue**). En Frutillar Bajo, en cambio, varias casas quedaron inhabitables (G3 o mayor) y sus dueños tuvieron que demolerlas.

En general, se puede destacar que el 20% de las habitaciones resultaron destruidas e inhabitables, mientras que el 98% de los galpones resultó destruido.

Daños en instalaciones industriales y edificios de uso público

Algunas bodegas ubicadas en Frutillar Alto resultaron destruidas totalmente, siendo la más afectada la bodega de seis pisos de la Cooperativa Agrícola, la que se derrumbó y destruyó totalmente. En Frutillar Bajo, bodegas, galpones y garajes fueron seriamente dañados. La Fábrica de Chuño y Molino de Casta quedaron totalmente destruidos (**El Llanquihue**).

La Ilustre Municipalidad resultó semidestruida, como igualmente el Cuartel de Bomberos. Los retenes de Carabineros quedaron con serias averías y el Hospital igualmente con algunas averías. El cementerio de Frutillar, ubicado en las riberas del Lago Llanquihue se derrumbó en casi un 30% cayendo muchos de los ataúdes al lago. La Escuela N° 4 de Frutillar Bajo quedó en muy mal estado a consecuencias del terremoto; el edificio que ocupaba esta escuela fiscal fue edificado entre 1836 y 1891, junto con la fundación de Frutillar Bajo (**El Llanquihue**).

El hospital de Frutillar no sufrió destrucciones de magnitud. La casa del médico fue la más afectada (**El Mercurio**).

Daños en obras civiles

Además de los daños destacados en las calles y aceras de Frutillar Bajo, el camino de acceso al Hospital resultó afectado por un derrumbe, como también la denominada Quebrada del Peligro (**El Llanquihue**).

Las instalaciones de ferrocarriles no fueron mayormente afectadas, destacándose sólo los serios daños ocasionados en una bodega en construcción ubicada en la estación de Frutillar Alto (**El Llanquihue**).

Desgracias Personales

En Frutillar murieron dos menores (**El Llanquihue**).

Estimación de la Intensidad

Según Duke y Leeds, la intensidad en Frutillar fue de *VIII grados*, y según Watanabe y Karzulovic de *VII a VIII grados* en la escala de Cancani-Mercalli-Sieber.

De acuerdo con lo destacado por la prensa, los daños Frutillar Bajo fueron mayores que en Frutillar Alto. En la parte alta casi todas las casas sufrieron la caída de sus chimeneas, pero no hubo daños muy graves; en cambio en Frutillar Bajo se produjeron daños mayores en calles y aceras, algunas casas quedaron inhabitables, y la escuela quedó en un estado que hacía necesario su reconstrucción. Considerando esta situación y que la mayor parte de las casas en Frutillar eran de una Clase B de vulnerabilidad, se puede estimar que en Frutillar Alto la intensidad fue de *VII grados* y en Frutillar Bajo fue de *VII-VIII grados*.

6.4.16. Lago Ranco

En esta localidad se produjeron daños materiales de gran magnitud, más de 140 personas perdieron sus hogares, vestimentas y enseres y hubo un gran número de heridos y personas desaparecidas (**El Sur, La Discusión, El Mercurio**).

La zona del Lago Ranco, pasando por Puyehue hacia el límite fronterizo, quedó totalmente aislada y resultaba imposible penetrar en ella por tierra a causa de los derrumbes y la erupción volcánica. Como consecuencia de ello, los caminos del sector quedaron destruidos y murieron 11 personas (en Llifén) y otras 3 desaparecieron (**La Unión**).

Los datos encontrados no permiten estimar la intensidad en el sector.

6.4.17. Las Quemadas

Los daños materiales fueron cuantiosos, estimándose que sólo el 5% del total de las construcciones ubicadas en el distrito, no sufrió daños de consideración. Además se destaca que 17 casas quedaron destruidas e inhabitables y 48 casas semidestruidas, habitables en malas condiciones y que requerían reparaciones con urgencia. Las viviendas afectadas pertenecían a personas de escasos recursos y eran parte de la población Vidal, la cual tenía el mayor número de viviendas y fue la más afectada. (**El Llanquihue**).

Daños en edificios públicos

La prensa destaca que el Retén de Carabineros quedó con destrucción parcial, habitable pero en malas condiciones, al igual que la Escuela N° 8 de Las Quemadas, la iglesia católica y la Casa Parroquial. (**El Llanquihue**).

Daños en obras civiles

El puente N° 4 sobre el río Maullín no sufrió daños, sólo unas pequeñas grietas en los terraplenes de acceso. En cambio el puente colgante quedó seriamente afectado, principalmente con

profundas grietas en los terraplenes de acceso. El puente carretero en Río Gato quedó en estado peligroso y fue indispensable una inmediata reparación (**El Llanquihue**).

Los caminos de este sector no sufrieron daños de gravedad pero sí se registraron varias grietas y hundimiento de dos terraplenes sobre alcantarillas en el camino a Río Gato.

Servicios

Como consecuencias del sismo se interrumpieron las comunicaciones telefónicas y de Correos y Telégrafos (**El Llanquihue**).

Desgracias Personales

No se registraron víctimas en Las Quemadas (**El Llanquihue**).

Estimación de la Intensidad

Con la información entregada por la prensa, se comprueba que prácticamente no hubo construcción en esta localidad que no haya sufrido algún grado de daño. Considerando que las viviendas de la zona eran en su mayoría de madera y que las viviendas afectadas pertenecían a gente de escasos recursos, lo que permite estimar que correspondían a la Clase B de vulnerabilidad, la intensidad estimada es del orden de un **grado VIII**.

6.4.18. Llanquihue

La localidad de Llanquihue fue dañada en parte importante de ella. Centenares de casas quedaron en pie, pero no pudieron ser habitadas por sus moradores (G3 o más). Las poblaciones de construcción ligera (Tipo A) fueron totalmente arrasadas y destruidas por el agua y el ciénego que afloró con el temblor (**El Mercurio, La Discusión, La Unión, El Llanquihue**).

La mayor parte del daño ocurrió en la zona cenagosa, donde el terremoto produjo una compactación de estos sedimentos arenosos mal consolidados, produciendo el hundimiento de la mayor parte de las casas, y en otras la caída, el desaplome, el volcamiento o el deslizamiento de ellas. Cerca del lago, algunas casas quedaron inundadas (Thomas, Bowes y Bravo, 1963).

Daños en instalaciones industriales y edificios públicos

La industria elaboradora de leche “Chiprodal” informó que sus fábricas ubicadas en Llanquihue, Osorno y Los Ángeles sufrieron daños de consideración a causa de los fenómenos sísmicos, pero que no fue alterado el normal funcionamiento de ellas. En particular, la planta de Llanquihue sufrió daños y el transporte de leche de esta zona a Osorno quedó paralizado (**El Llanquihue, El Mercurio**).

La Planta Azucarera de IANSA de Llanquihue reanudó sus labores después de 10 días de obligada inactividad como consecuencia de daños menores ocasionados por los sismos y por la destrucción del Horno de Cal (**El Llanquihue, El Mercurio**).

La Escuela Fiscal N° 11 que ocupaba un local de 3 pisos y un pabellón recientemente inaugurado, resultó totalmente destruida. El sismo destruyó totalmente el primer piso de hormigón armado, sobre el cual descansaba todo el resto de las dependencias. La posta del Servicio Nacional de Salud también resultó destruida (**El Llanquihue, La Discusión**).

Servicios

Los servicios de agua potable y energía eléctrica quedaron interrumpidos (**El Mercurio, La Discusión**).



Figura 6.51. Daños en Llanquihue.

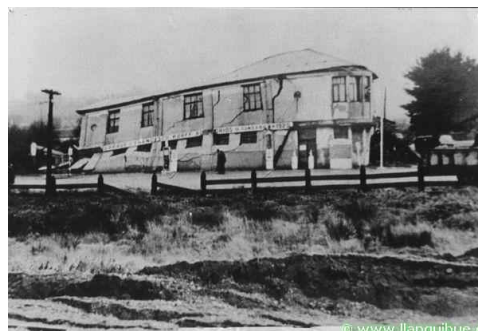


Figura 6.52. Daños en Llanquihue.



Figura 6.53. Daños en Llanquihue.

Desgracias Personales

Los muertos en esta localidad sumaron un total de 6 personas (**El Mercurio, La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

Weischet (1963) y Duke y Leeds (1963) estimaron una intensidad de *X grados* para este lugar. Este valor parece exagerado si se considera que éste implica un gran porcentaje de viviendas colapsadas, del orden de un 75% si corresponde a construcciones de la Clase A de vulnerabilidad o un 50% si son de la Clase B, situación que no se aprecia en las fotos que muestran distintas vistas del lugar.

Según Saint-Amand (1961), la intensidad en Llanquihue fue de *VII⁺ grados*, y según Watanabe y Karzulovic (1960), entre *VII* y *VIII grados* de la escala de Cancani-Mercalli-Sieberg.

De la información de prensa, se desprende que prácticamente todas o casi todas las construcciones sufrieron algún nivel de daño y aceptando que ellas pertenecían a una Clase A de vulnerabilidad (viviendas de material ligero), la intensidad puede estimarse que fue entre ***VIII y IX grados***, valor que está fuertemente marcado por las condiciones locales del suelo (***por lo menos en I grado***).

6.4.19. Lliuco

En esta localidad 12 casas resultaron destruidas. Un porcentaje importante de las viviendas eran de “material ligero” (Tipo A) (**El Sur**). Teniendo en cuenta esta información, se puede estimar que la intensidad fue del orden de ***VII grados***.

6.4.20. Los Muermos

En esta localidad varias personas perdieron sus casas, galpones y menaje (**El Llanquihue**). La misma fuente informa que el sismo causó destrucción (G3 o mayor) en un 20% de las casas y que se registraron daños materiales en casi todas las habitaciones, pero no de gravedad.

Daños en instalaciones industriales y edificios de uso público

La compañía Lechera del Sur tuvo que lamentar el derrumbe de una bodega. (**El Llanquihue**).

La Escuela Parroquial de las Religiosas Corazonistas no sufrió daños de consideración y solamente sufrió la destrucción de una chimenea. En cambio, el pabellón antiguo de la Escuela Superior N° 30 quedó semidestruido, por lo que tuvo que ser demolido posteriormente. El edificio de la Escuela Particular N° 7 resultó destruido.

Daños en obras civiles

La empresa de FF. CC. del Estado sufrió la destrucción total del estanque de agua para trenes y daños en las casas de empleados y bodega de carga. Además la línea férrea que unía a Los Muermos con Corte Alto, sufrió daños de consideración, produciéndose derrumbes de terraplenes y otras roturas (**El Llanquihue**).

Servicios

Muchos postes del tendido eléctrico quedaron bastante desviados de su posición original como consecuencia de los sismos. Las redes del teléfono y telégrafos se cortaron por lo que no hubo comunicación por algunos días (**El Llanquihue**).

Desgracias Personales

No hubo muertos ni desaparecidos (**El Llanquihue**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que casi todas las viviendas sufrieron algún nivel de daño y un 20% de ellas sufrió algún grado de destrucción importante, es posible estimar una intensidad de **VII-VIII grados** aceptando que las viviendas eran construcciones de la Clase B de vulnerabilidad.

6.4.21. Malihue

Aunque la información reunida destaca que en el fundo Lloiquén se produjeron cuantiosos daños y que los caminos a Ripas, Liquiñe y al balneario de Mahuin quedaron inutilizados (**El Mercurio**), esta información no es suficiente para estimar la intensidad en esta localidad.

6.4.22. Maullín

Según las informaciones de prensa, las marejadas de diez y doce metros fueron las que azotaron y arrastraron cuanto encontraron en su paso en Maullín, Quenuir, La Pasada y Caulles, entre otros lugares. En particular, en Maullín la crecida del caudaloso río del mismo nombre arrasó con la totalidad de los muelles y embarcaciones allí existentes, destruyendo la mayoría de las casas y dejando esta localidad completamente aislada de toda comunicación (**El Llanquihue, El Sur**)

Por el sismo no se produjeron daños de gran magnitud, quedando destruidos aproximadamente unos 30 edificios en la ciudad de Maullín. Los perjuicios mayores fueron originados por las marejadas, resultando destruidas el 80% de las casas construidas en las riberas del río Maullín y Cariquilda (**El Llanquihue, El Mercurio, La Discusión**). Además el maremoto del 22 de mayo sumergió bajo las aguas alrededor de 10 mil hectáreas de campos de pastoreo, junto con la desaparición total de la caleta pesquera de Quenuir, y gran parte de Carelmapu.

El 33% de las viviendas quedó inhabitable, refugiándose sus moradores las primeras noches en algunas casas de la parte alta de Maullín (**La Discusión, La Unión**). En los campos se desplomaron gran número de galpones, que aplastaron maquinarias y cuanto había dentro de ellos (**Revista Vea**).

En la Figura 6.54 se muestran vistas aéreas de Maullín tomadas después del maremoto.



Figura 6.54. Vistas aéreas de Maullín después del maremoto.

Daños en edificios de uso público

Muy pocas fueron las reparticiones públicas que pudieron continuar su función en la ciudad de Maullín.

Daños en obras civiles

En general, los caminos y puentes quedaron en pésimo estado. El camino de Maullín a Chuyaquén fue cubierto por el río en un tramo de 5 kilómetros; alcantarillas y puentes desaparecieron y el resto del mencionado camino quedó imposible de transitarlo. El muelle que se encontraba al final de éste, fue arrastrado por las aguas (**El Llanquihue**).

Desgracias Personales

En Maullín se registraron 36 muertos y 11 desaparecidos (**El Llanquihue y El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Considerando que casi un 30% de las viviendas quedaron inutilizables con el sismo, es decir con un grado de daño G3 o mayor, y que ellas eran construcciones antiguas y muchas de madera (Clase B de vulnerabilidad), se puede estimar que la intensidad en Maullín fue de **VII - VIII grados**. Este valor coincide con el valor entregado por Thomas et al. (1963). Saint-Amand estimaba una intensidad para Maullín entre VII y VIII grados aún cuando en 1961, Saint-Amand había entregado un valor de VIII grados (Saint-Amand, 1961).

6.4.23. Osorno

En Osorno hubo daños de mediana consideración; los daños más importantes y considerables como fueron el hundimiento y derrumbe de edificios, ocurrieron sobre los terrenos blandos o de relleno. En estos daños influyó el derrumbe de los muros cortafuegos que separaban las viviendas y de los frontis de albañilería de ladrillos u hormigón. En menor grado, influyó la destrucción provocada por la caída de las chimeneas exteriores o interiores (**Informe del Instituto de Economía de la Universidad de Chile; La Discusión, El Mercurio**).

La información de prensa coincide al señalar que entre el 10% y el 15% de las casas resultaron destruidas y un 80% dañadas, sin precisar el nivel de los daños pero destacando que ellos se aprecian al recorrer lentamente la ciudad. “El Mercurio” destaca que las casas de la calle Baquedano, junto al río Damas, cayeron al agua y que las casas que mejor resistieron el terremoto fueron las viviendas construidas por la Caja de la Habitación, CORVI y organismos previsionales, es decir, las más nuevas y sólidas (Clase C de Vulnerabilidad) (**El Sur, La Discusión, La Unión, El Mercurio**).

La Revista Vea destaca el hecho que Osorno se encuentra construido sobre un suelo diferente al de Valdivia y Concepción y que las construcciones de madera se corrieron de sus cimientos, mientras que los edificios modernos quedaron agrietados.

Según el informe del Instituto de Economía de la Universidad de Chile, más de 900 familias perdieron sus viviendas, es decir, el 7% de la población. El 18% de las casas sufrió deterioros en cimientos, muros, techos, tabiques o combinaciones de éstos. El 75% de las casas fueron afectadas por derrumbes de chimeneas, caída del menaje o no manifestaron daños aparentes. Además destaca que de los grupos familiares que habitaban casas de madera, el 8% quedó sin ellas, teniendo presente que los daños se debieron al derrumbe de los muros de cortafuego, y otras cayeron al removerse su superficie de sustentación. El 2% de las familias que vivían en edificios de materiales más sólidos quedó sin viviendas, debido a que el suelo cedió por hundimientos y deslizamientos.

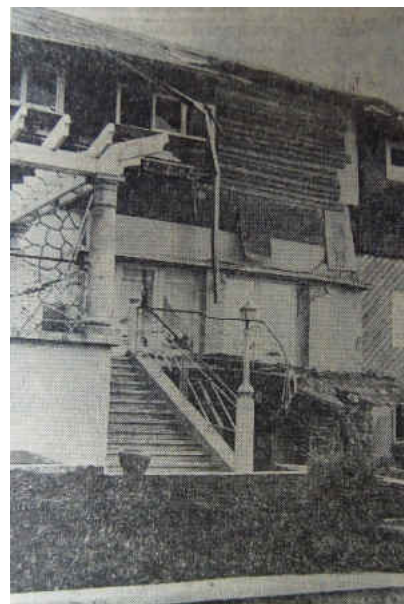
En las fotos de la Figura 6.55 y la Figura 6.56 se muestran algunos de los daños observados en la ciudad de Osorno y su entorno.



Figura 6.55. Daños en Compañía Cervecería (Steinbrugg y Flores, 1963).



Estado en que quedaron las pilastras y la torre de cemento de la estación de servicio de la firma Saavedra Bernard. (Fuente: El Mercurio)



La casa principal de un fundo, a 14 km de la ciudad de Osorno, en la región de Río Negro. (Fuente: El Mercurio)



(Fuente: El Sur)



(Fuente: El Sur)

Figura 6.56. Daños en la ciudad de Osorno y en su entorno.

Daños en instalaciones industriales y edificios de uso público

El 10% del comercio funcionaba normalmente después del terremoto y en el resto hubo grandes destrozos (**La Discusión**).

Los daños en el sector agrícola fueron importantes, afectando a un 50% de las instalaciones sobre todo bodegas, silos, galpones, todos ellos repletos de semillas, abonos y útiles de labranza (**La Unión**).

Entre las instalaciones afectadas se encontraban el refugio Antillanca y la Hacienda Ñuble-Rupanco (**EL Mercurio, La Discusión**).

Las instalaciones de la Diócesis de Osorno que se vieron afectadas fueron: la Catedral que resultó muy dañada y quedó fuera de uso, la Casa Parroquial que sufrió daños apreciables, la Misión de Rahue que se desplomó y quedó fuera de uso, la Misión de Quilacahuín que fue destruida, la Iglesia, Casa Parroquial y el Colegio de las religiosas de la Santa Cruz que quedaron destruidos, la Parroquia de San Pablo y la casa parroquial que resultaron arruinadas y la Misión de San Juan de la Costa que resultó con pérdida menores (**EL Mercurio**).

El Hospital Regional de Osorno sufrió graves daños, en especial en el cuerpo que funcionaba la policlínica; en él se desplomaron algunos muros hacia las calles (**EL Mercurio, Revista Ercilla**).

La iglesia Alemana quedó con su gran torre fuera de centro, formando una especie de alero peligroso.

Daños en obras civiles

Los caminos y puentes de Osorno a Río Negro, Osorno-Pucatrihue, Osorno-San Pablo y Osorno-Piedras Negras quedaron totalmente interrumpidos (**La Unión, EL Mercurio, La Discusión**).

El servicio ferroviario se vio interrumpido debido a los daños en la línea férrea (**EL Mercurio, La Discusión**).

Servicios

Todos los servicios esenciales de la zona fueron interrumpidos totalmente (**La Discusión, La Unión**), quedando fuera de uso el telégrafo, la red telefónica, el alcantarillado, el agua potable y la energía eléctrica.

Desgracias Personales

En la ciudad de Osorno hubo 21 víctimas y 10 heridos. En la provincia de Osorno 146 murieron, 200 desaparecieron y 65 resultaron gravemente lesionadas (**El Sur, El Mercurio, La Discusión, La Unión**).

El mayor número de muertos y desaparecidos ocurrió en la hacienda Ñuble-Rupanco, donde hubo 102 muertos y 200 desaparecidos (**La Discusión**).

Estimación de la Intensidad

De la información de daños destacada, se puede estimar una intensidad *menor que VIII grados* si se considera el nivel de daño de las viviendas más modernas (Clase C) y *mayor que VII grados* si se considera los daños y el porcentajes de la viviendas más antiguas afectadas, viviendas de madera, al considerar que ellas pertenecían a una Clase B de vulnerabilidad.

De lo anterior resulta aceptable asignar una intensidad de **VII-VIII grados**. Este valor coincide con la estimación de Duke and Leeds (1963) y de Watanabe y Karzulovic (1960).

6.4.24. Palena

En Palena el movimiento no revistió caracteres de gravedad y no hubo desgracias personales (**El Mercurio**), por lo que se puede estimar que la intensidad fue *menor que VI grados*.

6.4.25. Pargua

La localidad de Pargua, donde aproximadamente habitaban unas 180 familias, sufrió solo destrozos materiales a raíz de sismo del 22 de mayo, dañándose 8 casas, algunas de las cuales se pudo habitar luego del terremoto (**El Llanquihue**).

Estimación de la Intensidad

El hecho que sólo 8 casas sufrieran daños entre un grado 2 y 4 y el resto sólo daños menores, y que en el lugar habitaran 180 familias en igual número de casas, implica que un 5% de las viviendas se vieron afectadas. Si se acepta que ellas eran de la Clase B de vulnerabilidad se puede estimar que la intensidad fue de **VII grados**.

6.4.26. Peulla

La prensa indica que la intensidad fue de **IX grados** en este lugar (**El Mercurio**), valor que no puede ser confirmado por la poca información reportada. Sin embargo, si se considera que Weischet (1963) estimó para Petrohué, lugar ubicado en la costa oeste del lago Todos Los Santos, una intensidad máxima de **V-VI grados**, se puede considerar un valor similar para la zona ubicada en la costa este del lago, sector donde se localiza Peulla.

6.4.27. Puerto Montt

Los daños causados por el terremoto y el maremoto en la ciudad de Puerto Montt fueron cuantiosos, resultando dañados del orden del 70% de los edificios y quedando destruidos un 25% del total. Además se produjeron derrumbes, los que amenazaron a los habitantes de las viviendas situadas en los cerros, especialmente en las poblaciones Modelo Alto, Santa Teresa y Municipal (**El Sur, El Llanquihue, La Unión, El Mercurio**).

La situación de la provincia de Llanquihue fue extremadamente grave debido a la destrucción del puerto y al corte de las comunicaciones terrestres por la destrucción de los pavimentos de concreto, el derrumbe del puente carretero sobre el río Maullín y los graves desperfectos sufridos por el puente del ferrocarril. Muchas plantas industriales quedaron fuera de servicio y con graves dificultades para poder despachar sus productos a la zona norte (**La Discusión, Revista Zig Zag**).

