

INFORME PRELIMINAR SOBRE EL SISMO DEL 8 DE JULIO DE 1971

RESUMEN

Se presenta un informe preliminar sobre los daños más destacados producidos por el terremoto del 8 de julio de 1971 en la zona central de Chile. Contiene un informe sismológico, uno geológico y cinco de ingenieros civiles sobre estructuras, fundaciones y obras de tierra.

INTRODUCCION

En este informe se presentan las observaciones preliminares obtenidas por diversos investigadores de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile sobre el sismo del 8 de julio de 1971 que afectó la zona central del país.

Al día siguiente del sismo se reunieron esos investigadores y en conjunto programaron las visitas que había que hacer a la zona afectada para obtener, en una acción coordinada, el máximo de información inmediata, utilizable en investigaciones futuras.

En el grupo intervinieron geólogos, cuya misión fue observar fallas y fracturas de la corteza; ingenieros civiles, que se dedicaron a hacer una inspección de estructuras, fundaciones y de obras de tierra, y geofísicos, que recorrieron la red existente de sismógrafos y acelerógrafos e instalaron nuevas estaciones para registrar las réplicas, comenzando de inmediato la sistematización de datos.

Las visitas se realizaron separadamente por los diferentes grupos, entre el 9 y el 13 de julio y al término de ellas se emitió un informe que fue publicado por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas con fecha 15 de julio de 1971 y que tuvo circulación limitada. El presente artículo es una reproducción del informe original con modificaciones de redacción hechas por el Director de la Revista y leves correcciones hechas por los autores. En el período comprendido entre la fecha de publicación del informe preliminar y la de aparición de este artículo, se publicó la contribución de Cedomir Marangunic en el N° 112 del Boletín de la

Universidad de Chile y además se publicó un resumen del informe en el Boletín del Instituto Hidrográfico de la Armada. Las fotos, que se agregaron en esta versión, son de Joaquín Monge, J. Enrique Luco y Roberto Lástrico.

Este trabajo es, pues, el fruto del primer intento hecho en la Facultad para abordar el estudio inicial de un terremoto en una acción común de todos los grupos interesados en el problema.

Es de desear que esta iniciativa se mantenga y perfeccione en los futuros terremotos y que de ella pueda derivarse algún plan piloto que oriente los pasos de los grupos de investigadores que deban intervenir en esas oportunidades.

INFORME SISMOLOGICO PRELIMINAR

Armando CISTERNAS*

Luz CHUAQUI*

El jueves 8 de julio de 1971, a las 23:03 hora chilena (9 de julio, 03 : 03 : 12 hora internacional) se originó un fuerte temblor en la misma zona, aproximadamente, que fue afectada por el temblor de La Ligua el 28 de marzo de 1965.

La Sección Sismología del Departamento de Geofísica presenta el siguiente informe preliminar con los datos que se tienen hasta el día 13 de julio. Queremos hacer notar que por primera vez se ha podido registrar un temblor chileno con una cantidad de instrumentos relativamente adecuada para tener una buena información.**

INSTRUMENTOS

Existe a lo largo del país una red de estaciones que funciona permanentemente, algunas de ellas aparecen ubicadas en Fig. 1.

Estaciones WWSNS (red mundial de estaciones "estandarizadas")

1. Antofagasta (ANT)

Consta de 3 estaciones Benioff de período corto, electromagnéticas con registro fotográfico y de 3 estaciones Press Ewing de período largo,

* Investigadores del Departamento de Geofísica, Sismología y Geodesia.