Según el estudio del Instituto de Economía de la Universidad de Chile, los daños de Puerto Montt se concentraron a orillas del mar, donde el terreno era de relleno, y en la población de Angelmó, la cual estaba construida principalmente en las laderas de los cerros y en el bajo intermedio, donde el suelo es blando, lo que aumentó los efectos del sismo, teniendo poco que ver el tipo de construcción.

Entre las principales causas del daño observado se destacan la caída de los muros cortafuegos de hormigón y el suelo de fundación. Según Steinbrugge and Flores (1963), las condiciones locales de suelo de puerto Montt produjeron los daños más espectaculares en toda la zona de daños del terremoto atribuibles a esta causa. Debido a las deformaciones experimentadas por los suelos de fundación, tanto las casas de madera como los edificios de hormigón armado quedaron partidos, inclinados y destruidos. En cambio, construcciones ubicadas sobre un suelo de mejor calidad se encontraban en buenas condiciones (**El Llanquihue, El Mercurio**).

Además se reconoce que el sismo no habría producido tanta destrucción en Puerto Montt si los edificios hubieran cumplido con las recomendaciones de las ordenanzas de construcción, lo que destaca el Jefe del Departamento de la Dirección de Puertos, ingeniero Carlos Stehr. Muchas de las casas afectadas tenían sus murallas desplomadas antes del terremoto y algunas estaban revestidas con una apariencia de concreto exterior que aumentaron el peso y arrastraron con los tabiques (**El Mercurio**).

Las viviendas más afectadas fueron las construcciones de madera antiguas y las residencias modestas. Los casos más patéticos se vivieron en los barrios Angelmó y Modelo, llamados también poblaciones, la calle Rosiό, la Avenida Antonio Varas y la Costanera y los grupos habitacionales inmediatos a la línea de ferrocarriles sobre el cerro. Parte de estos daños se muestran desde la Figura 6.57 a la Figura 6.59.



Viviendas destruidas en la calle Rosselot. (Fuente: El Mercurio)



Vista de viviendas dañadas. (Fuente: La Unión)



Vivienda dañada. (Fuente: La Unión)



Las casas de concreto también fueron afectadas. Gruesas murallas destrozaron un auto móvil. (Fuente: Revista Ercilla)



(Fuente: Internet)



(Fuente: Internet)

Figura 6.57. Daños en viviendas de Puerto Montt.



(Fuente: Internet)



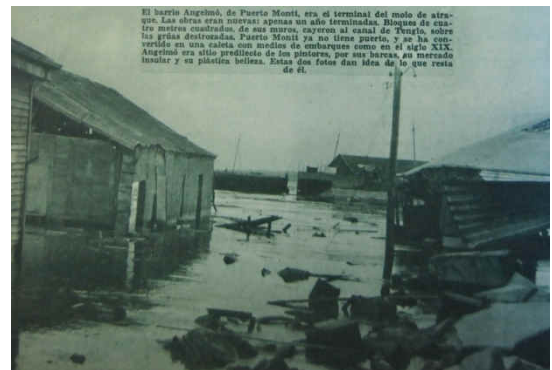
Casa fuera de plomo. (Dobrovlny et al., 1963)



(Dobrovlny et al., 1963)



(Fuente: Revista Zig Zag)



(Fuente: Revista Zig Zag)

Figura 6.58. Daños en viviendas de Puerto Montt.

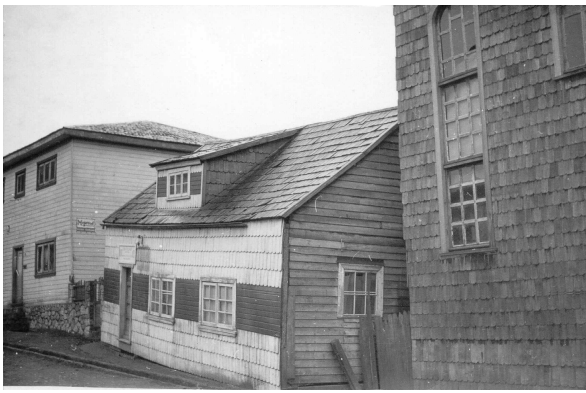


Figura 6.59. Daños en viviendas de Puerto Montt. (Fotos cortesía de E. Kausel)

Según lo señalado por un grupo de ingenieros mexicanos que visitaron la zona después de los terremotos, en la ciudad se distinguían tres zonas claramente marcadas; la zona alta, la zona baja en la planicie y la zona de relleno.

La zona alta está compuesta por depósitos de compactos (arenas con grava o ripio). Este tipo de terreno ofrece gran seguridad. Por eso, sólo se verificaron en esta zona daños estructurales en los

edificios y no bajo el nivel del suelo. El problema de fundación no existía en esta zona, salvo en áreas donde habían rellenos artificiales, como ocurría en la vecindad del Estadio Fiscal.

En la zona baja el material era menos compacto (semi compacto). Las fallas observadas aquí fueron también de orden estructural, salvo en la vecindad de los cerros, en la franja rellenadas por los deslaves de las laderas donde existía un terreno de relleno suelto. En la zona baja, con esta excepción, no se presentaron dificultades de fundaciones.

Queda por último la zona de relleno, compuesta de tierra suelta no consolidada. En esta zona se requería una fundación excelente, debiendo cuidarse de que las zapatas profundicen hasta apoyarse en suelo firme (**El Llanquihue**).

Daños en instalaciones industriales y edificios de uso público

Los destrozos causados en los galpones y bodegas de las instalaciones agrícolas donde se guardaban los forrajes, las cosechas de papas y otros productos, revistieron especial gravedad por la pérdida de estos contenidos. De los molinos que funcionaban en la zona quedó sólo uno en pie, el cual no pudo trabajar por falta de energía eléctrica (**El Llanquihue**).

Las instalaciones de la hidroeléctrica de Pilmaiquén sólo sufrieron leves desperfectos. Lo mismo ocurrió en las instalaciones de IANSA y las plantas lechera de la zona (**El Mercurio, Revista Ercilla**).

La actividad comercial se vio interrumpida totalmente los días posteriores al terremoto (**La Discusión**). El estado en que quedaron algunas de estas instalaciones se muestra en la Figura 6.60.



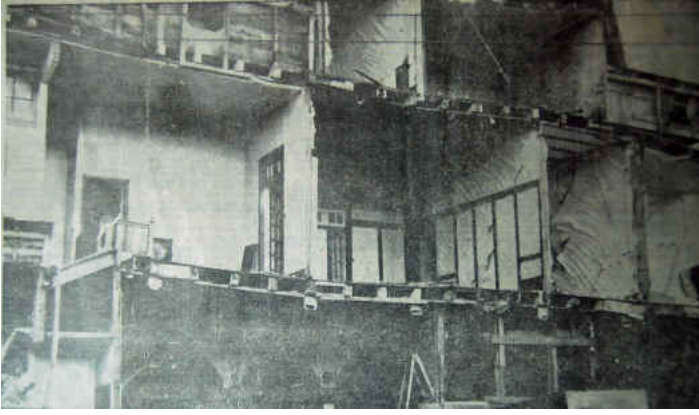
El centro comercial de Puerto Montt sufrió, al igual que el resto de la ciudad, el rigor del sismo que destruyó el 80% de las viviendas. (Fuente: El Mercurio)



Centro Comercial de Puerto Montt (Steinbrugge y Flores, 1963).

Figura 6.60. Daños en el sector comercial de Puerto Montt.

Dentro de los edificios de uso público que experimentaron daños se pueden destacar: el Hotel Pérez Rosales, edificio de 6 pisos y que estaba por inaugurarse; el Banco del Estado; el Hotel La Bomba; el Centro Español; la Gobernación Marítima donde estaban ubicadas las dependencias de la Base Naval de Puerto Montt, la residencia del jefe de la Base y la radio estación; la Estación de Ferrocarriles; el edificio antiguo del Colegio San José donde se asilaban más de 200 huérfanas; el Instituto Comercial; el hospital; el Seguro Social; el Seminario; la prisión local; el pabellón nuevo de la Escuela de Hombres N° 2; el Banco de Osorno y La Unión y el cuartel de la Quinta Compañía de Bomberos (**El Sur, El Mercurio, El Llanquihue**). En la Figura 6.61 y Figura 6.62 se muestra el daño en algunos edificios de uso público.



Edificio de uso público; perdió su fachada. (Fuente: El Sur)



Daños en un banco, banco (Dobrovohny et al, 1963).



Hotel en reparaciones

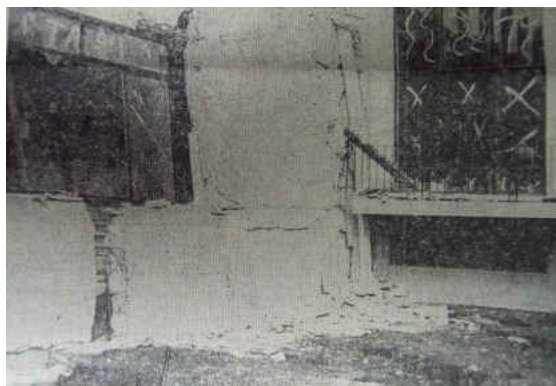


Vista del sector centrico de Puerto Montt.

Figura 6.61. Daños en edificios de uso público.



Vista del hotel después del terremoto. (Fuente: Revista Zig Zag)



Interior del Hotel de Puerto Montt. (Fuente: El Mercurio)



Figura 6.62. Daños en hotel Pérez Rosales (Fotos cortesía de E. Kausel).

El estado de las construcciones dependientes de la Diócesis de Puerto Montt, se resume en el detalle siguiente (**El Llanquihue**): Seminario agrietado y desplomado, perdiéndose al menos un ala del edificio; Iglesia y Casa de Angelmó totalmente destruidas; Iglesia y casa parroquial de Cristo Rey en Población Lintz agrietada; Parroquia de la Matriz, frontis caído al suelo, fuera de uso; Colegio de los RR.PP. Jesuitas una parte desplomada, daños graves; Religiosas de María Inmaculada Casa de San José, el segundo piso deteriorado; Escuela Josefa Téllez destruida; Escuela de Angelmó destruida; Religiosas Franciscanas del Sagrado Corazón, casa al parecer

inservible; Casa parroquial de Puerto Varas, perdida. En general, entre el 60% al 70% de las capillas quedaron fuera de uso, el resto requirió reparaciones.

En cambio, muchos edificios nuevos no sufrieron daños, entre ellos se pueden destacar: el edificio de la Intendencia y Servicios Públicos, el Liceo de Hombres, el nuevo Colegio de la Inmaculada Concepción, el Banco del Estado, la Catedral y el edificio episcopal. Parcialmente sufrieron daños el Colegio e Iglesia de los Jesuitas, el Municipio, los teatros y los nuevos edificios de Carabineros y del Banco Central.

El factor determinante de los graves daños causados por el sismo en las edificaciones modernas de hormigón armado lo constituyó el hundimiento del terreno; un ejemplo de ello es lo que sucedió en el edificio del Hotel Pérez Rosales, el cual estaba ubicado en terreno de relleno junto al mar. Una prueba más de los efectos del suelo fueron los daños de los estanques de gasolina los que quedaron a flor de tierra y las casetas por el suelo, el hundimiento de la plaza Alemana y los daños producidos en las obras del puerto y la unidad vecinal perteneciente a ese sector. En la Figura 6.63 y la Figura 6.64 se muestran algunos de estos problemas.



Busto de Prat con giro de su base. Plaza de Puerto Montt. (Fuente: Revista Zig Zag)



Levantamiento de los estanques de bencina enterrados. (Fuente: Revista Vea)

Figura 6.63. Efectos de la calidad de los suelos de fundación.



Daños cerca del sector de Angelmó. (Dobrovlny et al., 1963)



Daño en casa ubicada al pie de una zona de deslizamiento. (Dobrovlny et al., 1963)

Figura 6.64. Efectos de la calidad de los suelos de fundación.

Un testimonio de los daños en este tipo de edificios, ubicados principalmente en el sector céntrico de Puerto Montt, era la cantidad de edificios por cuadra, cuatro a cinco, apuntalados con palos para evitar su derrumbe, ver Figura 6.58.

Daños en obras civiles

Los daños en pavimentos fueron cuantiosos, un ejemplo de ello era la costanera que corría desde el centro de Puerto Montt hasta Angelmó, la cual quedó inutilizada producto de las innumerables grietas. El camino de Puerto Montt a Pargua quedó cortado en dos grandes trechos, lo mismo ocurrió en la carretera Panamericana entre Puerto Varas y Puerto Montt. El camino longitudinal quedó transitable hasta Temuco, salvo 40 km, y más al sur, 400 km, con ciertas dificultades por desviaciones y puentes interrumpidos (**El Llanquihue, El Mercurio, El Sur, La Unión**).

Por todas partes, en el sector de Puerto Montt, se podían ver los pavimentos levantados, quebrados o hundidos. Este mal comportamiento de los pavimentos de concreto se atribuye a la naturaleza de los terrenos sobre los que estaban construidos, como se aprecia en la Figura 6.63 y Figura 6.64.

La situación de ferrocarriles no fue mejor ya que en la provincia de Llanquihue hubo 20 derrumbes de terraplenes, líneas férreas levantadas y encurvadas y daños severos en el puente sobre el Río Maullín, lo que dejó fuera de servicio este medio de transporte (**El Llanquihue, El Mercurio**).



Pavimentos de sector de la Plaza de Puerto Montt. Se ve el busto de Prat semienterrado. (Fuente: La Unión)



Acceso a Puerto Montt tras el terremoto. (Fuente: U. de Concepción)



Daños de las líneas ferreas. (Fuente: Internet)



Grietas del terreno a lo largo de los caminos. (Fuente: El Sur)

Figura 6.65. Daños en los caminos y líneas férreas.

En relación con la situación de los puentes, el puente sobre el río Chamiza y el puente sobre el Río Negro quedaron fuera de uso (**El Mercurio, La Discusión y La Unión**).

Las obras portuarias y marítimas sufrieron severos daños, entre ellos se destacan: la caída de las grúas; el volcamiento del muro del muelle de 12 metros de altura al mar; la destrucción de las obras portuarias de Angelmó, la caída de un gigantesco estanque petrolero y el colapso de la primera fila de bodegas. El terreno en el puerto presentaba grietas de hasta 30 cm y la destrucción de los pavimentos impedía el trabajo de elementos mecanizados (**El Sur, El Llanquihue, La Discusión**). Parte de los daños de las obras portuarias, se muestran en la Figura 6.66 y la Figura 6.67.



Daños en las grúas. (Dobrovoly et al., 1963)



A la derecha, el molo nuevo de Puerto Montt. Los enormes bloques de concreto quedaron en medio del canal Tenglo. (Fuente: Revista Zig Zag)



Colapso de los edificios de la Aduana. (Fuente: Revista Vea)



Vista de las deformaciones del muelle (Fuente: Internet)

Figura 6.66. Daños en obras portuarias.



(Fuente: Internet)



(Fuente: Internet)



(Fuente: Internet)



(Duke y Leeds, 1963)

Figura 6.67. Daños en obras portuarias.

Según Steinbrugge and Flores (1963), la causa del colapso del muro del muelle fue la licuación de los suelos arenosos saturados. Lo ocurrido en el sector portuario de Puerto Montt constituyó sin duda, el golpe más serio a la economía de todo el sur del país. Los daños en las instalaciones portuarias se atribuyeron a hecho de estar fundadas en un suelo de relleno depositado entre la antigua línea de la costa y el actual malecón.

El Faro y la Radio Faro de Punta Corona, ubicado en la península de Lacuy, fueron destruidos. El Faro Tres Cruces, en el Canal de Chacao, quedó parcialmente destruido. Además se apagaron 30 faros desde Puerto Montt hasta el Golfo de Corcovado (**El Llanquihue**).

La Base Aérea de Chamiza sufrió graves daños, entre los que se destacan la desnivelación de sus pistas de aterrizaje las que acusaban desniveles de hasta un metro (**La Discusión, La Unión**).

Servicios

Como consecuencia del terremoto, se interrumpieron los servicios de la energía eléctrica, agua potable y las comunicaciones de cualquier tipo (correos, periódicos, radios locales, telégrafos y teléfonos). Además se dañaron los postes de luz y de correos y teléfonos. Quedó seriamente afectado el sistema de alcantarillado en la red de Angelmó, lo que provocó dificultades en diversos edificios públicos y particulares (**El Mercurio, El Llanquihue**).

Desgracias Personales

La cifra oficial de muertos en Puerto Montt fue de 35 muertos identificados y 31 desaparecidos, estimándose que la suma de víctimas podía llegar a 50 solamente en este puerto. Otras informaciones de prensa indican que los muertos serían del orden de 100 y los damnificados sumarían un total de 3.000 personas (**La Unión, Revista Vea, Discusión**).

Un hecho destacable se relaciona con la muerte de 31 personas en la localidad de Puntagudos, alrededor del Lago Todos los Santos, debido a un deslizamiento de tierra.

Otros datos

El Mercurio señala que en Puerto Montt no hubo salidas de mar debido al maremoto, como tampoco en Calbuco. Además las aguas de los lagos no subieron como tampoco hubo erupción de los numerosos volcanes de la zona, exceptuando el caso del volcán Puyehue el cual desprendió una gruesa columna de humo.

Estimación de la Intensidad

La intensidad del sismo en Puerto Montt fue variable, alcanzando los *VIII grados* en la parte alta y los *IX grados* en la parte baja (**El Llanquihue**).

Técnicos nacionales y extranjeros coincidieron en que el terremoto en Puerto Montt al menos debe corresponder al *grado XI* en la Escala Sieberg, lo que significa que corresponde a una

situación de catástrofe y se traduce en que: *“Nada queda en pie de las edificaciones de mampostería, sea cual fuere su construcción, sólo algunos edificios de madera de mayor solidez y flexibilidad pueden resistir; los puentes por grandes y de segura construcción que sean, quedan cortados o destruidos totalmente, las pilastras de piedra se parten y los fierros se retuercen, los diques y muros se desgarran en largas extensiones; los rieles de ferrocarriles se curvan y saltan de los durmientes; el pavimento se rompe en fragmentos o se amontona; los tubos de conducciones subterráneas se parten, los postes eléctricos o telefónicos se van al suelo o se rompen; el suelo se hunde o se alza; se abren anchas brechas de las que brota agua cargada de arena y fango; son frecuentes los deslizamientos de tierra y aludes de peñascos y nacimientos de nuevas corrientes de agua”*.

Según Pierre Saint-Amand (1961) la intensidad varió entre *VII⁺* y *XII* grados de la escala de Mercalli Modificada; el menor valor corresponde a las zonas ubicadas en las terrazas de 45 m y 107 m y el valor mayor corresponde al área rellena vecina a la avenida costanera (Dobrovolny et al., 1963). Este último valor no se compadece con el comentario hecho por los autores en relación con los rellenos artificiales: *“Artificial Fill. Almost without exception, all buildings on artificial fill were damaged and perhaps one half of them irreparably so”*. La intensidad que mejor representa este comentario considerando la distribución de daños de la escala MSK (Moge y Astroza, 1969) para viviendas de una Clase B de vulnerabilidad es *IX-X* grados.

Según Duke y Leeds (1963), la intensidad en Puerto Montt varió entre *VIII* y *XI* grados. Watanabe y Karzulovic (1960) consideran que las intensidades en este lugar fueron de *X* a *XI* grados en Puerto Montt Bajo y entre *VII* a *VIII* grados en Puerto Montt Alto.

Por otro lado, con la información de prensa se puede estimar la intensidad considerando que estos daños sólo se debieron al terremoto. Según esta información, entre el 40% y el 70% de las viviendas quedaron semidestruidas, la mitad de los daños en las casas de madera se debió al colapso de los muros cortafuegos de hormigón y gran parte de la destrucción se debió a la mala calidad de la estructura de los edificios construidos, muchos de los cuales tenían sus murallas desplomadas antes del terremoto.

Con los antecedentes reunidos y considerando que las construcciones más dañadas correspondían a una Clase A de vulnerabilidad y en el mejor de los casos a una Clase B, se puede estimar que la intensidad fue de **IX grados** en la zona baja, **X grados** en los rellenos artificiales y de **VII-VIII grados** en la zona más alta de la ciudad, pudiendo ser de **VII grados** en las terrazas destacadas por Dobrovolny et al. (1963).

6.4.28. Puerto Octay

En Puerto Octay hubo 5 edificios destruidos (G4 o mayor) y el 90% de ellos quedó dañado (Daños del tipo G2 o mayor) (**El Mercurio**). Además se destaca en la prensa los daños del Hotel Hasse y el hecho que los caminos quedaron cortados.

Estimación de la Intensidad

De la información de prensa se desprende que la mayor parte de las construcciones sufrieron daños a causa de los sismos; sin embargo, los casos de construcciones con colapso parcial o total fueron pocos (menos del 5%). Considerando estos antecedentes y que la mayoría de las construcciones eran de una Clase B de vulnerabilidad, se puede estimar una intensidad de **VIII grados**.

6.4.29. Puerto Varas

Puerto Varas, a sólo 22 km de Puerto Montt, sufrió seriamente el impacto del terremoto quedando el sector del centro de la ciudad muy destruido. Según Thomas et al. (1963), en este lugar los daños fueron menores si se compara con otras ciudades y ellos se concentraron en la parte central de la ciudad, en los sectores ubicados en ladera con mayor pendiente y en el borde de las terrazas. Complementando lo anterior, Watanabe y Karzulovic (1960) destacan que en las tierras bajas, cercanas al nivel de aguas del lago, se apreciaban daños mayores y ellos se justificaban por la existencia de aguas subterráneas cercanas a la superficie.

La prensa destaca que las marejadas que se produjeron en las aguas del Lago Llanquihue, socavaron los sectores ribereños del lugar (**El Sur, El Mercurio, La Unión, Revista Zig Zag**).

Un porcentaje importante de las chimeneas de las casas se derrumbó (90%), y entre un 50% y 70% de las casas quedaron inhabitables (**El Sur, El Mercurio**).

Edificios de uso público

El templo de la Inmaculada Concepción quedó destruido. Esta Iglesia era una hermosa obra de arquitectura clásica, muy admirada por turistas y visitantes, ver Figura 6.68. El Liceo Coeducacional de Puerto Varas y el edificio donde funcionaba hasta poco antes de los terremotos la Gobernación del Departamento de Puerto Varas, quedaron en mal estado (**El Llanquihue**). El único cine de la ciudad demoró entre dos y tres meses en ser reparado.

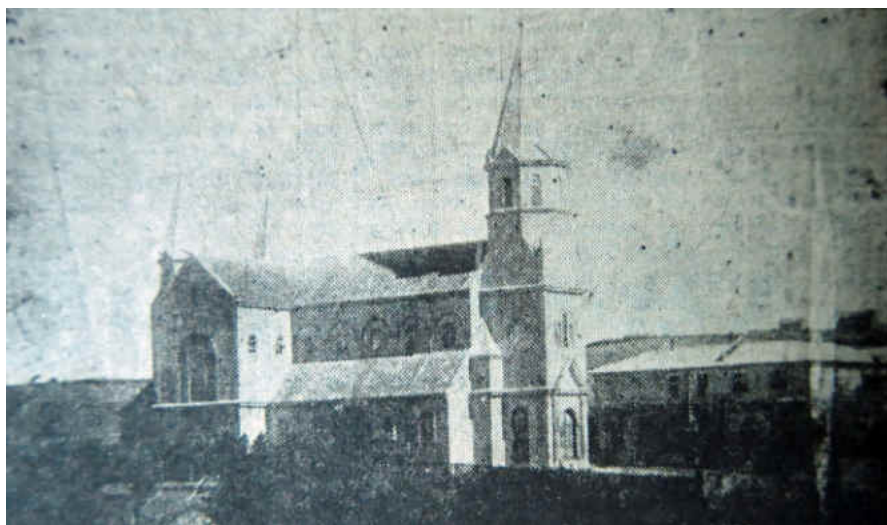


Figura 6.68. Templo de la Inmaculada Concepción de Puerto Varas. (Fuente: El Llanquihue)

Los edificios que no sufrieron daños de importancia fueron, entre otros: el Gran Hotel, el Hospital, la Iglesia Parroquial, el Grupo Escolar, los colegio Germania y de la Inmaculada y los hoteles Bellavista y Playa (**El Llanquihue**).

Los pavimentos quedaron agrietados y las vías interrumpidas. Las vías férreas también quedaron interrumpidas (ver Figura 6.69) (**El Sur, El Mercurio**).



Los daños en obras públicas, especialmente vías de comunicación, incluyendo puentes y caminos, fueron cuantiosos. La foto corresponde al puente carretero que quedó prácticamente destruido entre Llanquihue y Puerto Varas. (Fuente: Revista Vea)

Figura 6.69. Puente carretero destruido entre Llanquihue y Puerto Varas.

Desgracias Personales

El número de muertos fue entre 6 y 8 personas (**El Mercurio, La Discusión, Revista Ercilla**).

Otros datos

Los efectos y la duración del terremoto hicieron que el suelo, en el sector céntrico de esta ciudad, se hundiera en unos 50 cm (**El Sur**).

Estimación de la Intensidad

Según Duke y Leeds, la intensidad en Puerto Varas fue de *VII grados*. Este valor es bajo si se considera que para este grado de intensidad los daños son entre leves y moderados (G2 o menor) para viviendas que clasifican como una Clase B de vulnerabilidad.

Por su parte, Watanabe y Karzulovic (1960) entregan para este lugar una intensidad entre *VII a VIII grados* en la escala de Cancani-Mercalli-Sieberg.

Las cifras de casas que resultaron destruidas e inhabitables (daño de grado 3 o 4), junto con el resto de la información y las fotos rescatadas de la prensa de la época, permiten estimar una intensidad **máxima de VIII grados** para Puerto Varas si se acepta que las construcciones correspondían a una Clase B de vulnerabilidad.

6.4.30. Puqueldón

El 96% de las casas de esta localidad quedaron inhabitables principalmente debido a las marejadas. Se registraron cuatro muertos (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

La información de daños en esta localidad es muy escasa y se superponen los efectos del terremoto con los de las salidas de mar, por lo que no es posible estimar una intensidad.

6.4.31. Purranque

En Purranque se produjeron daños de gran magnitud, aunque menores que otras localidades de la provincia, estimándose una destrucción de entre un 40% y un 50% de la edificación (**El Mercurio, La Unión, El Sur**). La iglesia del lugar y el colegio quedaron seriamente dañados y el hospital debió ser evacuado (**El Mercurio, Revista Vea**).

Los daños en las instalaciones agrícolas fueron importantes al derrumbarse los cuatro molinos (**Revista Vea**).

En este lugar no hubo muertos, pero sí un número importante de heridos (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Aceptando que el 40% de las construcciones sufrió daños importantes (daños de grado G3 o mayor) y que las viviendas afectadas correspondían a la Clase B de vulnerabilidad, se puede estimar una intensidad de **VII grados** en esta localidad.

Duke y Leeds (1963), estimaron una intensidad de *VII grados* para este lugar. En cambio Saint-Amand (1961) entrega una intensidad entre *VIII* y *IX grados*. Estos últimos valores no representan los porcentajes de viviendas dañadas destacados por la prensa, por lo que se considera que una intensidad de **VII grados** es el valor más adecuado para este lugar, del cual lamentablemente no hay testimonios fotográficos de los daños.

6.4.32. Puyehue

El hotel de las Termas de Puyehue quedó seriamente dañado registrándose 3 muertos en este lugar. Además quedó destruida la Aduana (**El Mercurio**). El camino internacional por Puyehue quedó en malas condiciones (**La Unión**).

Estimación de la Intensidad

La información de daños es escasa, sin embargo, los serios daños reportados permiten estimar que la intensidad fue por lo menos de **VII grados**.

6.4.33. Queilén

Este pequeño puerto sufrió daños a raíz del terremoto y de las subidas de mar, las que produjeron serios perjuicios en las habitaciones cerca de la playa y sobre el malecón hasta donde llegaron las aguas, lo que se aprecia en la Figura 6.70. Entre un 45% y un 60% de las casas del puerto quedaron inhabitables (**El Llanquihue, El Mercurio, La Unión**).



Figura 6.70. Vivienda inundada por subida del nivel de agua. (Sievers, Villegas, Barros, 1963)

El Cuartel de Bomberos sufrió graves daños. En cambio, el edificio que ocupaba la Escuela Superior N° 9 quedó en buen estado, lo que permitió usarlo como albergue para los damnificados (**El Llanquihue**)

Además, el terremoto produjo el derrumbe en un cerro ubicado frente a la bahía, lado norte, aplastando a cinco casas habitaciones, sin causar desgracias personales (**El Llanquihue**).

Entre las obras civiles, se debe destacar la destrucción del muelle de reciente construcción. El malecón de hormigón que resguardaba a la población ribereña, fue destruido en un 60%. El faro ubicado en el sector llamado Huecho Queilén tuvo serios daños (**El Llanquihue, La Unión, El Mercurio**).

En esta localidad no hubo víctimas (**El Mercurio, La Unión**).

Estimación de la Intensidad

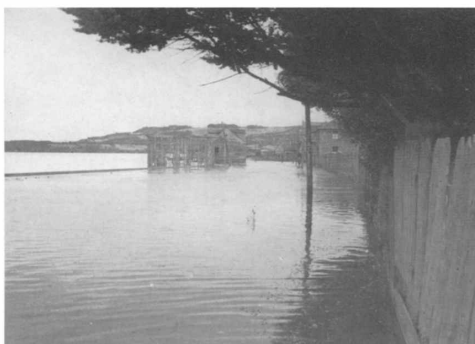
Los daños informados por la prensa permiten estimar una intensidad de *VII-VIII grados* si se considera que el porcentaje de construcciones inhabitables se debe a daños producidos por el

terremoto. Si se considera que estas viviendas quedaron en esta condición debido a la crecida del nivel de agua y que no se informa de estructuras colapsadas debido al terremoto, la intensidad puede estimarse del orden de *VII grados*.

6.4.34. Quellón

Las crecidas de mar inundaron las viviendas ubicadas vecinas a la costanera y tres meses más tarde, con la marea alta, el agua seguía invadiendo las casas, como se muestra en la Figura 6.71. Esta situación obligó a evacuar las oficinas públicas que funcionaban en el edificio municipal, al local de la Escuela Coeducacional N° 11, entre ellas se encontraban: Correos y Telégrafos, Capitanía de Puerto, Retén de Carabineros y Registro Civil (**El Llanquihue, Revista Vea**).

El muelle fiscal de este puerto quedó fuera de uso después del maremoto del 22 de mayo (**El Llanquihue**).



Situación en marea alta



Situación en marea baja



Figura 6.71. Efectos del terremoto en la ciudad de Quellón, tres meses después del terremoto.

(Sievers et al., 1963)

Estimación de la Intensidad

La información disponible no permite estimar una intensidad para este lugar. En todo caso las fotos de la Figura 6.71 no muestran una situación desoladora producto del maremoto ni del terremoto, como se pudo observar en Ancud y Castro en los sectores inundados y en las viviendas dañadas por el terremoto; esto último permite destacar que el Quellón la intensidad *fue menor* que en las dos ciudades destacadas de la isla de Chiloé.

6.4.35. Quemchi

Los daños en este lugar fueron menores; se destaca sólo el colapso de una casa de dos pisos de construcción ligera sobre pilotes; además de la destrucción de una casa en construcción. La totalidad del vecindario y comercio tuvo pérdidas por quebradura de loza, rotura de vidrios, etc (**El Llanquihue**).

El cuartel de Carabineros sufrió serios daños debido al derrumbe de un muro cortafuego del nuevo edificio fiscal en construcción, el que cayó sobre el retén, destruyéndolo en gran parte.

En los caminos el perjuicio mayor fue el derrumbe y agrietamiento de terraplenes de acceso a varios puentes, principalmente afectados resultaron los puentes “Sangra”, a la salida de este pueblo, y “Le Vicura”. Además se dañaron algunas alcantarillas ubicadas en el camino entre Quemchi y Degan, en donde empalma el camino con el de Ancud a Castro (**El Llanquihue**).

El faro de 6° orden, ubicado en el extremo del muelle fiscal, se desplomó, cayendo al mar. El faro Morro Lobos, situado sobre el Cabo del mismo nombre en la parte septentrional de la vecina isla Caucahué, fue igualmente destruido por el sismo (**El Llanquihue**).

No hubo muertos, ni heridos.

Estimación de la Intensidad

Los antecedentes reunidos permiten destacar que la intensidad fue mayor que *VI grados*. Considerando que hubo algunas construcciones con daños, una estimación aceptable de la intensidad es de ***VI- VII grados*** para esta localidad.

6.4.36. Quenac

Esta isla fue arrasada por los maremotos, existiendo 50 personas desaparecidas (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

No hay información de daños para poder estimar la intensidad en esta localidad.

6.4.37. Quenuir

El maremoto del día 22 de mayo arrasó con el pueblo de Quenuir, de 300 o 400 habitantes, resultando el 100% de las casas destruidas por las aguas. Las olas alcanzaron una altura de hasta 12 metros (**El Llanquihue, El Sur**).

En este lugar hubo 43 muertos y desaparecieron 108 personas (**El Llanquihue**).

Estimación de la Intensidad

La información de daños corresponde exclusivamente a efectos relacionados con el maremoto, por lo que resulta imposible estimar una intensidad para Quenuir.

6.4.38. Quinchao

No hubo desgracias personales en este lugar. El terremoto no revistió caracteres de gravedad en esta localidad (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

Con los datos reunidos se puede estimar que la intensidad fue *menor que VII grados*.

6.4.39. Río Negro

Esta ciudad fue seriamente afectada por el terremoto del día 22 de mayo; en ella se produjeron daños materiales de gran magnitud y un gran número de heridos y personas desaparecidas.

Los efectos devastadores que tuvo el terremoto en esta zona, se atribuyen a su configuración geográfica, lo que hizo que el sismo se manifestara con más violencia, quedando destruidos edificios de hormigón armado relativamente nuevos, como la Gobernación, Banco del Estado, etc (**El Mercurio**).

La localidad de Río Negro está ubicada a unos 25 kilómetros al sur de Osorno y construida sobre una pequeña meseta. En los faldeos de esta meseta, el 85 al 90% de las casas quedaron dañadas, inhabitables o semidestruidas, por deslizamientos de tierras y fallas en las estructuras. La mayor parte de ellas eran de madera (**La Unión**). Algunos daños se muestran en la Figura 6.72 y Figura 6.73

Daños en edificios de uso público

Entre los edificios dañados se destacan el edificio de Carabineros, del Banco del Estado, de la Gobernación, de la Municipalidad, del Hotel Central, de la escuela construida por la Sociedad Constructora de Establecimientos Educativos y la iglesia que quedó sin su torre. Muchos de

estos edificios eran de construcción reciente y estaban hechos de hormigón armado (**El Mercurio, Revista Veja, Revista Zig Zag**).

Daños en obras civiles

En general, los puentes de la región quedaron en mal estado (**La Unión**).

Servicios

La ciudad de Río Negro quedó sin luz ni agua después del terremoto (**La Unión**).

Desgracias Personales

Hubo 6 muertos y no se registraron desaparecidos (**La Discusión, La Unión**).

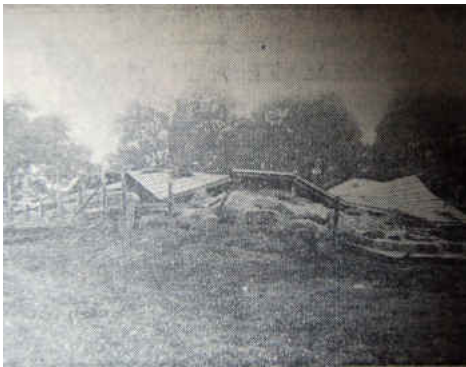
Estimación de la Intensidad

Según Duke and Leeds (1963), la intensidad en Río Negro fue de *VIII-IX grados*. En cambio, Saint-Amand (1961) estima una intensidad de *VIII grados* para esta localidad.

De acuerdo con la información de prensa, en esta zona la mayoría de las viviendas eran de madera, y al menos el 80% de ellas sufrió algún tipo de daño (grado G1 o mayor). Este porcentaje concuerda con un mapa preparado por la facultad de arquitectura de la Universidad de Chile que indica que el número de estructuras de cualquier tipo dañadas alcanzaba al 80% del total (Steinbrugge & Flores, 1963). Además se informa que los edificios de hormigón armado (de dos y tres pisos), Clase C de vulnerabilidad, colapsaron, es decir, presentaron un grado de daño 4 o 5. Lo anterior permite estimar una intensidad de ***IX grados*** en Río Negro, reconociendo que este lugar *las condiciones locales fueron determinante en el daño observado*.

Esta estimación queda respaldada por el comentario hecho por Steinbrugge y Flores (1963, BSSA-Feb) “*Río Negro appeared to have been damaged as severely as any of the larger cities; in fact, there is some evidence that the intensity was greater in Río Negro than at Valdivia or*

Puerto Montt for comparable structures on comparable soils. Poor construction practices did not seem to account for the increased damage although it was a factor in some cases.”



Galpones y cobertizos para almacenar forraje destruidos. (Fuente: El Mercurio)



Destrozos originados por los deslizamientos de tierra en Río Negro. (Fuente: La Unión)



Estado en que quedó la Municipalidad de Río Negro. (Fuente: La Unión)



Estado en que quedó el edificio de hormigón armado de la Gobernación de Río Negro. En él funcionaban siete servicios públicos: Gobernación, Correos y Telégrafos, Tesorería, Gabinete de Identificación, Inspección Escolar, Dirección de Obras Sanitarias, Registro Civil y Juzgado del Crimen. (Fuente: Revista Zig Zag)



Vista de un deslizamiento en Río Negro. (Thomas et al., 1963)



Colapso de escuela de dos pisos. (Steinbrugge and Flores, 1963)

Figura 6.72. Daños en Río Negro.



Deslizamiento de talud. (Duke y Leeds, 1963)



Foto cortesía de E. Kausel.



Foto cortesía de E. Kausel.



Foto cortesía de E. Kausel.



Foto cortesía de E. Kausel.



Foto cortesía de E. Kausel.

Figura 6.73. Daños en Río Negro.

Barros (1963), comparó los daños en Río Negro con respecto a Río Bueno, ubicada a 67 km de distancia, en construcciones de similar calidad. Este autor resalta el hecho de que hallándose en ejecución al mismo tiempo una escuela con los mismos planos y a cargo del mismo contratista en

ambas localidades, y siendo las condiciones de terreno de fundación similares según ensayos realizados, la construcción de Río Bueno no sufrió el más leve daño, no detectándose fisuras en ella. En cambio, en Río Negro se produjo una completa destrucción. Según Barros (1963) esta diferencia se debió a la ubicación de los edificios en relación con la topografía de la zona, lo que demuestra que las condiciones de confinamiento en que se encontraba el terreno de fundación eran tales que facilitaban y hacían posibles movimientos mucho más severos que los que deberían esperarse en otras zonas de configuración distinta.

6.4.40. San Pablo

En esta localidad se produjo daños materiales de gran magnitud y un gran número de heridos y personas desaparecidas (**El Mercurio**).

Estimación de la Intensidad

La información disponible no es suficiente para estimar la intensidad en esta localidad. Sin embargo, al reconocer que hubo daños materiales de gran magnitud, se puede aceptar que ella fue mayor que **VII-VIII grados**.

6.4.41. Yates

Las salidas de mar causaron diversos daños materiales en esta localidad (**El Llanquihue**). La información disponible sobre daños en esta localidad es muy escasa para estimar un valor de la intensidad.

6.5. XI REGIÓN DE AISÉN DEL GENERAL CARLOS IBÁÑEZ DEL CAMPO

6.5.1. Aisén

Esta localidad se ubica a una distancia epicentral de casi 900 km del epicentro del evento de mayor magnitud. El terremoto no produjo daños materiales ni desgracias personales (**El Mercurio, La Discusión**).

Según “El Sur”, el movimiento sísmico alcanzó una intensidad de *IV grados*, valor que no es posible confirmar con la información de los daños.

6.5.2. Balmaceda

Al igual que Aisén, el terremoto no produjo daños materiales y desgracias personales en este lugar. La prensa sólo destaca que el terremoto afectó a Balmaceda (**La Discusión**), lo que se interpreta como que fue sentido por su población. Esto a su vez indicaría que la intensidad fue *mayor que un grado II*.

6.5.3. Coihaique

En esta localidad no se informa de daños, aunque se señala que se vio afectada por el terremoto (**La Discusión**). La prensa sólo destaca que no hubo desgracias personales. Teniendo en cuenta esta información se puede estimar una intensidad *de IV grados, similar a la informada en Aisén*.

6.6. XII REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA

6.6.1. Puerto Natales

El movimiento sísmico fue de *II grados* en Puerto Natales (**El Sur**).

6.7. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Los terremotos chilenos han conformado repetitivas pruebas para numerosas estructuras sismo-resistentes. Estos terremotos son, en esencia, el mejor laboratorio para este tipo de estructuras, particularmente para construcciones con tratamientos de arquitectura moderna.

En general, para los terremotos de mayo de 1960, donde las construcciones modernas fallaron, las prácticas constructivas fueron pobres.

Según Steinbrugge y Clough (1960), el término “devastación total” o “destrucción total” ha sido frecuentemente utilizado para toda la zona de los terremotos de 1960. Sin embargo, estos términos no son adecuados y pueden ser aplicados sólo en áreas pequeñas tales como el frente costero de Puerto Montt, aun cuando aquí el daño no fue realmente total. En otras palabras, los numerosos ejemplos de estructuras sin daños dieron una positiva evidencia de que las estructuras de hormigón armado, acero estructural y de madera pueden ser perfectamente diseñadas y construidas para soportar una serie de grandes terremotos en Chile, lo cual es absolutamente confirmado por las intensidades estimadas en este capítulo si es que no se consideran los efectos producidos por condiciones locales de suelos.

Al estimar las intensidades macrosísmicas para este terremoto, pudo detectarse condiciones locales desfavorables en algunas localidades y en determinados sectores de ellas. Efectos locales dentro de ciudades se registraron en Corral, Valdivia, Ancud, Castro, Frutillar y Puerto Montt, mientras que las condiciones desfavorables fueron predominantes en Toltén, Llanquihue y Río Negro, provocando el incremento de las intensidades en aproximadamente un grado en estas localidades. En casos como la zona costera de Valdivia y Puerto Montt, los colapsos y destrucciones de estructuras fueron generalmente ocasionados por deslizamientos de los suelos o rellenos sobre los cual se encontraban, sin distinguir entre tipos de construcción. En estos casos, las intensidades macrosísmicas estimadas a partir de los daños se disparan, careciendo finalmente de sentido la realización de estas estimaciones.

En Frutillar y Llanquihue los efectos locales se reducen a los suelos arenosos pertenecientes a las orillas del Lago Llanquihue.

La máxima intensidad macrosísmica estimada para este terremoto, sin considerar los efectos locales mencionados, es de un grado VIII, en localidades como Valdivia (zona alta), Las Quemadas, Puerto Octay y Puerto Varas. Probablemente estas dos últimas localidades también hayan sido afectadas por una condición local como podría tratarse de los suelos arenosos del lago Llanquihue, pero esto no puede ser comprobado con la información disponible.

Las máximas intensidades son similares a las del terremoto del día 21 de mayo (si no se consideran efectos locales). Sin embargo, la diferencia entre ambos terremotos se aprecia en que, con el movimiento del día 22, una gran cantidad de localidades, las cuales abarcan una amplia zona, sufrieron daños equivalentes a intensidades mayores que VII grados, sin estar necesariamente cerca del epicentro.

Probablemente el terremoto del día 22 de Mayo habría provocado daños en la zona ubicada entre la isla de Chiloé y Aisén. Sin embargo, las pocas localidades de mediana importancia que se encontraban en esta zona y el gran aislamiento de ella impidieron recopilar información suficiente como para determinar las intensidades macrosísmicas en esta región. Algo similar ocurrió con la zona costera entre Arauco y la isla de Chiloé, donde fue posible estimar intensidades en muy pocas localidades, tratándose de una distancia de cientos de kilómetros entre ambos puntos. Los maremotos igualmente borraron los vestigios de los daños causados previamente por el terremoto del día 22 de Mayo en muchas localidades costeras, especialmente de las regiones IX, XIV y X, lo que también perjudicó en la estimación de intensidades.

CAPÍTULO 7: ISOSISTAS Y CURVAS DE ATENUACIÓN DE LAS INTENSIDADES DEL TERREMOTO DE VALDIVIA DEL 22 DE MAYO DE 1960

En este capítulo se trazan las curvas isosistas y se determina la curva de atenuación de las intensidades macrosísmicas del terremoto del día 22 de mayo (“*Evento-A*”).

Los resultados de este capítulo junto con los del Capítulo 5 permitirán comparar los efectos de los terremotos de mayo de 1960 con otros terremotos chilenos históricos originados por el mismo tipo de fuente sismogénica (terremotos interplaca del tipo “thrust”).

7.1. ISOSISTAS DEL TERREMOTO DEL DÍA 22 DE MAYO DE 1960

A partir de las intensidades estimadas en el Capítulo 6 se trazan las curvas isosistas del terremoto del 22 de Mayo de 1960.