** No podemos decir lo mismo del temblor del año 1960, del de La Ligua del año 1965 y aun del de Taltal del año 1966.

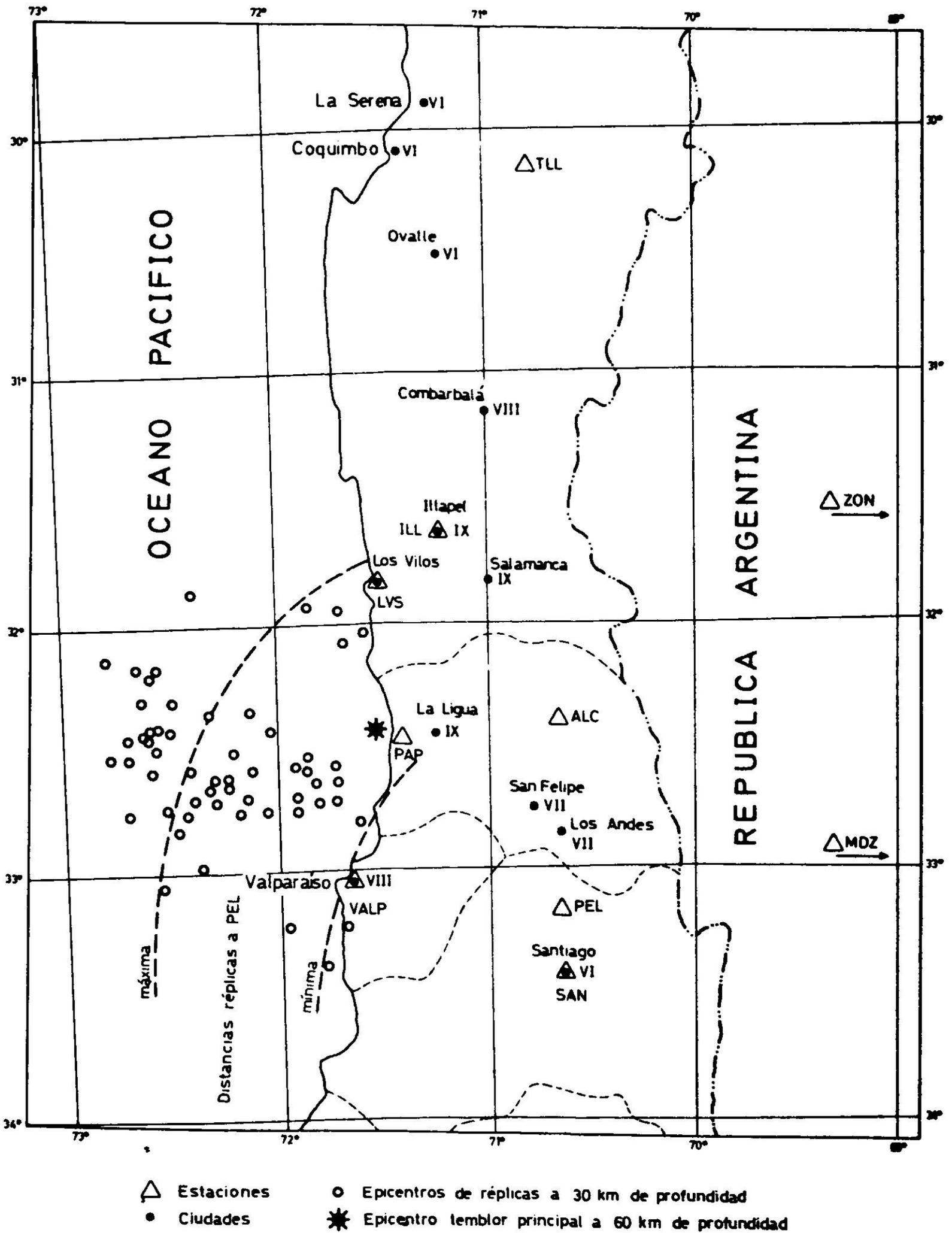


Fig. 1. Red de estaciones sismológicas y epicentros del terremoto de 8.7.1971 y sus réplicas.

electromagnéticas con registro fotográfico.

2. Peldehue (PEL)

Tiene el mismo equipo que Antofagasta.

3. Sombrero (SOM)

Tiene el mismo equipo que Antofagasta

Red local

4. Quillagua

Está dotada de instrumento Carnegie con registro a tinta, de período corto; y el mismo equipo tienen las cuatro estaciones que siguen a continuación.

5. Toconce

6. Calama

7. Salinas

8. Michilla

9. Copiapó (CPP)

Tiene 1 estación electromagnética vertical de período corto, fotográfica y 1 sismógrafo mecánico de baja amplificación.

10. Tololo (TLL)

Posee 1 sismógrafo electromagnético vertical de período corto, y 3 componentes de período largo Press-Ewing, registro fotográfico.

11. Santiago (SAN)

Consta de 1 sismógrafo vertical de período corto, electromagnético, con registro en papel termosensible, y 1 sismógrafo mecánico de baja amplificación.

12. Concepción (CON)

Tiene 1 sismógrafo vertical de período corto electromagnético; 3 componentes Press-Ewing de período largo, registro fotográfico, y 1 sismógrafo mecánico de baja amplificación.

13. Valdivia (VLV)

Consta de 2 sismógrafos mecánicos de baja amplificación.

14. Isla de Pascua

Está dotada de 4 sismógrafos electromagnéticos de período largo (Press-Ewing) y 3 de período corto.

Red de emergencia

Durante la emergencia se instalaron además los siguientes instrumentos adicionales:

15. Valparaíso

2 sismógrafos horizontales de baja amplificación Hagiwara, registro en papel ahumado.

16. Papudo

2 sismógrafos horizontales de baja amplificación Hagiwara, registro en papel ahumado.

17. Alicahue

Sismógrafo electromagnético vertical, con amplificación electrónica, tipo Carnegie (instalado el 14 de julio).

18. Illapel

Sismógrafo electromagnético vertical, con amplificación electrónica, (traído de Antofagasta).

19. Los Vilos

Sismógrafo electromagnético vertical, con amplificación electrónica (instalado primero en Catapilco, 10-13 julio, y luego trasladado a Los Vilos, instalado el 14 de julio).

Hay problemas en Valparaíso y posiblemente en Tololo para obtener buen tiempo absoluto.

EL SISMO PRINCIPAL

Se determinó el hipocentro con el computador IBM 360, usando el programa de R. Olea. Se espera mejorar esta determinación con datos adicionales. El resultado fue:

LATITUD : 32° 27' S
 LONGITUD : 71° 34' W
 PROFUNDIDAD : 60 km
 TIEMPO ORIGEN : 11 horas, 3 min, 12 s, hora chilena.

Para ilustrar la precisión de esta determinación, se presentan en la Tabla I los residuos en las estaciones que fueron utilizadas.

Se observan residuos extremadamente altos en Tololo, Antofagasta y Valdivia. Los dos últimos pueden explicarse por lo inadecuado del modelo para

TABLA I
RESIDUOS DEL HIPOCENTRO CALCULADO

Estación	Distancia km	Azimut Grados	Fase	Tiempo s	Residuo s
SAN	141	142	P	21.4	0.2
			S	37.7	- 3.2
PEL	114	132	P	18.1	1.4
			S	31.8	- 0.3
CON	504	196	P	71.0	- 1.6
TLL	262	16	P	37.7	7.8
ZON	292	70	P	42.0	2.4
ANT	974	7	P	136.1	- 7.0
VLV	829	191	P	116.0	- 7.0
			S	204.0	7.4

distancias grandes. Pero es importante revisar el tiempo de Tololo. La solución parece aceptable por los bajos residuos en las estaciones más cercanas.

Hay que hacer notar que el epicentro es el punto de partida de una ruptura a lo largo de una falla de varios kilómetros.

En este caso pensamos que el largo de la falla es de unos 60 km y que tiene un desplazamiento apreciable a lo largo del manto: es una falla del tipo común en la Costa de Chile, de acuerdo con la Tectónica Global.

Respaldan esta hipótesis:

- a) el tipo de tectónica común de Chile.
- b) la fuerte componente vertical en los acelerogramas de Santiago.
- c) el Instituto Hidrográfico de la Armada registró una marejada de 1,5 m sobre lo normal en Valparaíso.
- d) el movimiento inicial de las ondas P en la componente vertical, tanto en las réplicas como en el temblor principal.
- e) el impulso inicial en Santiago, ZON, MDZ, CON, VLV y PEL fue una dilatación, indicando que el bloque en que se encuentran Santiago y Peldehue bajó. En TLL, ANT, CPP y O'HG el impulso inicial fue una compresión.
- f) el largo de la falla puede inferirse de la distribución de intensidades (Lástrico y Luco) y de réplicas.

La magnitud dada por Berkeley fue 7.5, y la dada por el USCGS, 7 3/4. Por la actividad posterior (magnitud y frecuencia de las réplicas) y por la distribución de intensidades pensamos que la magnitud dada por Berkeley es más acertada.