En la Figura 7.1 se muestran las intensidades macrosísmicas estimadas en el Capítulo 6 para las localidades afectadas por el terremoto del 22 de mayo de 1960, todas ellas ubicadas al sur del paralelo 37.5° Sur. Un resumen con las intensidades consideradas se presenta más adelante en el Punto 7.2.2 de este capítulo.

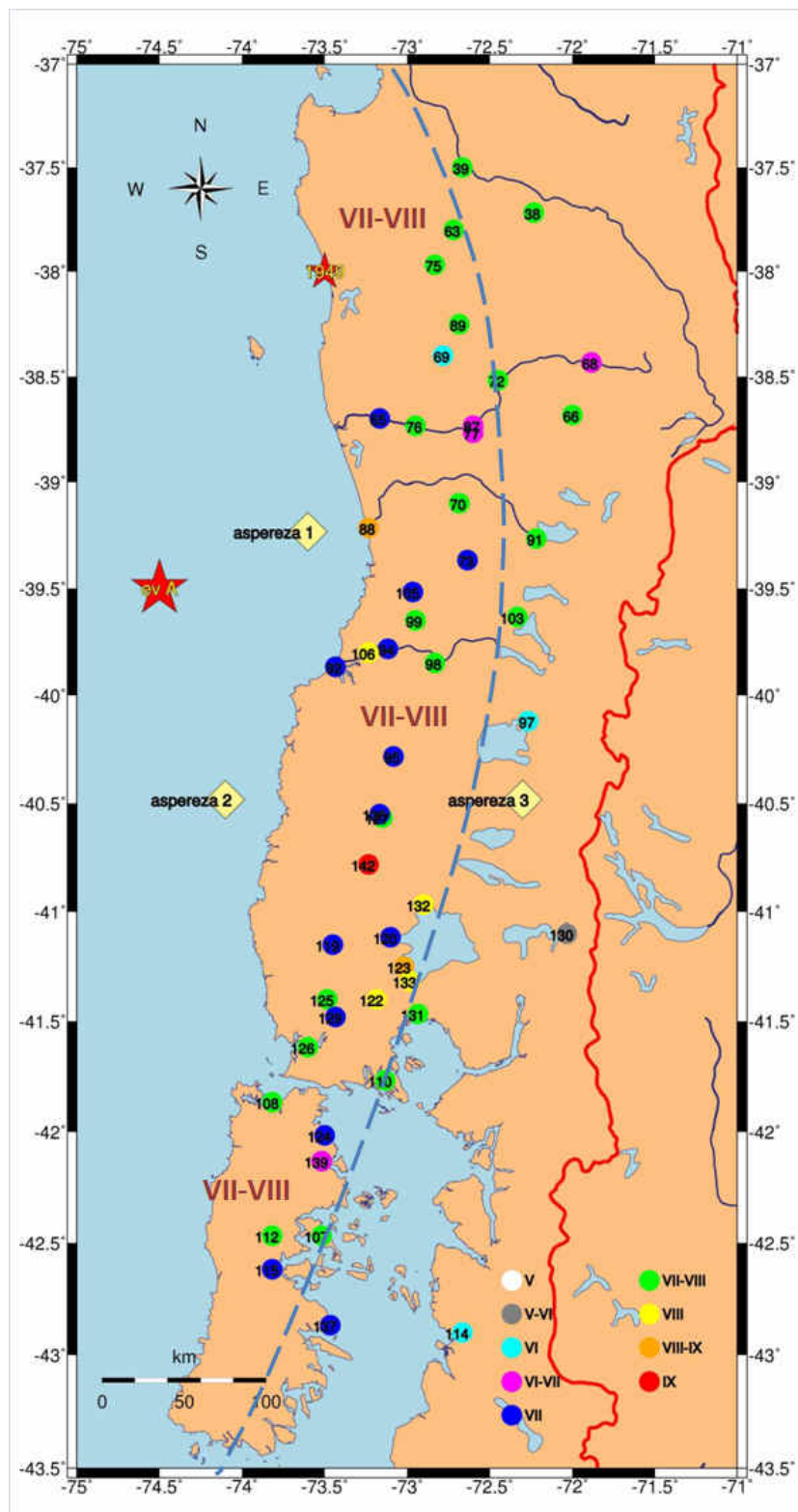


Figura 7.1. Intensidades e Isosistas del terremoto del día 22 de mayo.

En el mapa de la Figura 7.1, se aprecia que prácticamente en toda la zona predomina la intensidad de VII-VIII grados, lo que permite aceptar que la isosista VII-VIII se extiende bordeando el borde occidental de los lagos cerrándose por el norte en el sector de la bahía de Arauco. Con la escasa información disponible se puede aceptar que el cierre por el sur de esta isosista debiera estar al sur de la isla de Chiloé.

Las únicas localidades con un valor estimado de la intensidad macrosísmica al sur de Chiloé corresponden a Aisén y Coihaique, con una intensidad de IV grados. La escasa información recopilada sobre esta zona se debe principalmente a que era una zona despoblada y aislada del resto del país.

La distribución de las intensidades mostrada en la Figura 7.1 no debe sorprender si se tiene en cuenta el largo de ruptura de este terremoto, de aproximadamente 900 km, y el hecho que la energía se liberó a lo largo de la ruptura principalmente en cuatro asperezas, tres de las cuales se indican en la Figura 7.1. Ambas situaciones permiten esperar que las isosistas tengan una traza vertical muy larga.

Otro hecho que sobresale en la zona estudiada, es la escasa atenuación de la intensidad hacia el interior del continente, lo que sí se observa en el caso del terremoto del 21 de mayo.

El hecho que la distribución de las intensidades tenga las características destacadas permite identificar las localidades donde las condiciones locales fueron desfavorables, entre ellas se puede destacar Río Negro (N° 142), Valdivia (N° 106), Panguipulli (N° 103) y Llanquihue (N° 123). En estas localidades se han estimado intensidades superiores a VIII grados, y al menos un grado superior a la intensidad de las localidades vecinas (ver Figura 7.1). Por otro lado, condiciones locales favorables se identifican en Galvarino (N° 69) y probablemente Peulla (N° 130).

Cabe recordar, que en el Capítulo 6 se destacaron los efectos locales en sectores dentro de ciudades como Puerto Montt (N°131), Corral (N°92), Ancud (N° 108), Castro (N°112), Frutillar (N°120) y Valdivia (N° 106) (ver Tabla 7.4). En estos casos, las intensidades destacadas en la Figura 7.1 corresponden al menor valor estimado.

La isosista VIII se ubicaría probablemente sobre la costa, cerrando por el norte a la altura de Valdivia, y por el sur cerca del extremo norte de la isla de Chiloé. Sin embargo, como se comprueba de la Figura 7.1, se dispone de muy pocos lugares con una intensidad estimada ubicados en la línea de la costa, por lo que no puede trazarse con certeza esta isosista. Esta situación se produce debido a que en la zona estudiada existían muy pocas localidades ubicadas en la costa y además el maremoto arrasó con prácticamente todas las localidades costeras, borrando las consecuencias directas de los sismos, lo que imposibilitó asignar las intensidades de acuerdo a los procedimientos del Anexo A.

Hacia el interior la situación es muy distinta ya que en la zona de la depresión intermedia se encontraban la mayor cantidad de ciudades y pueblos donde fue posible estimar las intensidades macrosísmicas.

Al comparar las isosistas de este terremoto con las del terremoto del día 21 (ver Figura 5.1 del Capítulo 5 y Figura 7.1), se distinguen localidades como Mulchén (N° 38), Nacimiento (N° 39) y Angol (N° 63), las cuales son representadas con distintos colores en ambas figuras. Esto se debe a que se encuentran en la zona de superposición de ambos terremotos y se les ha asignado distintas intensidades para cada evento según lo estimado en los Capítulos 4 y 6.

7.2. ATENUACIÓN DE LA INTENSIDAD MACROISMICA DEL TERREMOTO DEL DÍA 22 DE MAYO DE 1960

Este terremoto fue el más importante de la secuencia de movimientos, debido a su gran magnitud y a la extensión del área de daños.

La ley de atenuación que se analiza preferentemente en esta sección es una función de la forma que propuso Barrientos (1980) para los terremotos chilenos.

Tal como se hizo con el terremoto del 21 de Mayo (ver Capítulo 5), se usan tres modelos para calcular la hipocentral (D_h) de las localidades donde se tiene una intensidad macrosísmica estimada. Dos modelos son iguales a los utilizados en el terremoto del día 21 de Mayo (primer modelo considera la medición de “ D_h ” de manera tradicional y el segundo considera la mínima distancia desde la localidad a la traza de la falla); sin embargo se consideró un modelo adicional para este terremoto, midiendo “ D_h ” como la distancia más corta del lugar a algunas de las cuatro asperezas o zonas donde se concentraron los mayores desplazamientos, según el modelo de desplazamiento variable (VSP) propuesto por Barrientos y Ward (1990).

Para los efectos del estudio de la atenuación de la intensidad macrosísmica, se ha considerado que las coordenadas del hipocentro de este terremoto son las siguientes (ver Capítulo 2):

Lat_{ep}: -39.5°
Long_{ep}: -74.5°
Prof_{ep}: 40 km

La profundidad considerada se basa en las estimaciones realizadas por diversos autores (ver Tabla 2.9).

7.2.1. Cálculo de distancias epicentrales e hipocentrales

7.2.1.1. Modelo A

En este modelo las distancias epicentrales (D_e) e hipocentrales (D_h) se calculan de la manera siguiente:

- **Distancia epicentral (D_{e1}):** Corresponde a la distancia medida en la superficie entre la localidad donde se tiene una estimación de la intensidad macrosísmica y el epicentro del sismo. Para determinarla se usa la fórmula siguiente:

$$D_{e1} = \sqrt{[(Lat_F - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_F - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_F)]^2}$$

Donde:

Lat _F :	Latitud del foco [°]
Long _F :	Longitud del foco [°]
Lat _L :	Latitud de la localidad [°]
Long _L :	Longitud de la localidad [°]

- **Distancia Hipocentral (D_{h1}):** Esta es la distancia entre el hipocentro y la localidad, la cual se calcula con la fórmula siguiente:

$$D_{h1} = \sqrt{[(Lat_F - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_F - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_F)]^2 + (H_F + h_L)^2} = \sqrt{D_{e1}^2 + (H_F + h_L)^2}$$

Donde:

Lat _F :	Latitud del foco [°]
Long _F :	Longitud del foco [°]
Lat _L :	Latitud de la localidad [°]
Long _L :	Longitud de la localidad [°]
H _F :	Profundidad del foco [km]
h _L :	Altura de la localidad [km]

En el término (H_f+h_L), la altura de la localidad “h_L” es despreciable en comparación con la profundidad del foco “H_f”, por lo que podría no considerarse. Sin embargo, como se dispone de este dato (ver Tabla C.1 del Anexo C), será utilizado en esta fórmula.

7.2.1.2. Modelo B

En este modelo, las distancias “D_e” y “D_h” se calculan considerando la longitud del plano de falla del sismo, de la manera que se indica a continuación:

- **Distancia epicentral (D_{e2}):** Corresponde a la distancia entre la localidad y la traza proyectada en la superficie de la línea del plano de falla que pasa por el hipocentro. Para determinar esta distancia D_{e2} se usa la fórmula siguiente:

$$D_{e2} = \sqrt{[(Lat_R - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_R - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_R)]^2}$$

Donde:

Lat _R :	Latitud del punto de la línea de ruptura más cercano a la localidad [°]
Long _R :	Longitud del punto de la línea de ruptura más cercano a la localidad [°]
Lat _L :	Latitud de la localidad [°]
Long _L :	Longitud de la localidad [°]

En este caso, la línea de ruptura se modela como una línea recta que coincide con el centro del plano de falla correspondiente al modelo de desplazamiento uniforme (USP) propuesto por Barrientos y Ward (1990).

En la Figura 7.2 se muestra la ubicación de la línea de ruptura sobre el modelo USP (Barrientos y Ward, 1990). A diferencia de la línea de ruptura utilizada para el terremoto del día 21 de Mayo, en este caso se considera la inclinación con respecto al eje Norte-Sur, ya que por tratarse de una falla de aproximadamente 900 km de largo, su inclinación ya no resulta intrascendentes al calcular las distancias. En la Tabla 7.1, se detallan las coordenadas de los dos extremos de la línea de falla.

Tabla 7.1. Coordenadas de los puntos extremos de la línea de falla.

Extremo Norte		Extremo Sur	
Lat. [°]	Long. [°]	Lat. [°]	Long. [°]
-37,52	-74,2	-45,14	-75,6

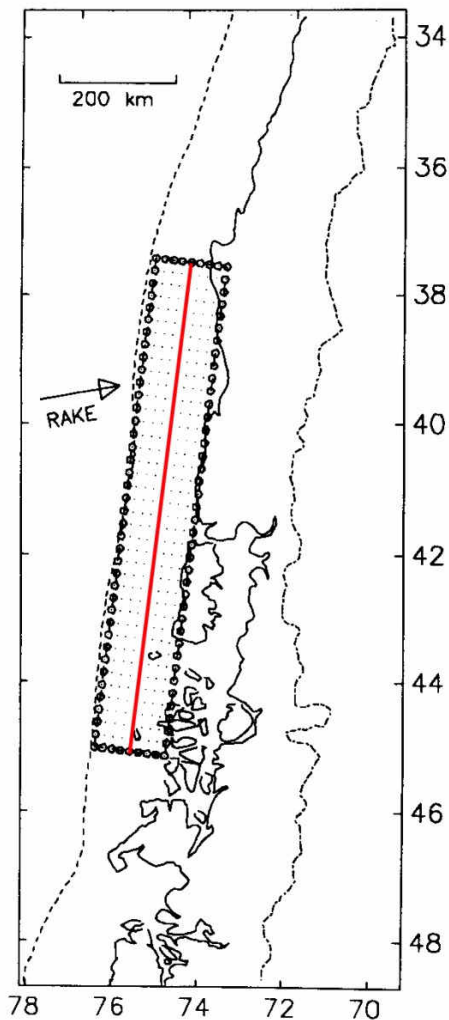


Figura 7.2. Trazas de la línea de ruptura (en rojo). En el caso del Modelo B, la distancia “De” se calcula como la mínima distancia de la localidad a esta línea.

- **Distancia Hipocentral (D_{h2}):** Esta distancia es la hipotenusa del triángulo cuyos catetos son la distancia epicentral (D_{e2}) y la profundidad del foco, resultando:

$$D_{h2} = \sqrt{D_{e2}^2 + (H_F + h_L)^2}$$

Donde:

D_{e2} : Distancia epicentral [km].

H_F : Profundidad del foco [km].

h_L : Altura de la localidad [km].

7.2.1.3. Modelo C

En este modelo, las distancias “De” y “Dh” se calculan tomando en cuenta la distancia a la aspereza más cercana, tal como se detalla a continuación:

- **Distancia epicentral (D_{e3}):** Corresponde a la distancia mínima medida en la superficie entre la localidad y la aspereza más cercana proyectada en la superficie. Para determinarla se usa la fórmula siguiente:

$$D_{e3} = \sqrt{[(Lat_A - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_A - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_A)]^2}$$

Donde:

Lat_A : Latitud de la aspereza más cercana a la localidad [°]

$Long_A$: Longitud de la aspereza más cercana a la localidad [°]

Lat_L : Latitud de la localidad [°]

$Long_L$: Longitud de la localidad [°]

- **Distancia Hipocentral (D_{h3}):** Esta es la distancia entre la localidad y la aspeza más cercana, aceptando que la aspeza se encuentra a la misma profundidad que el hipocentro. Esta es sólo una aproximación, ya que en rigor la profundidad de cada aspeza correspondería a la profundidad de la placa que subducta en tal punto. La distancia se calcula con la fórmula siguiente:

$$D_{h3} = \sqrt{[(Lat_A - Lat_L) \cdot 111,18]^2 + [(Long_A - Long_L) \cdot 111,18 \cdot \cos(Lat_A)]^2 + (H_F + h_L)^2}$$

Donde:

Lat _A :	Latitud de la aspeza más cercana a la localidad [°]
Long _A :	Longitud de la aspeza más cercana a la localidad [°]
Lat _L :	Latitud de la localidad [°]
Long _L :	Longitud de la localidad [°]
H _F :	Profundidad del foco [km]
h _L :	Altura de la localidad [km]

Ubicación de las Aspezas

En esta memoria se considera que las aspezas se encuentran ubicadas en los puntos donde se concentró el mayor deslizamiento según el modelo de deslizamiento variable (VSP) propuesto por Barrientos y Ward (1990). La Figura 7.3 muestra las zonas donde se concentran los deslizamientos del modelo VSP y las cuatro aspezas (en rojo) consideradas.

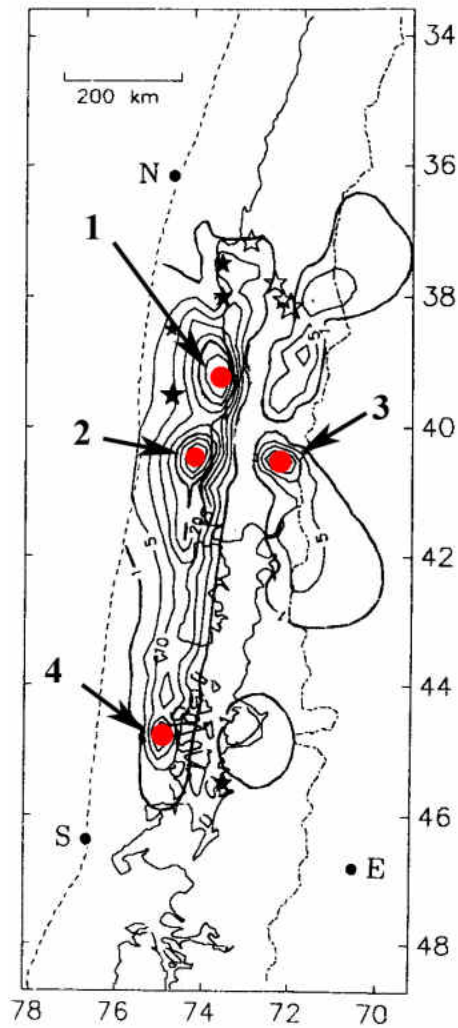


Figura 7.3. Ubicación de las asperezas (puntos rojos) para el cálculo de distancias en el Método C.

Finalmente, en la Tabla 7.2 se indican las coordenadas donde se ubican las asperezas mencionadas y con las cuales se calculan las distancias “De” y “Dh” en el Modelo C.

Tabla 7.2. Coordenadas de las asperezas usadas en el Modelo C.

ASPEREZA	LAT. [°]	LONG. [°]
1	-39,24	-73,6
2	-40,48	-74,1
3	-40,48	-72,3
4	-44,69	-74,9

7.2.1.4. Valores de las distancias epicentrales e hipocentrales

La Tabla 7.3 entrega la distancia epicentral “De” e hipocentral “Dh” de cada una de las localidades donde se estimó un valor de la intensidad macrosísmica en el Capítulo 6.

Tabla 7.3. Distancias “De” y “Dh” calculadas con los tres modelos propuestos.

REGIÓN	LOCALIDAD		DISTANCIAS EPICENTRALES E HIPOCENTRALES [km]					
			MÉTODO A		MÉTODO B		MÉTODO C	
	ID.	Nombre	De	Dh	De	Dh	De	Dh
VIII	38	Mulchén	278	281	176	181	206	210
	39	Nacimiento	272	275	135	141	210	213
IX	63	Angol	243	246	135	141	177	182
	64	Boroa	166	170	138	144	86	95
	65	Carahue	145	150	109	116	71	81
	66	Cherquenco	233	236	210	213	151	156
	67	Collipulli	247	251	162	167	175	180
	68	Curacautín	254	257	216	220	173	178
	69	Galvarino	191	196	138	143	117	124
	70	Gorbea	162	167	156	161	80	90
	71	Labranza	172	176	145	151	91	100
	72	Lautaro	207	211	168	173	128	134
	73	Loncoche	161	166	164	169	84	93
	74	Lonquimay	305	307	273	276	223	227
	75	Los Sauces	222	226	127	133	156	161
	76	Nueva Imperial	158	163	128	134	80	89
	77	Padre Las Casas	182	187	159	164	101	109
	78	Perquenco	218	222	173	177	139	145
	79	Pitrufquén	169	173	157	162	87	96
	80	Pucón	219	223	220	224	138	144
	81	Puerto Domínguez	127	134	104	111	50	64
	82	Puerto Saavedra	124	130	89	98	54	67
84	Queule	110	117	113	120	35	53	
85	Quilquén	218	222	139	145	148	153	
86	Quitratué	162	167	158	163	81	90	
87	Temuco	184	188	158	163	103	111	
88	Toltén	113	120	110	117	32	51	
89	Traiguén	209	213	144	150	136	141	
90	Victoria	234	238	174	179	158	163	
91	Villarica	198	202	198	202	119	126	
XIV	92	Coral	100	108	102	110	71	82
	93	Futrono	193	198	194	198	39	56
	94	Huelleshue	123	129	128	134	73	83
	95	La Unión	150	155	138	144	70	80
	96	Lanco	147	153	152	157	74	84
	97	Llifén*	207	211	206	210	31	51
	98	Los Lagos	148	154	153	158	83	92
	99	Máfil	134	140	141	146	72	82
	100	Mehuín	114	121	119	125	43	59
	101	Neltume	221	225	228	232	81	91
	102	Niebla	102	110	105	112	70	80
	103	Panguipulli	186	191	193	197	94	102
	104	Río Bueno	160	165	148	153	59	71
	105	San José de la Mariquina	132	138	137	143	63	74
	106	Valdivia	114	121	118	125	70	80

REGIÓN	LOCALIDAD		DISTANCIAS EHCENTRALES E HIPOCENTRALES [km]					
			MÉTODO A		MÉTODO B		MÉTODO C	
	ID.	Nombre	De	Dh	De	Dh	De	Dh
X	107	Achao	340	342	130	136	226	229
	108	Ancud	270	273	98	106	156	161
	109	Bahía Mansa	133	139	84	93	29	50
	110	Calbuco	278	281	153	158	159	164
	111	Carelmapu	259	262	105	113	145	150
	112	Castro	335	337	107	114	222	225
	113	Chacao	272	275	121	128	157	162
	114	Chaitén	409	411	205	209	266	269
	115	Chonchi	351	353	109	116	238	241
	116	Cucao	350	352	84	93	237	241
	117	Dalcahue	326	328	114	121	212	215
	118	Entre Lagos	209	213	184	188	34	53
	119	Fresia	204	208	119	125	92	101
	120	Frutillar	216	220	148	153	98	106
	121	Lago Ranco	194	198	188	192	25	47
	122	Las Quemadas	240	243	144	150	127	133
	123	Llanquihue	232	236	156	161	105	112
	124	Lliuco	292	295	126	132	177	182
	125	Los Muermos	229	232	119	126	115	121
	126	Mauñín	248	251	113	120	133	139
	127	Osorno	166	171	136	142	73	83
	128	Palena	513	515	283	286	272	275
	129	Pargua	272	275	129	135	157	162
	130	Peulla	276	279	237	240	73	83
	131	Puerto Montt	257	260	166	171	123	129
	132	Puerto Octay	213	217	162	167	74	84
	133	Puerto Varas	240	244	160	165	110	117
	134	Puqueldón	352	354	123	129	238	241
	135	Pumanque	195	199	139	145	88	97
	136	Puyehue	227	230	207	211	19	45
	137	Queilén	385	387	140	145	231	235
	138	Quellón	408	410	132	138	205	209
	139	Quemchi	304	306	126	132	189	193
140	Quenac	345	347	146	151	230	234	
141	Quinchao	350	352	140	146	235	238	
142	Río Negro	179	184	132	138	81	90	
143	San Pablo	162	167	145	150	61	73	
XI	144	Aysén	674	675	138	143	191	195
	145	Balmaceda	754	755	202	206	289	292
	146	Coihaique	706	707	171	175	244	248
XII	147	Puerto Natales	1371	1371	747	748	805	806

7.2.2. Intensidades macrosísmicas estimadas por distintos autores

En la Tabla 7.4 se resume las estimaciones de las intensidades macrosísmicas de este terremoto realizadas por diversos autores, en el presente trabajo (ver Capítulo 6) y las reportadas por la prensa escrita consultada. En particular, las intensidades macrosísmicas estimadas en el Capítulo 6 corresponden a los valores de la columna sombreada de la Tabla 7.4.

La identificación del medio de prensa de donde se obtuvo esta información es la siguiente:

P1: La Discusión de Chillán

P6: El Sur de Concepción

P3: La Unión de Valparaíso

P8: El Llanquihue

P5: El Mercurio de Santiago

Tabla 7.4. Intensidades macrosísmicas del terremoto del 22 de mayo de 1960.

REGIÓN	LOCALIDAD			INTENSIDAD												
				Lazo (2008)	Prensa					Saint Amand (1961)	Álvarez (1963)	Galli y Sánchez (1963)	Duke y Leeds (1963)	Watanabe y Karzulovic (1960)	Weischet (1963)	Thomas et. al (1963)
	ID.	Nombre	Barrio o zona	I _{LAZO}	I _{P1}	I _{P3}	I _{P4}	I _{P6}	I _{P8}	I _{A1}	I _{A2}	I _{A3}	I _{A4}	I _{A5}	I _{A6}	I _{A7}
VIII	38	Mulchén	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	39	Nacimiento	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IX	63	Angol	-	7,5	-	-	7	6	-	7	-	-	-	-	-	-
	64	Boroa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	65	Carahue	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	66	Cherquenco	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	67	Collipulli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	68	Curacautín	-	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	69	Galvarino	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	70	Gorbea	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	71	Labranza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	72	Lautaro	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	73	Loncode	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-
	74	Lonquimay	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	75	Los Sauces	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	76	Nueva Imperial	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	77	Padre Las Casas	-	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	78	Perquenco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	79	Pitufquén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-
	80	Pucón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	81	Puerto Domínguez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	82	Puerto Saavedra	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	7 a 8 CMS	-	-
	84	Queule	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
85	Quilquén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
86	Quitratué	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
87	Temuco	-	6,5	7,0	-	-	-	-	7 ⁺	-	-	5	6,5 CMS	-	-	
88	Toltén	-	8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8 a 9 CMS	-	-	
89	Traiguén	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 a 8 CMS	-	-	
90	Victoria	-	-	-	8	-	6	-	-	-	-	-	6 a 7 CMS	-	-	
91	Villarica	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
XIV	92	Corral	zona baja	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			zona alta	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-
	93	Futroño	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	94	Huellehue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-
	95	La Unión	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	7	-	7	-	
	96	Lanco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 CMS	-	-	
	97	Llifén*	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	
	98	Los Lagos	-	7,5	-	-	-	-	6 ⁺	-	-	-	-	-	-	
	99	Máfil	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	
	100	Mehuín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	101	Neltume	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
102	Niebla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
103	Panguipulli	-	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

REGIÓN	LOCALIDAD			INTENSIDAD													
				Lazo (2008)	Prensa					Saint Amand (1961)	Álvarez (1963)	Galli y Sánchez (1963)	Duke y Leeds (1963)	Watanabe y Karzulovic (1960)	Weischet (1963)	Thomas et. al (1963)	
	ID.	Nombre	Barrio o zona	I _{LAZO}	I _{P1}	I _{P3}	I _{P4}	I _{P6}	I _{P8}	I _{A1}	I _{A2}	I _{A3}	I _{A4}	I _{A5}	I _{A6}	I _{A7}	
XIV	104	Río Bueno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	7	-	
	105	San José de la Mariquina	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	6	7 CMS	-	-	
	106	Valdivia	Zona costera	9,0	-	8	-	-	-	12	9	-	10	10 CMS	10	-	
Zona alta			8,0	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	
X	107	Achao	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	108	Ancud	zona baja	8,5	-	8	-	-	-	8 ⁺	-	9	7	-	-	-	
			zona alta	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	109	Bahía Mansa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	110	Calbuco	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	111	Caremapu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	112	Castro	ciudad gral.	7,5	-	-	-	-	-	8	-	8	-	-	-	-	-
			zonas con pendientes	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-
	113	Chacao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	114	Chaitén	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	115	Chonchi	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	116	Cucao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	117	Dalcahue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	118	Entre Lagos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	119	Fresia	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	120	Frutillar	Frutillar Alto	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 CMS	-	-	
			Frutillar Bajo	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8 CMS	-	-	
	121	Lago Ranco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	122	Las Quemadas	-	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	123	Llanquihue	-	8,0 - 9,0	-	-	-	-	-	7 ⁺	-	-	10	7 a 8 CMS	10	-	
	124	Lliuco	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	125	Los Muermos	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	126	Mauñín	-	7,5	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	7,5	
	127	Osomo	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	7,5	7,5	-	-	
	128	Palena	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	129	Pargua	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	130	Peulla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	-	
	131	Puerto Montt	zona costera	9,0	-	-	-	-	9	12	-	-	11	10 a 11	-	-	
			zona alta	7,5	-	-	-	-	8	7 ⁺	-	-	8	7 a 8	-	-	
			rellenos artif	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
132	Puerto Octay	-	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
133	Puerto Varas	-	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7 a 8 CMS	-	-		
134	Puqueldón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
135	Purranque	-	8,0	-	-	-	-	-	8 a 9	-	-	7	-	-	-		
136	Puyehue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
137	Queilén	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
138	Quellón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
139	Quemchi	-	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
140	Quenac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
141	Quinchao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
142	Río Negro	-	9,0	-	-	-	-	-	8	-	-	8,5	-	-	-		
143	San Pablo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
XI	144	Aysén	-	-	-	-	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-		
	145	Balmaceda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	146	Coihaique	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
XII	147	Puerto Natales	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-		

7.2.3. Curvas de atenuación de las intensidades macrosísmicas estimadas en el Capítulo 6

En la Figura 7.4 a la Figura 7.7 se muestra la curva del “tipo Barrientos”, $I_{MSK} = a + b \times \log_{10}(D_h) + c \times D_h$, o del tipo exponencial que representa el mejor ajuste entre el valor promedio de la distancia hipocentral asociado a un valor dado de la intensidad macrosísmica (estimada en el Capítulo 6). Cada una de estas figuras representa la curva que se obtiene al aplicar cada uno de los modelos usados para determinar la distancia hipocentral (Modelo A, Modelo B y Modelo C).

En estas figuras, los puntos ubicados al norte y al sur del epicentro se identifican con una marca distinta. Esta diferenciación se realiza debido a que la ruptura del sismo del 22 de Mayo se propagó desde el epicentro hacia el sur, por lo que interesa analizar si la ubicación de una localidad con respecto al epicentro (norte o sur) influye en la intensidad estimada.

Al calcular la distancia promedio para cada intensidad (puntos marcados en color amarillo en las figuras), no se consideraron aquellas intensidades con claro efecto de condiciones locales. Es así como no se consideraron las intensidades asignadas a la zona costera y a los rellenos artificiales de Puerto Montt, Frutillar Bajo, las zonas con pendientes de Castro, y las zonas bajas de Ancud, Corral y Valdivia. En cambio si se consideraron las intensidades estimadas en el Capítulo 6 en los barrios o zonas dentro de estas localidades donde no se detectaron estos efectos.

En la Figura 7.4 a la Figura 7.7 se dibuja además la curva que resulta al aplicar la fórmula de atenuación de intensidades macrosísmicas propuesta por Barrientos (1980) para terremotos chilenos, la que tiene la expresión siguiente:

$$I_B(M, D_h) = 1,3844 \cdot M - 3,7355 \cdot \log_{10}(D_h) - 0,0006 \cdot D_h + 3,8461 \quad \text{Ec. (7.1)}$$

Donde:

M: Magnitud de Richter (M_s).

D_h : Distancia hipocentral [km].

Considerando que para este terremoto hay coincidencia entre los distintos autores en relación con la magnitud de Richter ($M_s = 8.5$), se utilizará este valor en la fórmula propuesta por Barrientos, reconociendo que él corresponde a un valor saturado y por lo mismo puede producir diferencias con las intensidades macrosísmicas estimadas. La ecuación que resulta con esta magnitud es la siguiente:

$$I_B(D_h) = 15.6315 - 3,7355 \cdot \log_{10} \cdot D_h - 0,0006 \cdot D_h \quad \text{Ec. (7.2)}$$

El tramo con línea discontinua de la curva de ajuste del “tipo Barrientos” de la Figura 7.4 a la Figura 7.7 corresponde a la zona de extrapolación de los datos.

En la Figura 7.4 se muestra la curva de atenuación del “tipo Barrientos” que se ajusta a las intensidades estimadas cuando se usa la distancia hipocentral determinada con el Modelo A.

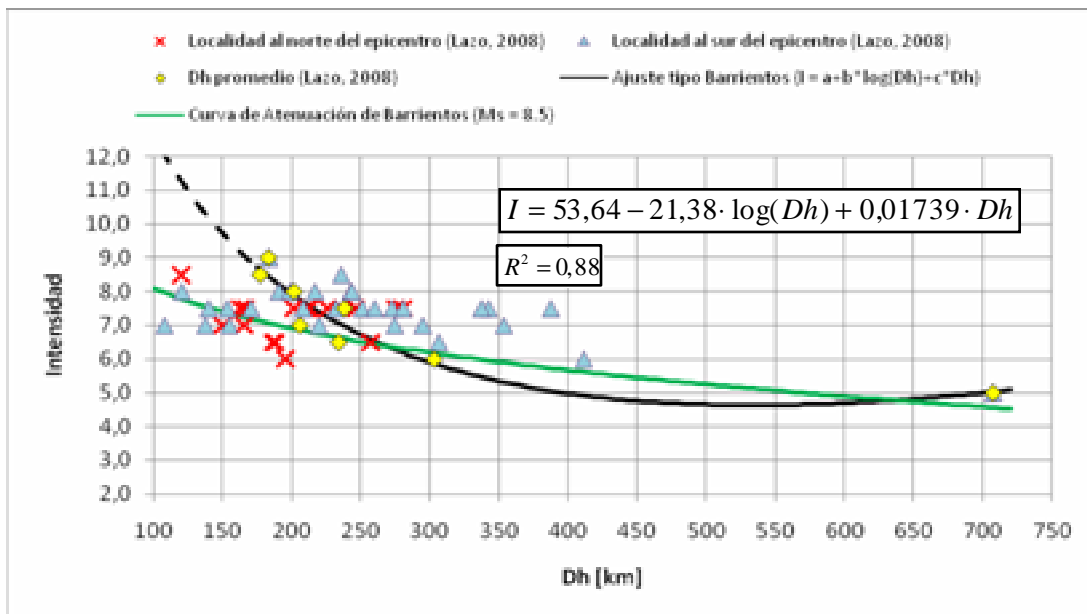


Figura 7.4. Curvas de Atenuación de la intensidad macrosísmica “*tipo Barrientos*” para el Modelo A.

Según lo detallado más adelante en la Tabla 7.5 donde se comparan los parámetros de las curvas de ajuste para cada modelo propuesto, la curva de ajuste del “*tipo Barrientos*” para las distancias hipocentrales calculadas con el Modelo A, presenta un coeficiente de correlación relativamente alto. Sin embargo, en la Figura 7.4 se observa que esta curva de ajuste no representa adecuadamente las atenuaciones, ya que para distancias menores que 100 km las intensidades calculadas superan ampliamente el grado XII, valor máximo de la escala de intensidades. Otra desventaja de esta representación es que la curva de ajuste tiene un mínimo que se produce cerca de los 500 kilómetros, lo cual no es aceptable dado que las curvas de atenuación deben ser siempre decrecientes.

La Figura 7.5 muestra los datos y la curva de atenuación que se obtiene al utilizar las distancias hipocentrales que resultan al aplicar el Método B. En este caso no fue posible realizar un ajuste del “*tipo Barrientos*”, por lo que se propone una curva de ajuste del tipo exponencial.

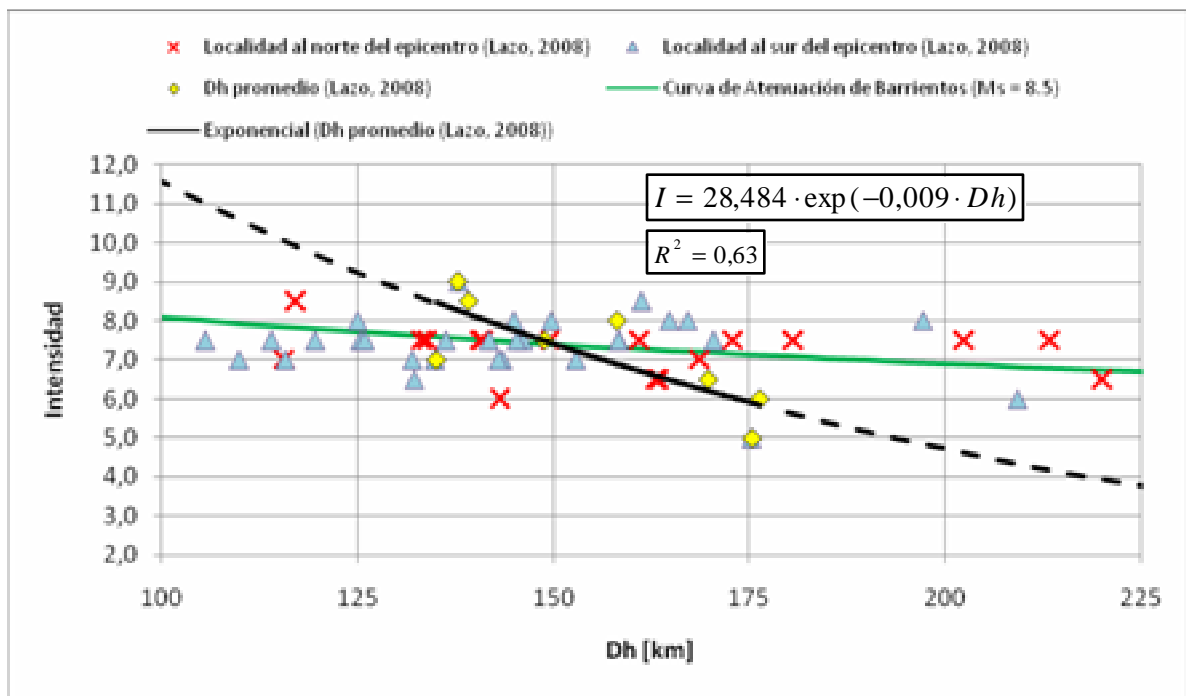


Figura 7.5. Curvas de Atenuación de la intensidad macro sísmica “*tipo exponencial*” para el Modelo B.

Dado que una curva de ajuste del tipo Barrientos no es adecuada para analizar la atenuación de la intensidad macro sísmica del terremoto cuando las distancias hipocentrales se determinan con el Modelo B, se intenta con una curva de ajuste de tipo exponencial, tal como la mostrada en la Figura 7.5. En este caso, la curva de atenuación exponencial presenta intensidades mayores que 12 para distancias hipocentrales menores que 100 km, lo cual no corresponde al daño observado. Además, el coeficiente de correlación es muy bajo. De lo anterior se puede concluir que el Modelo B para determinar las distancias no es adecuado para calcular las atenuaciones de intensidades macro sísmicas para un terremoto de estas características.

Por último, las curvas de atenuaciones ajustadas utilizando las distancias determinadas de acuerdo con el Modelo C, se muestran en la Figura 7.6.

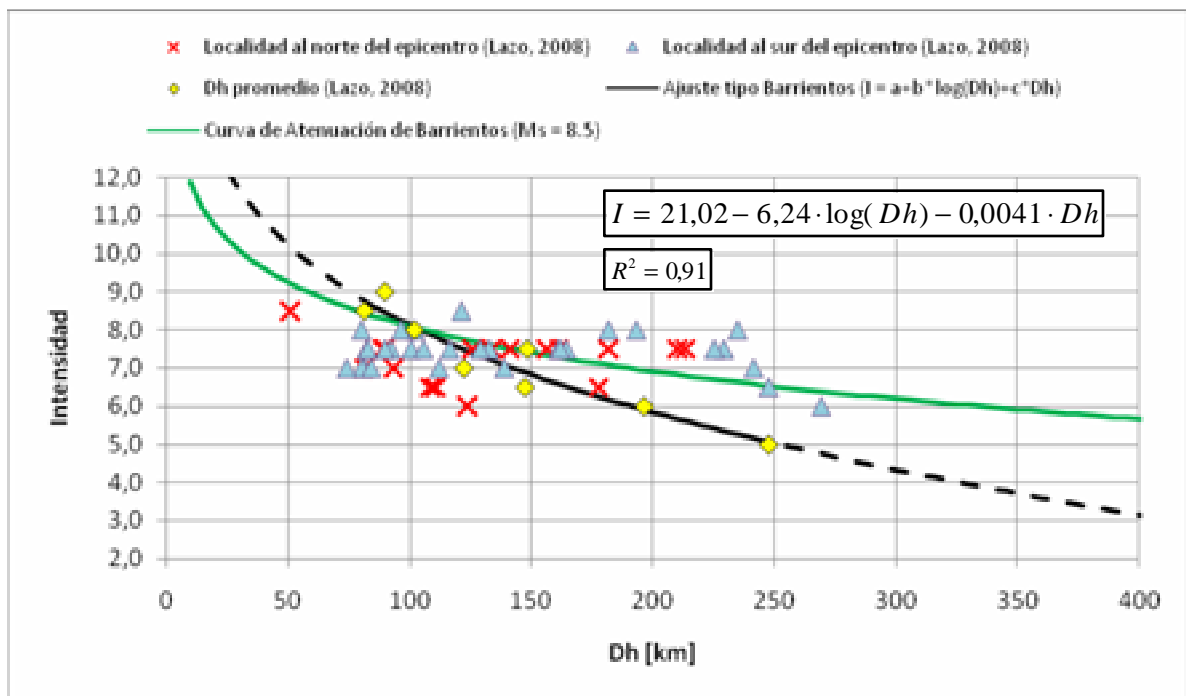


Figura 7.6. Curvas de Atenuación de la intensidad macro sísmica “*tipo Barrientos*” para el Modelo C.

La curva de ajuste del “*tipo Barrientos*” de la Figura 7.6, (Método C) es bastante más representativa de los datos de intensidades lo que se confirma por la buena correlación obtenida (ver Tabla 7.5 más adelante) y por su forma siempre decreciente.

Sin embargo, con los datos disponibles, se puede destacar que una curva de ajuste del tipo exponencial como la mostrada en la Figura 7.7 es la curva de atenuación más adecuada para estudiar la atenuación de las intensidades macro sísmicas de este terremoto cuando se usa el Método C para determinar las distancias hipocentrales, ya que también es decreciente y presenta una correlación levemente superior con los datos de intensidades macro sísmicas estimados en el Capítulo 6.

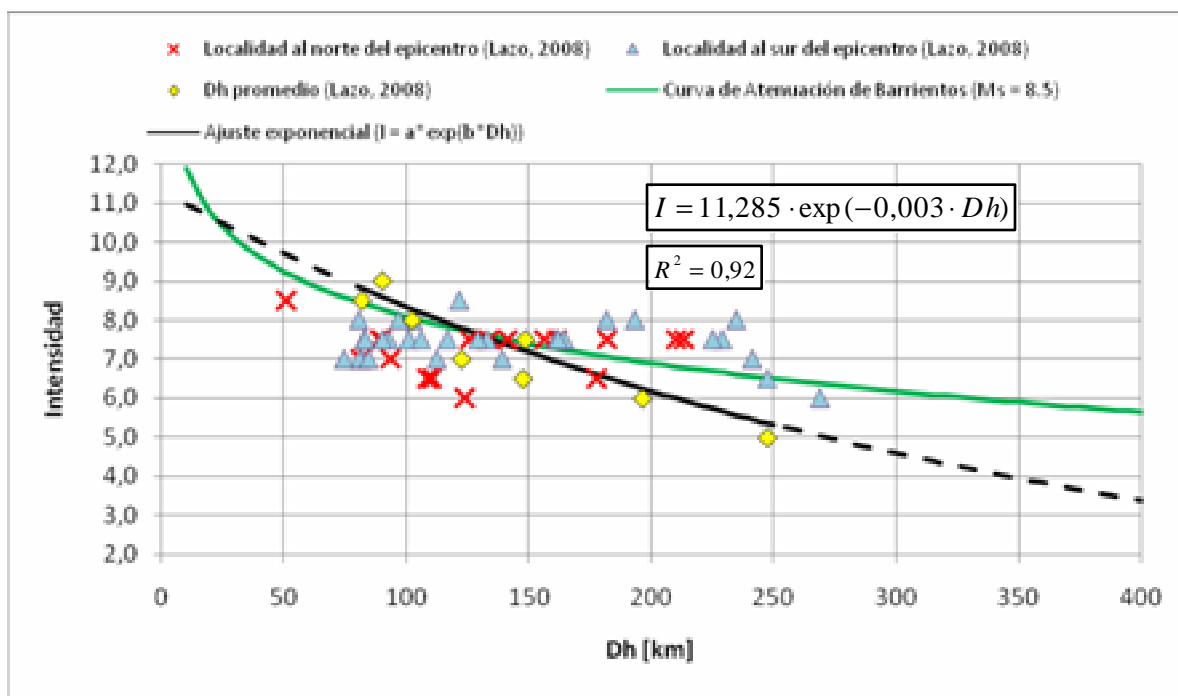


Figura 7.7. Curvas de Atenuación de la intensidad macro sísmica “*tipo exponencial*” para el Modelo C.