Este sismo es comparable al de Kern Country (California, 21 de julio, 1952) que tenía un largo de falla de 50 km.

Tenemos el registro de un instrumento de período ultra largo en que se pueden ver fácilmente ondas G y de Rayleigh que dan varias vueltas a la Tierra. Es posible ver hasta G_6 y R_6 . El análisis de estas ondas puede ayudar a calcular el mecanismo de foco usando la teoría de Ben-Menahem.

Es de notar que en los instrumentos chilenos, se registró sólo el comienzo del sismo principal. En Santiago, la energía eléctrica estuvo cortada por dos horas después del sismo principal, y sólo cuando se volvió a tener energía en la red, se pudo comenzar a registrar las réplicas.

LAS REPLICAS

El número de réplicas ha ido disminuyendo cada día, pero se mantiene alto y se continuará durante unos tres meses con réplicas de magnitud 4 a 5.

Hemos contado las réplicas registradas en Santiago (SAN), aun las más pequeñas, y el recuento aparece en la Tabla II.

Usando los tiempos S-P de la estación de PEL (período largo) hemos

TABLA II
 RECUENTO DE REPLICAS REGISTRADAS EN SANTIAGO

Día	Nº de réplicas
9	167
10	192
11	241
12	177*
13	146

*el día 12 marca una disminución sensible de la sismicidad.

calculado la distancia de 54 réplicas de los días 10 al 13 de julio. Los resultados se presentan en el histograma, de Fig. 2. Las distancias oscilan entre 90 y 180 km. Estas son cotas superiores para los bordes de la falla. Los tiempos medidos son muy buenos y las distancias se pueden calcular con un error de ± 10 km, (son distancias inclinadas).

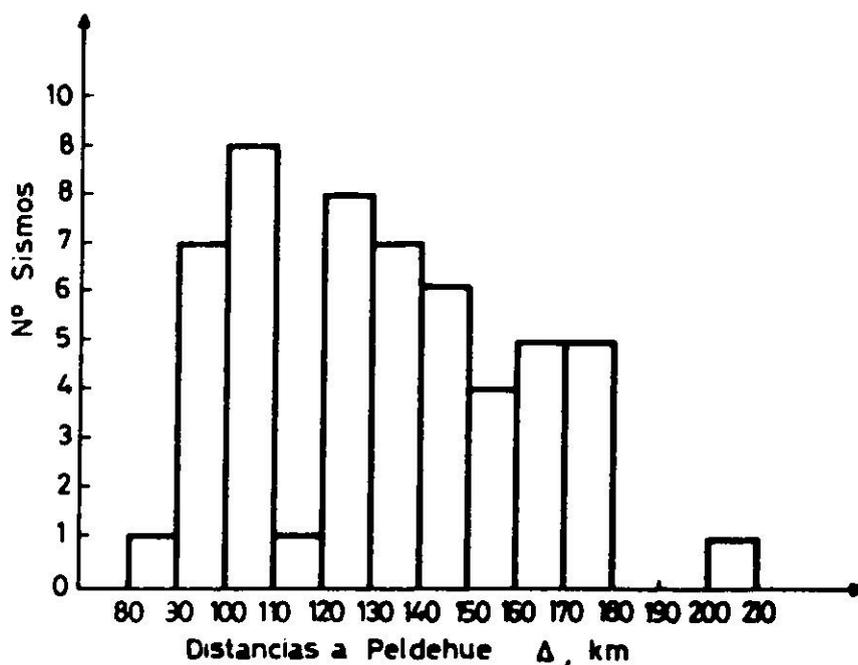


Fig. 2. Réplicas del terremoto de La Ligua de 1971. Días 10, 11, 12 y 13 de julio.

Se ha elegido un número selecto de réplicas del día 9 para las que se tienen ya información de por lo menos 5 estaciones y se ha determinado el epicentro, en el computador. Los resultados se han dibujado en la Fig. 1, y se puede observar que los epicentros indican una tendencia inicial: se agrupan frente a la costa de Chile. No se puede deducir todavía la inclinación de la falla pero los primeros datos permiten pensar en una dirección NW. Dos epicentros, que tienen residuos altos en las mejores estaciones, se alejan demasiado del sismo principal. Determinaciones más precisas no van a alterar demasiado el cuadro general.