En la Tabla 7.5 se entregan los valores de las constantes de las curvas de ajuste del tipo de Barrientos, mostradas en la Figura 7.4 a la Figura 7.7, como así también los coeficientes de correlación para estas curvas.

Tabla 7.5. Constantes y Coeficientes de Correlación (R^2) de las curvas de ajuste.

Método	Ajuste tipo Fórmula de Atenuación de Barrientos				
	Forma	Constantes			Coef. de correlación
		a	b	c	R^2
A	$I(D_h) = a + b \cdot \log_{10}(D_h) + c \cdot D_h$	53,64	-21,38	0,0174	0,88
B	$I(D_h) = a \cdot \exp(b \cdot D_h)$	28,484	-0,009	-	0,75
C	$I(D_h) = a + b \cdot \log_{10}(D_h) + c \cdot D_h$	21,02	-6,24	-0,0041	0,91
	$I(D_h) = a \cdot \exp(b \cdot D_h)$	11,285	-0,003	-	0,92

El propósito de mostrar las curvas de atenuación propuesta por Barrientos en la Figura 7.4 a la Figura 7.7 es ver si esta fórmula es adecuada para terremotos con las características del terremoto del 22 de mayo.

7.2.4. Análisis de los resultados de atenuación de las intensidades macrosísmicas

- Al comparar las curvas de atenuación se observa que las ecuaciones que resultan al utilizar los distintos modelos para calcular la distancia hipocentral “Dh” son diferentes, mejorando la correlación con los datos cuando se utiliza como distancia hipocentral la distancia a la aspereza más próxima (Modelo C).
- Según la Figura 7.4, la fórmula de atenuación propuesta por Barrientos subestima las intensidades de este terremoto cuando las distancias hipocentrales se calculan con el Método A. Para el caso en que las distancias se calculen con el Modelo B, de la Figura 7.5 se observa que la fórmula propuesta por Barrientos se encuentra relativamente cerca de la mayoría de los datos disponibles, sin embargo, la correlación con los datos es baja.
- Para el caso en que la distancia hipocentral se calcula con el Modelo C, se observa que la fórmula de atenuación propuesta por Barrientos sobrestima las intensidades para distancias con valores mayores que 150 km.

7.3. COMENTARIOS

Para el terremoto del día 22 de mayo, dada su inusual magnitud, pareciera que los resultados de los estudios realizados para terremotos de menor magnitud no son aplicables, debiéndose revisar la forma de calcular las distancias cuando se estudia la atenuación de las intensidades.

De los resultados obtenidos, pareciera que el mejor procedimiento es aquel que considera la distancia a la aspereza más cercana y una fórmula de atenuación del tipo exponencial.

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

8.1. DATOS DE LOS TERREMOTOS

Los terremotos chilenos del 21 y 22 de mayo de 1960 afectaron a una extensa zona del territorio nacional. Se estima que el largo de la ruptura que representó la ocurrencia de estos eventos en conjunto bordeó los 1000 km, ocasionando daños en las localidades ubicadas sobre la misma extensión. Esta característica y la energía liberada por el terremoto del día 22 superan la de cualquier terremoto registrado en la historia ($M_w = 9,5$), lo que los convierte en los terremotos históricos de mayor importancia científica a nivel nacional y mundial.

Ambos terremotos formaron parte de una secuencia de eventos que podría considerarse como un solo gran evento que se desató progresivamente durante dos días (21 y 22 de mayo) en dirección y sentido Norte-Sur, con una propagación de la ruptura prácticamente paralela al territorio chileno. La superficie afectada equivale al 19% del total del país, aunque la población del área afectada correspondía al 31% del total de habitantes de ese entonces, sumando un total de 2.400.000 personas.

El epicentro del terremoto del día 21 se ubicó cercano a las costas de la bahía de Arauco, mientras que el evento principal del día 22 fue localizado aproximadamente 100 km mar adentro, poco más al norte de la bahía de Corral y de la ciudad de Valdivia.

Existen evidencias suficientes de que los terremotos de mayo de 1960 presentaron las características de eventos interplaca, tal como son las altas magnitudes, epicentros marinos o cercanos a la costa, y la lenta atenuación de intensidades, la cual se refleja en una amplia zona de daños asociada a los terremotos.

Los datos del tipo sismológico de los terremotos del día 21 y 22 de mayo de 1960, corresponden a los indicados en la Tabla 8.1 y Tabla 8.2 respectivamente. Estos datos son los datos considerados como los más probables de acuerdo con los antecedentes reunidos en esta memoria.

Tabla 8.1. Datos del terremoto del 21 de Mayo de 1960.

DATO	VALOR	REFERENCIA
Fecha	21 de Mayo de 1960	CGS (Ceresis, 1985)
Hora Oficial Chilena	6:02:50	CGS (Ceresis, 1985)
Hora GMT	10:02:50	CGS (Ceresis, 1985)
Coordenadas epicentrales	37,5 Latitud Sur 73,5 Longitud Oeste	CGS (Ceresis, 1985)
Profundidad Focal	> 50 km	Saint Amand
Magnitud Ms	8.0	MOS (Boletín ISC)
Tipo de evento	Interplaca tipo "Thrust"	Cifuentes (1989)
Momento Sísmico (M_o)	$(2\pm 1) \times 10^{21}$ N m	Cifuentes (1989)
Magnitud de Kanamori (M_w)	8.0	Cifuentes (1989)
Desplazamiento Promedio	-	-
Largo de Ruptura (L)	150 km	Cifuentes (1989)

Tabla 8.2. Datos del terremoto del 22 de Mayo de 1960.

DATO	VALOR	REFERENCIA
Fecha	22 de mayo de 1960	CGS (Ceresis, 1985)
Hora Oficial Chilena	15:11:17	CGS (Ceresis, 1985)
Hora GMT	19:11:17	CGS (Ceresis, 1985)
Coordenadas epicentrales	39,5 Latitud Sur 74,5 Longitud Oeste	CGS (Ceresis, 1985)
Profundidad Focal	24 - 40 km	Cifuentes (1989)
Magnitud Ms	8.5	PAS (Ceresis, 1980)
Tipo de evento	Interplaca tipo "Thrust"	Cifuentes (1989)
Momento Sísmico (M_o)	$(2,7) \times 10^{23}$ N m	Kanamori & Cipar (1974)
Magnitud de Kanamori (M_w)	9.5	KAN (Ceresis, 1980)
Desplazamiento Promedio	24 m	Kanamori & Cipar (1974)
Largo de Ruptura (L)	920 ± 100	Cifuentes (1989)

8.2. DAÑOS PRODUCIDOS POR LOS TERREMOTOS

La información de daños reunida para los terremotos ocurridos el mes de mayo de 1960 indica que las viviendas que más sufrieron en estos eventos fueron las viviendas construidas por sus propietarios, destacando por los niveles de daño las construcciones de adobe y de albañilería sin los refuerzos recomendados por las normas técnicas que se oficializaron después del terremoto de Chillán de 1939, las que predominaban en la zona ubicada en el sector norte del área de daños y las viviendas construidas con madera de baja resistencia al intemperismo, las que predominaban en el sector sur del área de daños.

Las situaciones en las que se observó destrucción total de las viviendas, corresponde a las construcciones afectadas por grandes deformaciones en los suelos de fundación producto de deslizamientos, hundimientos y licuación o por el impacto que representa la caída de los muros cortafuegos de albañilería no reforzada, elementos en los cuales se presentaron muchos casos de colapso. Otro grupo de viviendas seriamente afectado, corresponde a casas antiguas, con mal mantenimiento y que en algunos casos acumulaban daños de terremotos anteriores como son los terremotos de Chillán en 1939, de Angol en 1949 y de Concepción-Chillán en 1953. La situación fue probablemente un poco más favorable para las viviendas de madera, ya que su flexibilidad y menor peso las protegió de mejor forma, de no mediar las situaciones que produjeron los colapsos.

Todas estas construcciones corresponden a una Clase A de vulnerabilidad y en el mejor de los casos a una Clase B de vulnerabilidad, según la clasificación usada por la escala MSK-64.

Finalmente, las viviendas y construcciones antisísmicas, minoritarias en la zona, tuvieron un comportamiento satisfactorio frente a los terremotos de 1960. Dentro de este tipo de construcciones se encuentran las viviendas de albañilería confinada y los edificios de hormigón armado, los que corresponden por lo menos a una Clases C de vulnerabilidad. Construcciones de este tipo sufrieron daños de consideración solamente cuando existían problemas de asentamientos de las fundaciones de las estructuras debido a las causas ya destacadas.

Los daños descritos representan la situación observada para ambos terremotos, ya que ambos terremotos presentaron intensidades macrosísmicas máximas comparables y cercanas a un grado VIII.

8.3. TERREMOTO DE CONCEPCIÓN DEL 21 DE MAYO DE 1960

8.3.1. Intensidades Macrosísmicas

Con la información reunida de la lectura de la prensa de la época y de los informes disponibles, se ha podido determinar las intensidades macrosísmicas en varias localidades ubicadas cerca del epicentro de este terremoto a partir de los daños reportados. Sin embargo, faltan datos de los daños para determinar las intensidades en las localidades ubicadas al sur del epicentro, ya que en esta zona los daños reportados corresponden a los causados principalmente por el terremoto del día 22 de Mayo. Con la información reunida fue posible determinar las intensidades en un total de 58 localidades, estando la mayoría de éstas ubicadas hacia el norte y hacia el este del epicentro.

Las mayores intensidades se encuentran cercanas al epicentro, produciéndose la intensidad macrosísmica máxima estimada para este terremoto en Lebu (IX grados), valor en el cual no se descarta la presencia de algún efecto de una **condición local** que produjo un incremento del valor de la intensidad macrosísmica de al menos un grado respecto a otras localidades cercanas al epicentro, como es el caso de Curanilahue que presentó una intensidad de grado VII-VIII. Con este y otros antecedentes se concluye que en la zona epicentral del terremoto del 21 de mayo se puede estimar una intensidad macrosísmica máxima de VII-VIII grados si se descartan aquellos lugares donde se manifiestan los efectos de las condiciones locales del terreno de fundación. Entre estas últimas localidades se encuentran las ubicadas a las orillas del Río Bío Bío, entre ellas se pueden destacar: Concepción, Talcahuano, Hualqui, Santa Juana y Talcamávida, las cuales presentan intensidades al menos medio grado superior a las localidades vecinas de la zona epicentral.

Incrementos similares se pudo detectar en Coronel y Carampangue. Por otro lado, en Lirquén no se descartan los efectos de una condición local favorable, ya que la intensidad macrosísmica en esta localidad es al menos un grado inferior al de las localidades cercanas.

8.3.2. Isosistas

Las curvas isosistas trazadas presentan la forma elíptica característica de los terremotos interplaca chilenos, con un eje mayor paralelo a la costa y ubicado cercano a ella. Estas curvas isosistas muestran que existe una atenuación de las intensidades más lenta hacia el norte del epicentro, lo que no se compadece con el hecho que la ruptura de este evento se haya propagado hacia el sur. En este resultado pueden estar influyendo los daños no reparados o parcialmente reparados de las viviendas ubicadas al norte del epicentro y que fueron afectadas por los terremotos de 1939 (Chillán) y 1953 (Concepción-Chillán).

8.3.3. Atenuación de Intensidades Macrosísmicas

La fórmula de atenuación de las intensidades macrosísmicas que presenta un buen ajuste con los valores de las intensidades estimados del terremoto del día 21 de mayo tiene la forma siguiente:

$$I = 12,06 - 1,75 \cdot \log \cdot (Dh) - 0,009 \cdot Dh$$

Donde “Dh” es la distancia hipocentral en km.

Además se realizó el ejercicio de considerar la distancia mínima al trazado de la línea de falla que pasa por el hipocentro, logrando resultados muy similares y valores de la correlación con los datos del mismo orden.

Teniendo como antecedente la curva de atenuación de las intensidades macrosísmicas de este terremoto, se ha comprobado que entre los distintos valores propuestos para la magnitud Ms, el valor que permite ajustar de mejor forma la curva de atenuación propuesta por Barrientos con la

obtenida con las intensidades macrosísmicas estimadas en este trabajo es una magnitud $M_s = 8.0$ grados.

8.4. TERREMOTO DE VALDIVIA DEL 22 DE MAYO DE 1960

8.4.1. Intensidades Macrosísmicas

Para este terremoto, se determinaron las intensidades en 51 localidades ubicadas entre la bahía de Arauco y el sur de la isla de Chiloé. Sin embargo, más al sur de esta isla fue imposible estimar intensidades debido a que las localidades ubicadas en esta zona eran escasas y aisladas del resto de país, lo que explica que la prensa no informara de los daños en dichos lugares.

Tampoco fue posible determinar intensidades en lugares cercanos a la costa de Chile continental, dado que las localidades costeras existentes fueron arrasadas por el maremoto borrándose los efectos del terremoto propiamente tal. Además, esta situación se vio agudizada por el hecho de que a lo largo la costa de la amplia zona afectada existían pocas localidades.

A pesar de la gran área de ruptura de este terremoto, la forma en que se liberó la energía a lo largo de ella (“asperezas dominantes”) fue la causante de que las intensidades macrosísmicas máximas estimadas no se concentren en un sector de extensión reducida, a diferencia de lo ocurrido con el terremoto del día 21 de mayo.

La máxima intensidad macrosísmica estimada para este terremoto, sin considerar aquellas localidades o sectores de ciudades donde se reconoce en la literatura la presencia de los efectos de las condiciones locales de suelos, fue de VIII grados.

Algunas de las localidades donde fue posible detectar los efectos de condiciones locales desfavorables fueron Río Negro, Valdivia, Panguipulli, Puerto Montt y Llanquihue, en las cuales las intensidades superaron el grado VIII y fueron al menos un grado superior si se comparan con los valores de las localidades vecinas.

Además de los efectos de las condiciones locales mencionados, es probable que la distancia medida desde las localidades hasta la mezodorsal, la que disminuye considerablemente para las localidades ubicadas al sur del paralelo 39° S, sea influyente en las consecuencias observadas en esta zona y por ende también en las intensidades, aunque este fenómeno es muy difícil de cuantificar.

Resumiendo, se puede destacar que las intensidades máximas de ambos terremotos no presentan grandes diferencias si se descartan las condiciones locales que se presentan en algunas localidades, siendo en ambos casos cercano al grado VIII. La gran diferencia entre ambos terremotos es el hecho de que las intensidades altas del terremoto del día 22 se presentan aún en lugares ubicados a cientos de kilómetros del epicentro, lo que obliga a hacer el análisis de los daños considerando más bien la presencia de las asperezas donde se producen los mayores desplazamientos a los largo del plano de falla.

Finalmente se concluye que la gran magnitud del terremoto del día 22 de mayo se refleja principalmente en la amplia zona afectada con intensidades macrosísmicas cercanas a un grado VII-VIII, lo que significa que los daños se hayan concentrado principalmente en las construcciones sin diseño sísmico, situación que destacan los ingenieros nacionales y extranjeros que visitaron la zona.

8.4.2. Isosistas

Las particularidades destacadas en el punto 8.4.1, sumado a la escasa información de daños en localidades ubicadas al sur de Chiloé y a lo largo de la costa en el sector de Chile continental, dificultan el trazado de las curvas isosistas para este terremoto. Sin embargo, la curva isosista correspondiente al grado VII-VIII de intensidad macrosísmica puede distinguirse y corresponde a una línea prácticamente vertical a lo largo de la zona comprendida entre la bahía de Arauco y Chiloé y distante de la costa una distancia del orden de 100 km. La isosista VIII, se ubicaría sobre la línea de la costa, sin embargo la falta de información impide trazarla.

De lo anterior se concluye que la inusual magnitud de este terremoto se refleja en una extensa zona de daños, los que corresponden a una intensidad macrosísmica de entre VII-VIII y VIII grados. Estos valores sólo se sobrepasan si se presentan los efectos de condiciones locales desfavorables pudiendo llegar a valores mayores que X grados cuando se producen licuación de suelos.

Por último, es importante señalar que al comparar las curvas isosistas de ambos terremotos se puede distinguir una pequeña zona de superposición de intensidades de grado VII-VIII o mayor. Es justamente esta zona donde fue difícil estimar las intensidades para el terremoto del día 21 de mayo, ya que los efectos del terremoto del día 22 borraron las consecuencias del primer evento.

8.4.3. Atenuación de Intensidades Macrosísmicas

Para este terremoto se estudiaron las atenuaciones de las intensidades macrosísmicas estimadas en este trabajo en función de la distancia determinada usando tres modelos distintos, lo que parece lógico debido a la extensión del área de ruptura. Los modelos considerados corresponden a la distancia hipocentral, la distancia mínima entre la localidad y la traza de la línea de falla, considerándose que ésta se encuentra a la misma profundidad que el foco, y por último la distancia a la aspereza más cercana, utilizando como aproximación que la profundidad de las cuatro asperezas determinadas por Barrientos y Ward (1990) en su modelo de deslizamiento variable es la del hipocentro del terremoto.

Al realizar el análisis con cada uno de los modelos destacados, se concluye que el más acertado para estudiar la atenuación de intensidades de este terremoto es el que considera la distancia a la aspereza más próxima y que la fórmula que mejor se ajusta es de tipo exponencial, la cual está dada por la siguiente expresión:

$$I = 11,285 \cdot \exp(-0,003 \cdot Dh)$$

Donde “Da” corresponde a la distancia entre la localidad y la aspereza más cercana, medida en km, considerando como aproximación que la aspereza se encuentra a la misma profundidad del foco del sismo.

Con este resultado se concluye que la inusual magnitud de este terremoto impide estudiar la atenuación de intensidades usando la distancia hipocentral o la distancia al plano de ruptura como se ha hecho hasta ahora en la mayoría de los terremotos chilenos del tipo interplaca que han ocurrido en los últimos 100 años.

REFERENCIAS

Álvarez, L., 1963. “Studies made between Arauco and Valdivia with respect to the earthquakes of 21 and 22 may 1960”. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 53, No. 6, pág. 1315-1330.

Barazangi, M., e Isacks, B., 1976. “Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America”. Geology, 4 (11), pág. 686-692.

Barrientos, S., Plafker, G., Lorca, E., 1992. “Postseismic coastal uplift in southern Chile”. Geophysical Research Letters. Vol. 19, No. 7, pág. 701-704.

Barrientos, S., 1980. “Regionalización sísmica de Chile”. Tesis para optar al grado de magister en Ciencias Mención Geofísica y el Título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Barrientos, S., 2007. “Earthquakes in Chile”. The Geological Society of London. The Geology of Chile, pág. 263-287.

Barrientos, S., y Ward, S., 1990. “The 1960 Chile earthquake: inversion for slip distribution from surface deformation”. Geophys. J. Int. 103, pág 589-598.

Barros, C., 1963. “Análisis del comportamiento de las construcciones escolares en la zona sur durante los sismos del 21 y 22 de mayo de 1960 y en especial de las estructuras de Río Negro”. 1ª Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Vol I. Santiago. Chile.

Belmonte Pool, J.A., 1997. “Análisis del contacto Sismogénico Interplaca a lo largo de Chile”. Tesis para optar al grado de magister en Ciencias Mención Geofísica y el Título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Bevis, M., y Isacks, B., 1984. “Hypocentral trend surface analysis. Probing the geometry of Benioff zones”. J. Geophys. Res., Vol. 89, pág 6153-6170.

Bohm, M., 2004. “3-D Lokalbebentomographie der südlichen Anden zwischen 36° und 40°S”. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Naturwissenschaften am Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin.

Cahill, T., e Isacks, B., 1992. “Seismicity and shape of the subducted Nazca plate”. Journal of Geophysical Research, Vol. 97, N°B12, pág. 17503-17529.

Cembrano, J., Lavenu, A., Yañez, G., Riquelme, R., García, M., González, G., y Hérail, G., 2007. “Neotectonics”. The Geological Society of London. The Geology of Chile, pág. 231-261.

Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), 1985. “Catálogo de Terremotos para América del Sur; Datos de hipocentros e intensidades, Chile”. Programa para la mitigación de los efectos de los terremotos en la región andina (Proyecto SISRA). Vol. 5.

Cifuentes, I., 1989. “The 1960 Chilean Earthquakes”. Journal of Geophysical Research, vol. 94, No. B1, pág. 665-680.

Cisternas, M., Atwater, B., Torrejón, F., Sawai, Y., Machuca, G., Lagos, M., Eipert, A., Youlton, C., Salgado, I., Kamataki, T., Shishikura, M., Rajendran, C., Malik, J., Rizal, Y., y Husni, M., 2005. “Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake”. Nature International Weekly Journal of Science. Vol. 437, pág. 404-407.

Comte, D., y Suárez, G., 1993. “An inverted double seismic zone in Chile: Evidence of phase transformation in the subducted slab”. Science. Vol. 263, No. 5144, pág 212-215.

Corbo, V., y Hernández, L., 2005. “Ochenta años de Historia del Banco Central de Chile”. Revista Economía Chilena. Banco Central de Chile. Vol. 8, No. 9.

Darwin, C., 1851. “Geological observations on coral reefs, volcanic islands and on South America”. Londres. Inglaterra.

Davis, S., y Karzulovic, J., 1961. “Deslizamientos en el valle del río San Pedro provincia de Valdivia, Chile”. Depto. de Geología. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (DGF). “Sismos importantes y/o destructivos (1570 - Mayo 2005)”, <http://ssn.dgf.uchile.cl>. Servicio Sismológico del DGF. Santiago. Chile.

Dobrovolny, E., Lemkle, R., Bowes, W., Thomas, H., y Bravo N., 1963. “Relation between geology and the damage in Puerto Montt, Chile, caused by the earthquake of 22 may 1960”. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 53, No. 6, pág. 1299-1314.

Doyel, W., Moraga, A., y Falcon, E., 1963. “Relation between he Geology of Valdivia, Chile, and the damage produced by the earthquake of 22 May 1960”. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 53, No.6, pág. 1331-1345.

Duda, S., 1963. “Strain Release in the Circum-Pacific Belt: Chile 1960”. J. Geophys. Res., Vol. 68, No. 19, pág. 5531-5544.

Duke, C., y Leeds D., 1963. “Response of soils, foundations, and earth structures to the chilean earthquakes of 1960”. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 53, No. 2, pág. 309-357.

El Diario Austral de Temuco, 1960. Sección de Microfilms. Biblioteca Nacional. Santiago, Chile. Edición del 22 de mayo.

El Llanquihue de Puerto Montt, 1960. Sección de Microfilms. Biblioteca Nacional. Santiago, Chile. Ediciones del 22 de mayo al 31 de octubre.