Se ha estimado una distribución de magnitudes de las réplicas del día 11 de julio, con una magnitud mayor que 4, registradas en los períodos largos de PEL.

Se pudo correlacionar amplitudes máximas de la onda *P* y amplitudes máximas de la onda *S* con la duración de los sismos. En Figs. 3 y 4 se presentan estas relaciones, y se puede apreciar que, en la escala log-log, la correlación es buena.

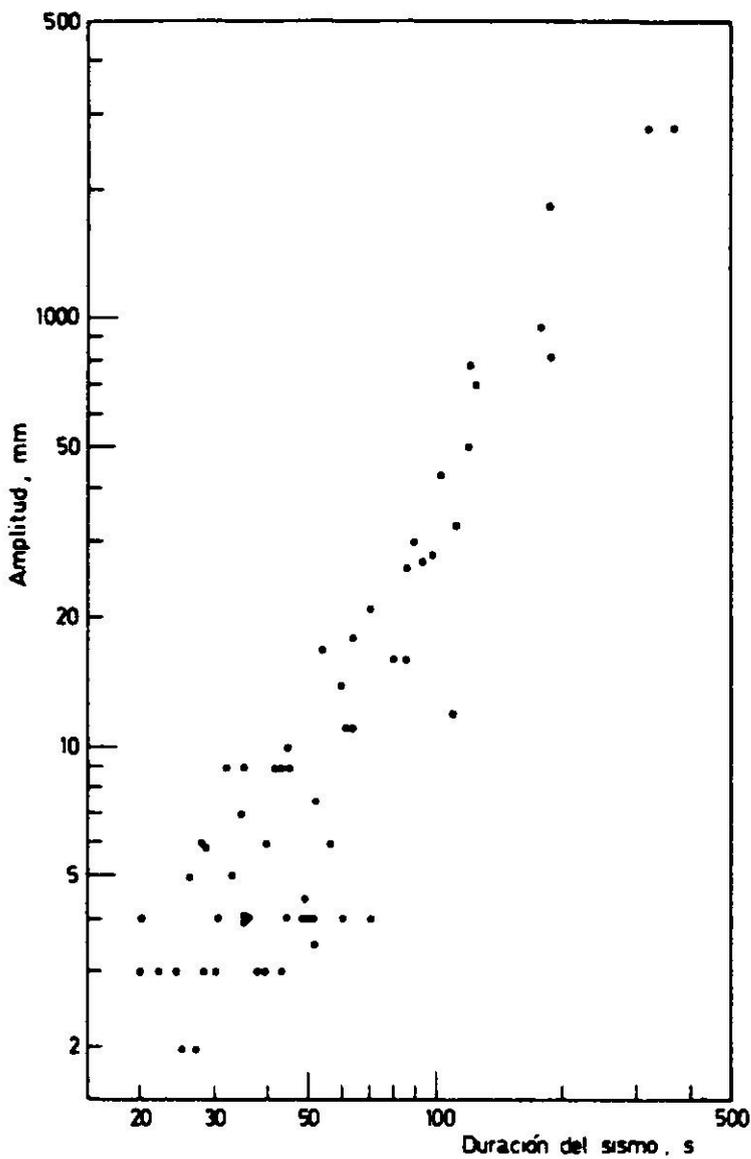


Fig. 3. Relación entre duración y amplitud del sismo. LP onda S. PELDEHUE.

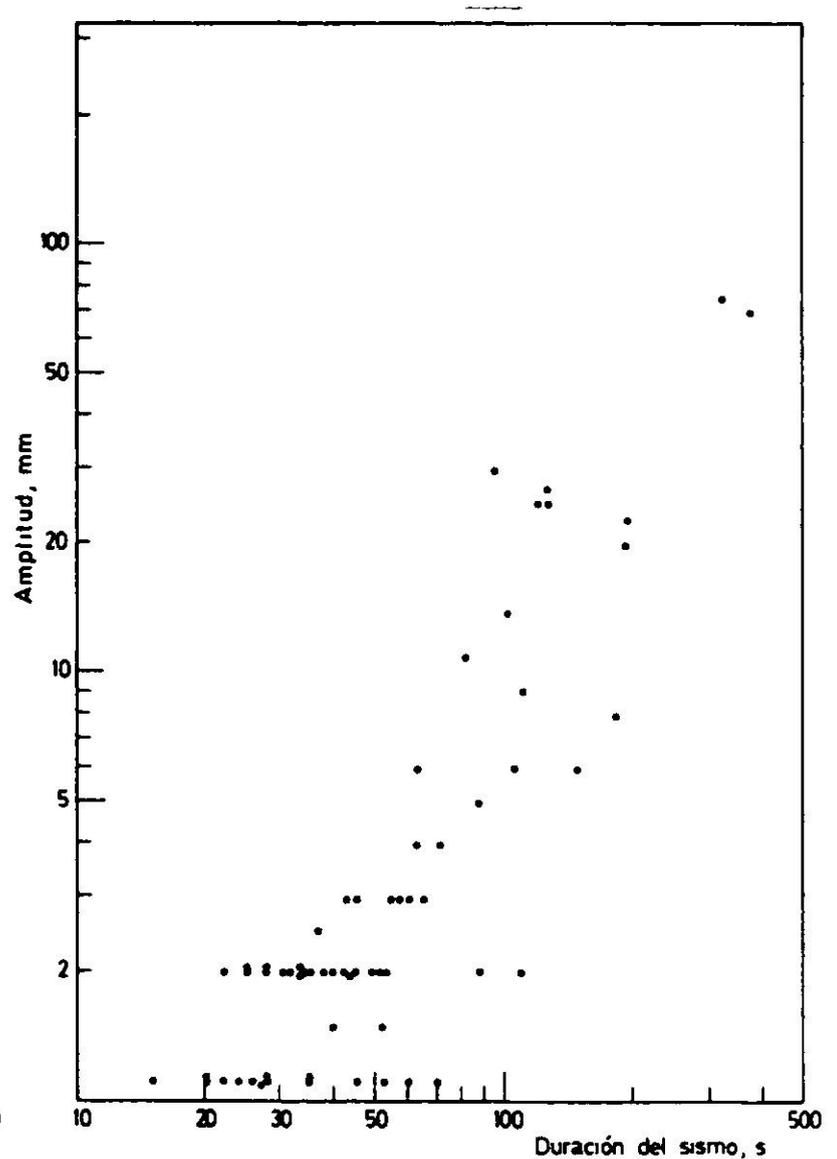


Fig. 4. Relación entre duración y amplitud del sismo. LP onda P. PELDEHUE.

Como las magnitudes han sido determinadas a partir del sismograma de período largo se pueden esperar errores de varias décimas. Sin embargo, se entregan los valores obtenidos pues dan una imagen parcial de la secuencia de réplicas. PEL funciona con una amplificación máxima de 1500 en las curvas de la red WWSNS.

Las magnitudes se listan en la Tabla III.

TABLA III
MAGNITUDES DE LAS REPLICAS

Magnitudes	Nº de sismos (11 julio)
4 -4.5	11
4.5-5.0	13
5.0-5.5	7
5.5-6.0	5
6.0-6.5	2

CONCLUSIONES

En un informe final sobre este sismo, es de interés cubrir los siguientes puntos:

Determinación del mecanismo de foco para el temblor principal con datos de polaridad de las estaciones de la red mundial, los cuales deberán solicitarse por las vías más rápidas posibles.

Estudios especiales, entre ellos dispersión de ondas, para cuyo objeto se encargarán los sismogramas sudamericanos.

Determinación del hipocentro, la magnitud y el mecanismo de foco de todas las réplicas en que ello sea posible. Estudio del plano de falla y migración de la actividad sísmica.

Uso de ondas de Rayleigh y G a lo largo de un círculo máximo para determinar los parámetros del foco.

Estudio de la distribución de fracturas en terreno, ya que hasta la fecha sólo se ha informado de fractura N70E en el valle de Illapel (Marangunic) y una probable fractura NW en la cuesta de las Chilcas, y un detalle más completo del conjunto de fracturas podría ayudar a establecer el sistema de tensiones en superficie.