El Mercurio, 1960. Sección de Microfilms. Biblioteca Nacional. Santiago, Chile. Ediciones del 22 de mayo al 31 de octubre.

El Sur de Concepción, 1960. Sección de Microfilms. Biblioteca Nacional. Santiago, Chile. Ediciones del 22 de mayo al 31 de octubre.

Fujita, K., y Kanamori, H., 1981. “Double seismic zones and stresses of intermediate depth earthquakes”. *Geophy. J. Roy. Astron. Soc.*, Vol. 66, pág. 131-156.

Galli, C., y Sánchez, J., 1963. “Relation between geology and the effects of the earthquakes of may 1960 in the city of Castro and vicinity, Chiloé”. *Bulletin of the Seismological Society of América*. Vol. 53, No. 6, pág. 1263-1271.

Galli, C., y Sánchez, J., 1963. “Relation between geology and the effects of the earthquakes of may 1960 in the city of Ancud and vicinity, Chiloé”. *Bulletin of the Seismological Society of América*. Vol. 53, No. 6, pág. 1273-1280.

Galli, C., y Sánchez, J., 1963. “Effects of the earthquake of may 1960 in Concepción and vicinity”. *Bulletin of the Seismological Society of América*. Vol. 53, No. 6, pág. 1281-1297.

INE, 1960. “XIII Censo de Población de 1960, Serie A. Resumen País”. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Dirección de Estadística y Censo. República de Chile.

INE, 1970. “III Censo de Vivienda de 1970. Resumen Provincias. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. Dirección de Estadística y Censo. República de Chile.

International Seismological Centre (ISC). “On-line Bulletin”, <http://www.isc.ac.uk>, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, Reino Unido, 2001.

Isacks, B., 1988. “Uplift of the Central Andean Plateau and bending of the Bolivian Orocline”. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 93, pág. 3211-3231.

Jaspard, E., “Clasificación tipológica en la Arquitectura Patrimonial en la Región de la Araucanía”, <http://www.equipojaspard.cl/tipologias.pdf>. Colegio de Arquitectos de Chile, Delegación Regional Araucanía.

Kanamori, H., 1977. “The energy release in great earthquakes”. J. Geophys. Res. Vol. 82, pág. 2981-2987.

Kanamori, H., y Cipar, J., 1974. “Focal processes of the Great Chilean earthquake May 22, 1960”. Phys. Earth Planet. Int, Vol. 9, pág. 128-136.

Kausel, E., 1991. “Características de la Sismicidad en Chile”. Revista Chilena de Ingeniería, N° 408, pág. 26-31.

Kausel, E., y Campos, J., 1992. “The Ms = 8 tensional earthquake of December 9, 1950 of northern Chile and its relation to the seismic potential of the región”. Physics of the Earth and Planetary Interiors, Vol. 72, pág. 220-235.

Kausel, E., y Lomnitz, C., 1968. “Tectonics of Chile”. Simposio Panamericano del Manto Superior. México D.F. Vol. 2, pág. 47-67.

Kausel, E., y Ponce, L., 1994. “Spatio-temporal variations of b-value before and after the march 3, 1985 (Mw = 8.0) Chilean earthquake: evidence of a precursory anomaly”. Regional Seismological Assembly in South America, Brasilia DF.

Kay, S.M., et al., 1987. “Probing the evolving Andean lithosphere midlate Tertiary magmatism in Chile (29 – 30 30´S) over the modern zone of subduction. J. Geophysical Research Bd. 92 (7), pág. 6173-6189. Washington. USA.

Krawczyk, C. & the SPOC Team, 2003. “Amphibious seismic survey images plate interface at 1960 Chile earthquake”. EOS, Vol. 84, pág 301-305.

La Discusión de Chillán, 1960. Sección de Microfilms. Biblioteca Nacional. Santiago, Chile. Ediciones del 21 de mayo al 31 de octubre.

La Mañana de Talca, 1960. Sección de Microfilms. Biblioteca Nacional. Santiago, Chile. Edición del 22 de mayo.

La Unión de Valparaíso, 1960. Sección de Microfilms. Biblioteca Nacional. Santiago, Chile. Ediciones del 22 de mayo al 31 de octubre.

Leyton, F., 2001. “Estudio comparativo de sismos interplaca e intraplaca desde el punto de vista sísmológico en Chile”. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias Mención Geofísica y el Título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Madariaga, R., 1998. “Sismicidad de Chile”. Física de la Tierra, No. 10, pág. 221-258.

Monge, J., y Astroza, M., 1989. “Metodología para determinar el grado de intensidad a partir de los daños”. V Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica. Vol. 1. Santiago. Chile. 7 al 11 de Agosto.

Moya, A. 2002. “Estudio de los daños del terremoto de Chillán de 1939”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

National Earthquake Information (NEIC). “On-line Earthquake search”, <http://neic.usgs.gov>. USGS Headquarters Office. Virginia. USA.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). “NOAA Center for Tsunami Research”, <http://nctr.pmel.noaa.gov>. US Department of Commerce. Seattle. USA.

Nelson, A., y Manley, W., 1992. “Holocene coseismic and aseismic uplift of Isla Mocha, south-central, Chile”. Neotectonics Aspects of the Evolution of Quaternary Coasts. Quaternary International, Special Issue, No. 15-16, pág 61-76.

Nishenko, S., 1985. “Seismic Potential for large and great interplate earthquakes along the Chilean and southern Peruvian margins of South America”. A quantitative reappraisal, Jour. Geophys. Res., Vol. 90, No. B5, pág. 3589-3615.

Norambuena, A., 2006. “Estudio de los efectos del terremoto de La Ligua del 28 de Marzo de 1965”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

Plafker, G., 1972. “The Alaskan earthquake of 1964 and Chilean earthquake of 1960; Implications for arc tectonics and tsunami generation”. J. Geophys. Res. Vol 77, No. 5, pág. 901-925.

Plafker, G., y Savage, J., 1970. “Mechanism of the Chilean Earthquakes of May 21 and 22, 1960”. Geological Society of America Bulletin, v. 81, pág. 1001-1030.

Quezada, J. “Terremotos y Tsunamis en la Región del Bío Bío”. (<http://www2.udec.cl/gema/main.html>).

Ramírez, D., 1988. “Estimación de algunos parámetros focales de grandes terremotos históricos chilenos”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

Revista Ercilla, 1960. Sección de Microfilms. Biblioteca Nacional. Santiago, Chile. Ediciones del 22 de mayo al 31 de octubre.

Revista Vea, 1960. Sección de Microfilms. Biblioteca Nacional. Santiago, Chile. Ediciones del 22 de mayo al 31 de octubre.

Revista Zig Zag, 1960. Sección de Microfilms. Biblioteca Nacional. Santiago, Chile. Ediciones del 22 de mayo al 31 de octubre.

Ruiz, S., 2002. “Fórmulas de atenuación para la subducción de Chile considerando los dos mecanismos principales de sismogénesis y los efectos del suelo y las asperezas”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

Ruiz, S., y Saragoni, R., 2004. “Características de los acelerogramas y terremotos sudamericanos”. XXXI Jornadas Sud-americanas de Ingeniería Estructural. Mendoza. Argentina.

Saint Amand, P., 1961. “Los terremotos de Mayo – Chile 1960”. Michelson Laboratories, U.S. Naval Ordnance Test Station. Technical Article 14. China Lake, California. USA.

Sánchez, V., 1953. “Angol: la ciudad de los confines”. Biblioteca Nacional. Santiago. Chile.

Sanhueza, S., 2002. “Estudio de los daños del terremoto de Talca de 1928”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

Scholz et al., 1986. “Scaling differences between large intraplate and interplate earthquakes. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 76, pág. 65-70.

Sievers, H., Villegas, G., y Barros, G., 1963. “The seismic sea wave of 22 may 1960 along the chilean coast”. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol 53, No. 6, pág. 1125-1190.

Silva, J., 2003. “Análisis espectral de sismos interplaca e intraplatea de baja magnitud registrados en un acelerógrafo”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

Steinbrugge, K., y Clough, R., 1960. “Chilean Earthquakes of May, 1960: A Brief Trip Report”. 2^{da} World Conference of Earthquake Engineering, Japón.

Steinbrugge, K., y Flores, A., 1963. “The Chilean earthquakes of May, 1960: A structural engineering viewpoint”. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 53, No.2, pág 225-307.

Takahashi, R., y Hatori, T., 1961. “A summary report on the Chilean Tsunami of May 1960”. Report on the Chilean Tsunami, Comm. Field Investigation on Chilean Tsunami, Tokyo, pág. 23-24.

Talley, H., y Cloud, W., 1962. “United States Earthquakes 1960”. U.S. Coast and Geodetic Survey.

Thomas, H., Bowes, W., y Bravo, N., 1963. “Geologic report on the effects of the earthquake of 22 may 1960 in the city of Puerto Varas”. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 53, No. 6, pág. 1347-1352.

Thomas, H., Bowes, W., y Bravo, N., 1963. “Geologic report on the effects of the earthquake of 22 may 1960 in the city of Llanquihue”. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 53, No. 6, pág. 1357-1359.

Thomas, H., Bowes, W., y Bravo, N., 1963. “Effects of the earthquake of may 1960 and geologic relations in Río Negro”. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 53, No. 6, pág. 1361-1366.

Tichelaar, B., y L., Ruff, 1991. “Seismic coupling along the Chilean subduction zone”. J. Geophys. Res. Vol 96, pág 11997-12022.

Watanabe, T., y Karzulovic, J., 1960. “Los movimientos sísmicos del mes de mayo de 1960 en Chile”. Universidad de Chile, Anales, Vol. 17, pág 43-87.

Weischet, W., 1963. “Further observations of geologic and geomorphic changes resulting from the catastrophic earthquake of may 1960, in Chile”. Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 53, No. 6, pág. 1237-1257.

ANEXO A: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS INTENSIDADES MACROSÍSMICAS DE LOS TERREMOTOS DE LOS DÍAS 21 Y 22 DE MAYO DE 1960

A.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS DAÑOS

Con el objeto de reunir información de daños que sea de un nivel relativamente detallado y confiable, se procedió a la revisión de los principales periódicos y revistas de la época, a nivel nacional y local, lo que se complementó con informaciones de otros trabajos realizados acerca de los terremotos de mayo de 1960, tales como los publicados en los boletines de la Sociedad Sismológica de América (BSSA, 1963a, BSSA, 1963b).

Entre los medios de prensa escrita revisados se encuentran “El Mercurio” de Santiago, “La Unión” de Valparaíso, Revista “Vea”, Revista “Ercilla” y Revista “Zig Zag”, todos ellos de importancia y reconocimiento a nivel nacional en la época en que ocurrieron los terremotos. Para complementar esta información, se revisaron también periódicos regionales pertenecientes a las ciudades que presentaron mayores daños a raíz de los terremotos de 1960. Los distintos medios de prensa escrita revisados se indican en la Tabla A.1.

Tabla A.1. Medios de prensa escrita revisados para la recopilación de información de daños.

FUENTES		
Título	Localidad	Ediciones revisadas (1960)
La Discusión	Chillán	21-05 al 31-10
El Mercurio	Santiago	22-05 al 31-10
La Mañana	Talca	22-05
El Diario Austral	Temuco	22-05
La Unión	Valparaíso	22-05 al 31-10
El Sur	Concepción	22-05 al 31-10
El Llanquihue	Puerto Montt	22-05 al 31-10

FUENTES		
Título	Localidad	Ediciones revisadas (1960)
Revista Zig Zag	Santiago	22-05 al 31-10
Revista Ercilla	Santiago	22-05 al 31-10
Revista Vea	Santiago	22-05 al 31-10

La información correspondiente a los daños ocasionados por el terremoto del día 21 de mayo, corresponde a la que apareció principalmente en las ediciones del día 22 de mayo (día posterior al terremoto). Las ediciones del día 23 de mayo en adelante informaron principalmente sobre los daños ocasionados por el terremoto principal del día 22 de mayo, sobreponiéndose sus efectos con los del sismo del día anterior, exceptuando las localidades ubicadas en la zona comprendida desde Los Ángeles y Negrete hacia el norte, donde los daños del primer terremoto fueron mayores que los ocasionados por el segundo. Por esta razón, sólo fue necesario revisar dos periódicos adicionales en sus ediciones del día 22 de mayo, para obtener información de los daños provocados por el primer terremoto.

En todo caso, para las localidades ubicadas más al norte de Angol, las ediciones de la prensa de los días 23 de mayo en adelante también fue utilizada para estudiar los efectos del primer terremoto. Para el caso de los otros periódicos y revistas, la revisión abarcó a todas las ediciones existentes entre los días 22 de mayo y 31 de octubre de 1960, rescatando toda la información relevante con respecto a los daños ocasionados por los terremotos en las distintas localidades. “La Discusión de Chillán” publicó una edición especial durante la tarde del día 21 de mayo, la cual también informó acerca de los daños del primer terremoto. Las tres revistas revisadas publicaban sólo una edición semanal.

A.2. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL GRADO DE INTENSIDAD MACROSÍSMICA A PARTIR DE LOS DAÑOS

Las intensidades macrosísmicas se determinan a partir de la distribución estadística de los daños observados en los distintos tipos de construcción clasificados en clases de vulnerabilidad, según el procedimiento correspondiente a una metodología que se ha desarrollado en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (Monge y Astroza, 1989).

Con tal propósito las construcciones se clasifican en cuatro clases de vulnerabilidad de acuerdo con lo indicado en la Tabla A.2. Además, los daños se clasifican de acuerdo a una escala de seis grados o niveles de daño cuyas descripciones corresponden a las detalladas en la Tabla A.3 y la Tabla A.4.

Tabla A.2. Clases de Vulnerabilidad

Clase de Vulnerabilidad	Tipo de Construcción
Clase A	Edificio de mampostería de piedra. Edificios de adobe.
Clase B	Edificios de albañilería sin refuerzos. Edificios de mampostería de piedra, unidas con mortero de cemento. Edificios de tabiquería de madera.
Clase C	Edificios de albañilería reforzada (Armada y confinada).
Clase D	Edificios de albañilería confinada según NCh 2123 (INN, 1997).

Tabla A.3. Descripción de los grados de daños para las construcciones de mampostería de piedra, adobe y albañilería reforzada.

Grado de daño	Descripción
0	Sin daños.
1	Daños menores en estucos.
2	Grietas horizontales en antetechos, tímpanos y chimeneas. Grietas verticales en encuentros de muros sin que se produzca separación. Grietas finas en los muros.
3	Caída de antetechos, tímpanos o partes de chimeneas. Grietas verticales en encuentros de muros con evidente desaplomo de los muros. Grietas diagonales en los muros con anchos mayores que 3 mm.
4	Caída parcial o total de un muro.
5	Caída de más de un muro. Colapso total.

Tabla A.4. Descripción de los grados de daños para las construcciones de tabiquería de madera rellena.

Grado de daño	Descripción
0	Sin daños.
1	Fisuras verticales y diagonales en el estuco, siguiendo la enmaderación formada por los pies derechos y diagonales.
2	Caída de trozos de estucos
3	Caída de trozos de estucos dejando a la vista el relleno.
4	Caída de un muro.
5	Caída de más de un muro. Colapso total.

La distribución del daño según el grado de intensidad macrosísmica y la clasificación de vulnerabilidad de las construcciones se detalla en la Tabla A.5.

Tabla A.5. Distribución del daño según el grado de intensidad macrosísmica (Intensidad MSK).

Grado de Intensidad	Clase A		Clase B		Clase C		Clase D	
	%	Grado de daño	%	Grado de daño	%	Grado de daño	%	Grado de daño
V	5	1	100	0	100	0	100	0
	95	0						
VI	5	2	5	1	100	0	100	0
	50	1	95	0				
	45	0						
VII	5	4	50	2	50	1	100	0
	50	3	35	1	50	0		
	35	2	15	0				
	10	1						
VIII	5	5	5	4	5	3	5	2
	50	4	50	3	50	2	50	1
	35	3	35	2	35	1	45	0
	10	2	10	1	10	0		
IX	50	5	5	5	5	4	5	3
	35	4	50	4	50	3	50	2
	15	3	35	3	35	2	35	1
			10	2	10	1	10	0
X	75	5	50	5	5	5	5	4
	25	4	35	4	50	4	50	3
			15	3	35	3	35	2
					10	2	10	1
XI	100	5	75	5	50	5	5	5
			25	4	50	4	50	4
							35	3
							10	2
XII	100	5	100	5	100	5	100	5

Para una muestra de viviendas se determina el grado de intensidad macrosísmica teniendo en cuenta la distribución de daños detallada en la Tabla A.5 para cada clase de vulnerabilidad.

Con el propósito de facilitar el cálculo del grado de intensidad macrosísmica, se define el *grado medio de daño* G_m (Monge y Astroza, 1989). El valor de G_m se obtiene con la ecuación A.1, donde G_i es el grado de daño y N_i el número de construcciones de la muestra con grado de daños G_i ($i: 0,1,2,3,4,5$).

$$Gm = \frac{\sum (Gi \cdot Ni)}{\sum Ni} \quad \text{Ec. A.1}$$

Con los porcentajes de la Tabla A.5 se determinan los valores de Gm para los distintos grados de la intensidad macrosísmica según la clase de vulnerabilidad, resultando los valores de la Tabla A.6.

Tabla A.6. Grados medios de daños para cada uno de los grados de intensidad macrosísmica según la clase de vulnerabilidad, Gm.

Intensidad IMM	Construcciones Tipo			
	A	B	C	D
5	0,06	0	0	0
6	0,6	0,05	0	0
7	2,5	1,35	0,5	0
8	3,5	2,5	1,5	0,6
9	4,35	3,5	2,5	1,5
10	4,75	4,35	3,5	2,5
11	5	4,75	4,5	5,75

Finalmente, el grado de intensidad macrosísmica de un lugar se obtiene interpolando en la Tabla A.6, ingresando con el grado medio Gm de la muestra de viviendas encuestada de una de las clases de vulnerabilidad. Para efectos de este estudio, los valores de las intensidades se *discretizan cada 0,5 grados*.

Considerando que los distintos periódicos, revistas y publicaciones revisadas, no entregan directamente la distribución del daño para cada clase de vulnerabilidad de acuerdo con la escala de daño de la Tabla A.5 y de la Tabla A.6, es necesario interpretar y procesar los daños descritos por estas fuentes para determinar la intensidad macrosísmica según la metodología propuesta por la escala MSK (Monge y Astroza, 1989). Con este propósito, en la Tabla A.7 se entregan las equivalencias consideradas entre los distintos tipos de daños descritos por las fuentes consultadas y los grados de daños descritos en la Tabla A.5 y Tabla A.6.

Tabla A.7. Equivalencia de los grados de daño a partir de las descripciones utilizadas en las fuentes revisadas.

Descripción de Daño	Grado de Daño*
Sin daños	G0 – G1
Habitable	G0 - G3
Daños leves	G1 - G2
Dañado	G1 - G3
Daños de consideración	G2 - G4
Daños serios	G2 - G4
Semi-destruido	G3 - G4
Inhabitable	G3 - G4 - G5
Daños graves	G3 - G4
Estado peligroso	G3 - G4
Mal estado	G3 - G4
Desplomado	G3 - G4
Destruído	G3 - G5
Totalmente destruido	G4 - G5
Derrumbado	G4 - G5

***OBS:** Las interpretaciones anteriores pueden variar dependiendo del contexto en que se encuentra la información revisada.

Igualmente ha sido necesario interpretar las descripciones relacionadas con las cantidades de viviendas y edificios para estimar los porcentajes correspondientes, para ello se ha usado la Tabla A.8:

Tabla A.8. Estimación de porcentajes de viviendas o edificios según las descripciones utilizadas en las fuentes revisadas.

Descripción	% *
Ninguno	0%
Algunos	5 - 20%
Varios	10 - 30%
Numerosos	10 - 30%
Muchos	25 - 50%
La Mayoría	50 - 100%
Casi Todos	75 - 100%
Todos	100%

***OBS:** Las interpretaciones anteriores pueden variar dependiendo del contexto en que se encuentra la información revisada.

Cabe destacar que según la descripción de las viviendas del punto 3.1.6 del Capítulo 3, prácticamente la totalidad de las viviendas de la zona afectada puede considerarse dentro de la Clase de Vulnerabilidad A o B (ver Tabla A.2).

A grandes rasgos, se clasificarán las casas de adobe como Clase A, y las de madera y albañilería como Clase B. Estos dos últimos tipos de viviendas no se considerarán como Clase C, ya que en esta zona y en la fecha en que ocurrieron los terremotos era común que las construcciones de casas se realizara sin inspección y sin diseño antisísmico, y aún más, en muchas ocasiones eran construidas por sus propios propietarios, tal como se señala en el punto 3.1.6 del capítulo 3. Además existían zonas como la Octava Región hacia el interior (VIII Región del Bío Bío) donde ocurrieron terremotos previos al de 1960 (Chillán 1939, Concepción y Chillán 1953), después de los cuales las casas dañadas fueron reparadas principalmente en sus fachadas y no en la totalidad de los elementos que forman la estructura resistente, por lo que eran más vulnerables a nuevos terremotos como los ocurridos en el año 1960.

Para tener una mejor idea de la distribución de las clases de viviendas por provincias (según organización político-administrativa de 1960), se revisan los datos del III Censo de Vivienda de 1970 (ver punto 3.1.7.2 del Capítulo 3).

Con los procedimientos e interpretaciones descritos anteriormente, es posible estimar las intensidades a partir de los daños descritos en la prensa y publicaciones revisadas. Los daños descritos se respaldan con fotografías extraídas, la mayor parte de las veces, desde las mismas fuentes.

ANEXO B: LISTA COMPLETA DE MOVIMIENTOS QUE AFECTARON A LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE ENTRE EL 21 DE MAYO Y 31 DE DICIEMBRE DE 1960

En la Tabla B.1 se presenta la lista completa de movimientos sísmicos con $M_s > 5.0$ en la zona centro – sur de Chile, ocurridos entre los días 21 de mayo y 31 de diciembre de 1960, según los parámetros entregados por Cifuentes (1989). Los eventos sombreados corresponden a los terremotos principales del día 21 y 22 de mayo, estudiados en este trabajo. Los parámetros y coordenadas entregados por otros autores para estos eventos se detallan en el Capítulo 2.

Tabla B.1. Lista completa de movimientos sísmicos ($M_s > 5.0$) ocurridos entre el 21 de mayo y 31 de diciembre de 1960 (Cifuentes, 1989).

Fecha	Hora local	Coordenadas Epicentrales				Magnitud		
		ISS/ISC		Reubicación		M_s^1	M_w^2	M_o^2 [N m]
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud			
		°S	°W	°S	°W			
21 de mayo, 1960 (Ev. 1)	6:02:52	37,57	73,07	37,17	72,96	8,3	8,1	$(2+-1) \times 10^{21}$
21 de mayo, 1960	6:53:53	37,49	73,03	37,31	72,72	7,3	-	-
21 de mayo, 1960	9:00:06	37,30	72,93	37,07	72,74	6,5	-	-
22 de mayo, 1960	2:01:35	38,15	73,97	37,65	72,84	-	-	-
22 de mayo, 1960	4:10:54	37,81	72,63	37,22	72,51	5,8	-	-
22 de mayo, 1960	6:30:39	37,84	72,86	37,52	72,67	6,5	-	-
22 de mayo, 1960	6:32:42	37,68	72,67	37,52	72,35	7,3	-	-
22 de mayo, 1960	8:16:44	38,24	73,20	37,68	72,61	6,3	-	-
22 de mayo, 1960	14:55:57	38,06	72,74	37,79	72,49	7,8	-	-
22 de mayo, 1960	15:10:40	38,05	72,19	38,05	72,34	-	-	-
22 de mayo, 1960 (Ev. A)	15:11:14	38,17	72,57	38,16	72,20	-	-	-
22 de mayo, 1960	18:07:39	43,65	71,56	-	-	5,9	-	-
22 de mayo, 1960	19:29:26	38,60	74,41	-	-	5,9	-	-
23 de mayo, 1960	20:25:42	38,50	74,05	38,16	73,62	6,6	-	-
23 de mayo, 1960	20:51:14	37,38	72,33	37,23	72,32	5,8	-	-
23 de mayo, 1960	21:34:52	39,49	73,66	39,07	73,08	6,3	-	-
23 de mayo, 1960	22:46:30	41,48	73,71	-	-	6,3	-	-
23 de mayo, 1960	22:56:17	42,94	75,27	-	-	6,3	-	-

Fecha	Hora local	Coordenadas Epicentrales				Magnitud		
		ISS/ISC		Reubicación		M _s ¹	M _w ²	M _o ² [N m]
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud			
		°S	°W	°S	°W			
23 de mayo, 1960	1:13:34	38,14	72,83	37,74	72,50	6,4	-	-
23 de mayo, 1960	3:09:18	47,92	75,77	-	-	6,0	-	-
23 de mayo, 1960	5:52:20	37,67	71,98	37,29	72,10	6,0	-	-
23 de mayo, 1960	6:37:59	43,50	73,71	-	-	6,2	-	-
24 de mayo, 1960	16:32:43	50,83	73,15	-	-	6,0	-	-
25 de mayo, 1960	4:34:36	44,90	75,63	-	-	7,0	-	-
27 de mayo, 1960	23:17:21	41,19	75,37	-	-	-	-	-
27 de mayo, 1960	19:06:54	45,06	76,10	-	-	5,9	-	-
28 de mayo, 1960	23:05:54	39,39	73,49	-	-	-	-	-
28 de mayo, 1960	7:05:41	37,79	72,71	37,33	72,41	6,1	-	-
29 de mayo, 1960	3:39:29	37,65	72,53	37,39	72,42	6,4	-	-
29 de mayo, 1960	4:34:20	37,94	73,14	-	-	5,9	-	-
29 de mayo, 1960	17:23:55	43,01	75,80	-	-	5,8	-	-
31 de mayo, 1960	22:40:01	39,66	75,53	39,35	75,08	5,9	-	-
1 de junio, 1960	1:02:56	37,81	72,90	-	-	5,9	-	-
2 de junio, 1960	1:58:03	46,22	74,22	-	-	6,1	-	-
2 de junio, 1960	4:36:09	40,10	73,57	-	-	6,0	-	-
6 de junio, 1960	1:55:45	45,71	73,00	-	-	7,5	-	-
13 de junio, 1960	1:47:05	44,79	76,57	-	-	-	-	-
20 de junio, 1960	22:01:09	38,21	72,75	37,92	72,30	7,3	-	-
20 de junio, 1960	8:59:41	39,10	73,05	38,81	72,80	7,2	-	-
29 de junio, 1960	21:57:15	42,86	73,95	-	-	6,2	-	-
2 de julio, 1960	4:58:06	45,89	74,47	-	-	5,8	-	-
4 de julio, 1960	17:29:31	43,16	74,10	-	-	-	-	-
5 de julio, 1960	1:45:26	38,58	73,65	-	-	-	-	-
7 de julio, 1960	17:41:00	38,62	73,58	-	-	5,8	-	-
20 de julio, 1960	17:38:21	38,31	73,08	-	-	5,8	-	-
27 de julio, 1960	6:04:52	44,68	76,11	-	-	6,2	-	-
31 de julio, 1960	10:54:54	43,85	75,52	-	-	-	-	-
6 de agosto, 1960	10:49:50	42,31	75,33	-	-	-	-	-
13 de agosto, 1960	10:14:52	39,92	74,82	39,59	74,45	6,9	-	-
3 de oct., 1960	1:10:39	39,05	74,98	-	-	-	-	-
14 de oct., 1960	13:48:27	38,20	73,29	-	-	-	-	-
1 de nov., 1960	4:46:00	38,47	74,65	38,20	74,50	7,2	-	-
22 de nov., 1960	8:28:50	40,08	74,74	-	-	6,5	-	-
29 de nov., 1960	5:32:02	44,16	75,78	-	-	5,8	-	-

Fecha	Hora local	Coordenadas Epicentrales				Magnitud		
		ISS/ISC		Reubicación		M_s^1	M_w^2	M_o^2 [N m]
		Latitud	Longitud	Latitud	Longitud			
		°S	°W	°S	°W			
29 dedic., 1960	6:36:38	45	76,01	-	-	6,3	-	-
31 dedic., 1960	14:08:04	44,04	75,92	-	-	6,5	-	-

ANEXO C: COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y MAPA DE UBICACIÓN DE LOCALIDADES ESTUDIADAS

En la Tabla C.1 se indican las coordenadas geográficas de las localidades para las cuales se ha determinado la intensidad macrosísmica en los Capítulos 4 y 6. La información entregada por esta tabla es la siguiente:

- **Región:** Región a la cual pertenece la localidad según la división política vigente al año 2008. Las regiones se encuentran ordenadas en la tabla de norte a sur.
- **ID:** Número que identifica a cada localidad y que servirá posteriormente para ubicarlas en los gráficos que se entregan en este capítulo.
- **Nombre:** Nombre de la localidad.
- **Coordenadas Geométricas:** Latitud y Longitud en grados sexagesimales y altura sobre el nivel del mar (<http://www.fallingrain.com>).

Tabla C.1. Coordenadas geográficas de las localidades.

REGIÓN	LOCALIDAD		COORDENADAS ALTIMÉTRICAS		
	ID.	Nombre	LAT. [°]	LONG. [°]	ALTURA [m.s.n.m]
R.M.	1	Santiago	-33,45	-70,67	522
VII	2	Cauquenes	-35,97	-72,35	136
	3	Constitución	-35,33	-72,42	76
	4	Copihue	-36,10	-71,82	163
	5	Curicó	-34,98	-71,23	215
	6	Linares	-35,85	-71,60	165
	7	Longaví	-35,97	-71,68	142
	8	Parral	-36,15	-71,83	163
	9	Talca	-35,43	-71,67	106
	VIII	10	Arauco	-37,25	-73,32
11		Bulnes	-36,73	-72,30	93
12		Cabrero	-37,03	-72,40	113
13		Cañete	-37,80	-73,40	144
14		Carampangue	-37,25	-73,23	40
15		Chiguayante	-36,92	-73,02	250
16		Chillán	-36,60	-72,12	130
17		Cobquecura	-36,13	-72,78	150
18		Coelemu	-36,48	-72,70	34
19		Coihueco	-36,62	-71,83	246

REGIÓN	LOCALIDAD		COORDENADAS ALTIMÉTRICAS		
	ID.	Nombre	LAT. [°]	LONG. [°]	ALTURA [m.s.n.m]
VIII	20	Coliumo	-36,55	-72,95	26
	21	Colliguay	-36,67	-72,37	65
	22	Concepción	-36,83	-73,05	151
	23	Coronel	-37,02	-73,13	84
	24	Curanilahue	-37,47	-73,35	195
	25	Dichato	-36,55	-72,93	155
	26	El Carmen	-36,90	-72,03	205
	27	El Guape	-36,60	-72,23	94
	28	Florida	-36,82	-72,67	649
	29	General Cruz	-36,93	-72,35	100
	30	Hualqui	-36,97	-72,93	38
	31	Huepil	-37,23	-71,93	303
	32	Laja	-37,27	-72,70	50
	33	Laraquete	-37,17	-73,18	174
	34	Lebu	-37,62	-73,65	75
	35	Lirquén	-36,72	-72,97	143
	36	Los Ángeles	-37,47	-72,35	137
	37	Lota	-37,08	-73,17	8
	38	Mulchén	-37,72	-72,23	117
	39	Nacimiento	-37,50	-72,67	58
	40	Negrete	-37,58	-72,52	73
	41	Ninhue	-36,40	-72,40	105
	42	Pemuco	-36,97	-72,10	202
	43	Penco	-36,73	-72,98	116
	44	Pinto	-36,70	-71,90	286
	45	Portezuelo	-36,53	-72,43	151
	46	Quillón	-36,73	-72,47	59
	47	Quinchamalí	-36,60	-72,28	78
	48	Quirihue	-36,28	-72,53	253
	49	San Carlos	-36,42	-71,97	162
	50	San Gregorio	-36,28	-71,82	169
	51	San Ignacio	-36,80	-72,03	204
	52	San Nicolás	-36,50	-72,22	100
	53	San Rosendo	-37,27	-72,72	49
	54	San Vicente	-36,72	-73,13	1
	55	Santa Clara	-36,82	-72,33	93
	56	Santa Juana	-37,17	-72,93	7
	57	Schwager	-37,08	-73,17	8
	58	Talcahuano	-36,72	-73,12	1
	59	Talcamávida	-37,15	-72,90	144
	60	Tomé	-36,62	-72,95	120
	61	Yumbel	-37,13	-72,53	72
62	Yungay	-37,12	-72,02	269	
IX	63	Angol	-37,80	-72,72	66
	64	Boroa	-38,75	-72,83	48
	65	Carahue	-38,70	-73,17	3
	66	Cherquenco	-38,68	-72,00	513
	67	Collipulli	-37,95	-72,43	241
	68	Curacautín	-38,43	-71,88	541
	69	Galvarino	-38,40	-72,78	119
	70	Gorbea	-39,10	-72,68	120
	71	Labranza	-38,75	-72,75	65
	72	Lautaro	-38,52	-72,45	234
	73	Loncoche	-39,37	-72,63	136
	74	Lonquimay	-38,43	-71,23	842
	75	Los Sauces	-37,97	-72,83	92

REGIÓN	LOCALIDAD		COORDENADAS ALTIMÉTRICAS		
	ID.	Nombre	LAT. [°]	LONG. [°]	ALTURA [m.s.n.m]
IX	76	Nueva Imperial	-38,73	-72,95	47
	77	Padre Las Casas	-38,77	-72,60	87
	78	Perquenco	-38,42	-72,38	290
	79	Pitrufquén	-38,98	-72,65	81
	80	Pucón	-39,27	-71,97	242
	81	Puerto Domínguez	-38,88	-73,25	69
	82	Puerto Saavedra	-38,78	-73,40	8
	83	Purén	-38,02	-73,08	140
	84	Queule	-39,38	-73,23	0
	85	Quilquén	-38,10	-72,72	124
	86	Quitratué	-39,15	-72,67	121
	87	Temuco	-38,73	-72,60	104
	88	Toltén	-39,22	-73,23	0
	89	Traiguén	-38,25	-72,68	179
90	Victoria	-38,22	-72,33	335	
91	Villarrica	-39,27	-72,22	224	
XIV	92	Cornal	-39,87	-73,43	86
	93	Futroño	-40,13	-72,40	118
	94	Huelshue	-39,78	-73,12	0
	95	La Unión	-40,28	-73,08	44
	96	Lanco	-39,45	-72,78	115
	97	Lifén	-40,20	-72,27	120
	98	Los Lagos	-39,85	-72,83	97
	99	Máfil	-39,65	-72,95	44
	100	Mehuín	-39,43	-73,17	211
	101	Neltume	-39,80	-71,95	677
	102	Niebla	-39,85	-73,40	0
	103	Panguipulli	-39,63	-72,33	255
	104	Río Bueno	-40,32	-72,97	41
	105	San José de la Mariquina	-39,52	-72,97	15
106	Valdivia	-39,80	-73,23	5	
X	107	Achao	-42,46	-73,52	1
	108	Ancud	-41,87	-73,82	1
	109	Bahía Mansa	-40,55	-73,77	0
	110	Calbuco	-41,77	-73,13	0
	111	Carelmapu	-41,75	-73,71	0
	112	Castro	-42,46	-73,81	131
	113	Chacao	-41,83	-73,53	3
	114	Chaitén	-42,90	-72,67	403
	115	Chonchi	-42,61	-73,81	46
	116	Cucao	-42,63	-74,11	28
	117	Dalcahue	-42,36	-73,70	22
	118	Entre Lagos	-40,68	-72,60	198
	119	Fresia	-41,15	-73,45	299
	120	Frutillar	-41,12	-73,10	169
	121	Lago Ranco	-40,32	-72,50	82
122	Las Quemadas	-41,40	-73,18	1	
123	Llanquihue	-41,25	-73,02	1	
124	Lliuco	-42,01	-73,50	0	
125	Los Muermos	-41,40	-73,48	280	
126	Mauñín	-41,62	-73,60	1	
127	Osorno	-40,57	-73,15	87	
128	Palena	-43,62	-71,80	657	
129	Pargua	-41,80	-73,43	0	
130	Peulla	-41,10	-72,03	582	
131	Puerto Montt	-41,47	-72,94	1	

REGIÓN	LOCALIDAD		COORDENADAS ALTIMÉTRICAS		
	ID.	Nombre	LAT. [°]	LONG. [°]	ALTURA [m.s.n.m]
X	132	Puerto Octay	-40,97	-72,90	31
	133	Puerto Varas	-41,32	-72,98	88
	134	Puqueldón	-42,59	-73,63	19
	135	Purranque	-40,92	-73,17	140
	136	Puyehue	-40,65	-72,32	337
	137	Queilén	-42,87	-73,47	0
	138	Quellón	-43,10	-73,60	5
	139	Quemchi	-42,13	-73,52	5
	140	Quenac	-42,47	-73,33	0
	141	Quinchao	-42,53	-73,41	0
XI	142	Río Negro	-40,78	-73,23	167
	143	San Pablo	-40,40	-73,02	89
	144	Aisén	-45,40	-72,70	9
XI	145	Balmaceda	-45,92	-71,68	583
	146	Coihaique	-45,57	-72,07	302
XII	147	Puerto Natales	-51,73	-72,52	3

En la Figura C.1 y Figura C.2 se muestra un mapa con la ubicación de las localidades de la Tabla C.1.

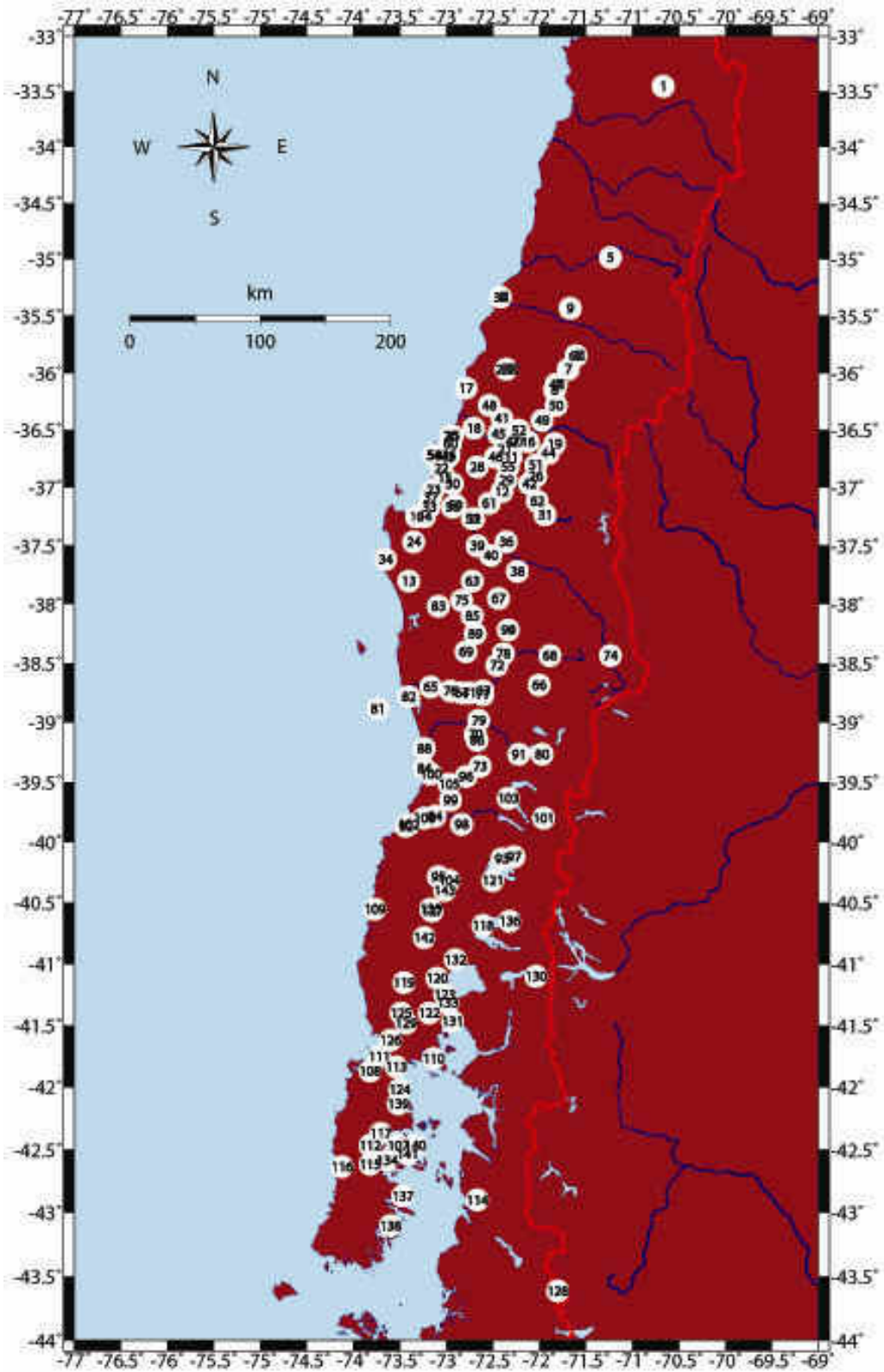


Figura C.1. Ubicación de las localidades estudiadas (parte 1).

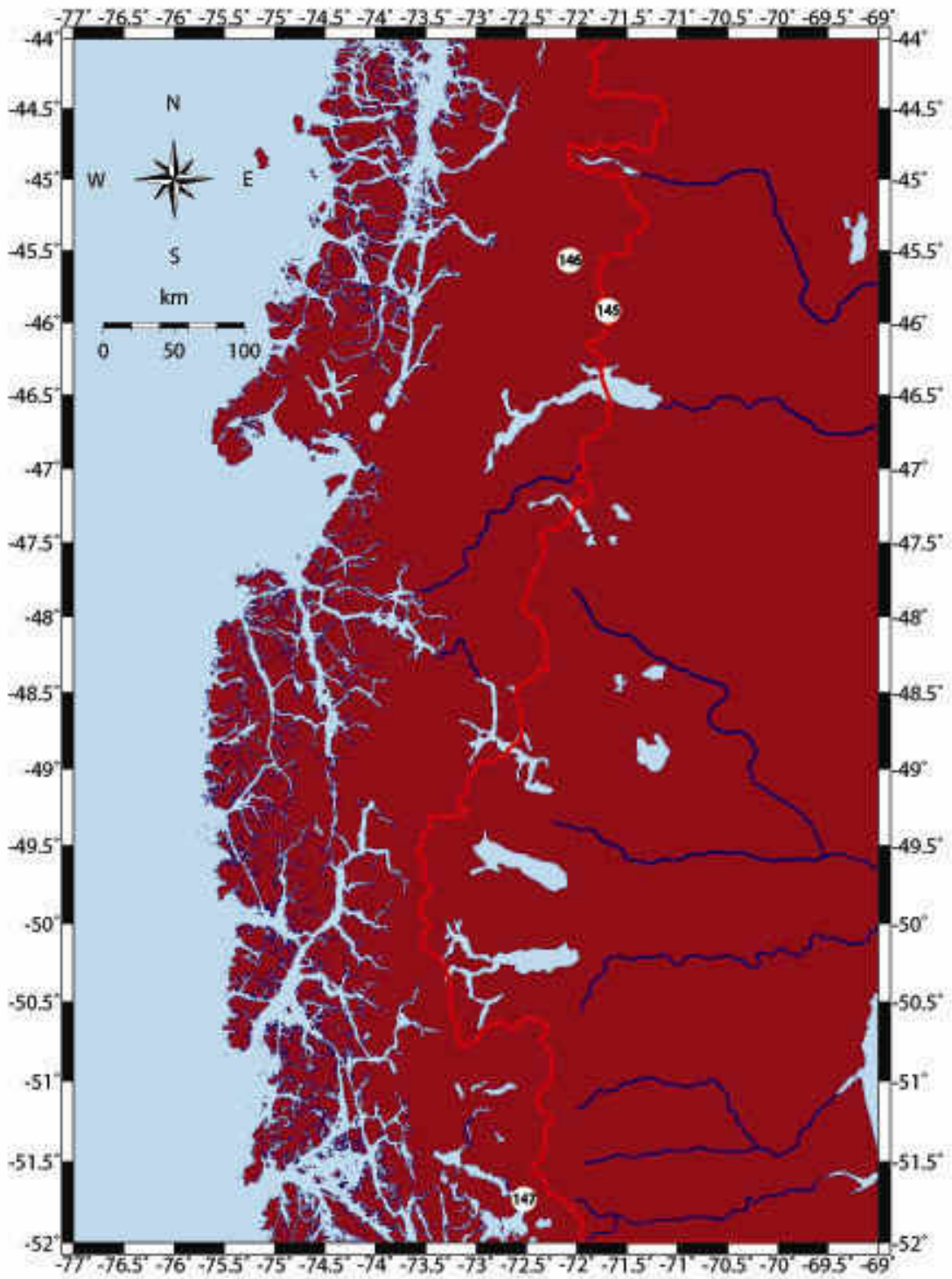


Figura C.2. Ubicación de las localidades estudiadas (parte 2).