Nivelación de precisión de la zona afectada para comparar con las efectuadas después del sismo de 1965.

Recomendaciones para casos de emergencia.

Las experiencias recogidas en este sismo nos permiten recomendar que el Departamento de Geofísica y Sismología adopte las siguientes medidas:

Instalar o tener disponibles generadores eléctricos de emergencia en algunas estaciones seleccionadas, para sortear los problemas de cortes de corriente eléctrica.

Establecer una red de comunicaciones de emergencia por intermedio de ENTEL.

Gestionar la aprobación del plan quinquenal de desarrollo de las observaciones sismológicas, ya presentado por el Departamento al Gobierno. Dar prioridad a la instalación inmediata de la red telemétrica en Santiago.

PERSONAL

Todo el Departamento de Geofísica se ha movilizado para obtener e interpretar los datos del sismo de La Ligua 1971. Han participado más directamente en instrumentación los investigadores Lautaro Ponce, A. Eisenberg (venido de Berkeley, USA), John Bannister; los técnicos señores Soto, Fuentes, Lederman, Araya, Gatica, Contreras, Insunza.

En interpretación han participado María I. Muñoz, investigadora; los técnicos H. Becker, G. Auseré, L. Alvear, R. Blanco; y los estudiantes graduados L. Da

Silva, J. Guzmán, J. Oblitas, A. Marín, G. Espejo y P. Fonseca.

En la elaboración de datos los investigadores A. Cisternas, Luz Chuaqui y el estudiante graduado J. Oblitas.

INFORME GEOLOGICO PRELIMINAR SOBRE EL SISMO DE CHILE DEL 8 DE JULIO DE 1971

Cedomir MARANGUNIC*

INTRODUCCION

El sismo de Chile del 8 de julio de 1971 causó daños de consideración en un área comprendida entre aproximadamente los 31° y 34° de latitud Sur. El presente informe es el resultado de visitas al terreno, realizadas el 10 y el 13 de julio.

El 10 de julio, en compañía del Sr. Eduardo Valenzuela, se recorrió el área de La Ligua, la carretera Panamericana hasta los Vilos, luego Illapel, Limahuida, Caimanes, Tilama. El 13 de julio se visitaron Colina, Los Andes, San Felipe, Putaendo, Alicahue, Cabildo, Pedegua, Petorca, Chicolco y La Ligua.

DESPLAZAMIENTO DE ESTRUCTURAS Y ROCAS

El desplazamiento de estructuras superficiales, tales como puentes, cercos, muros de casas, monumentos, y de rocas sueltas en superficie, permite apreciar la dirección de propagación de las ondas sísmicas. En todas las localidades visitadas que se ubican al sur de Caimanes y en Caimanes mismo, el desplazamiento de las estructuras es principalmente hacia el cuadrante noroeste y sobre todo hacia el norte. En Illapel, en cambio, las estructuras están desplazadas hacia el sur. La magnitud de los desplazamientos es de hasta 5 cm en rocas y estructuras no derrumbadas.

DERRUMBES Y FRACTURAS

Derrumbes de roca y suelo en los cortes de camino son especialmente notorios en la cuesta Las Chilcas, cuesta Melón, carretera Panamericana entre Longotoma y

* Investigador, Departamento de Geología.

Guaquén, en el camino Los Vilos-Illapel, en el camino al sur de Tilama, entre Cabildo y San Lorenzo, y en cuesta La Grupa, al norte de Cabildo. En prácticamente todos los casos se trata de derrumbes provocados por la remoción de suelo y rodados sueltos, remoción de material poco coherente como dunas y terrazas fluviales, o bien remoción de rocas previamente fracturadas.

Tan sólo en dos localidades se observaron fracturas frescas en rocas, con desplazamientos relativos que en todo caso no sobrepasan de dos o tres centímetros. En la cuesta entre Los Vilos e Illapel existen sistemas de fracturas con las siguientes características:

- 1) Fracturas de desplazamiento horizontal (cizalle) de rumbo N 60° E, de movimiento sinistral, y
- 2) Fracturas de desplazamiento horizontal (cizalle) de rumbo N 10° O a N 30° O, de movimiento dextral.

Ambos juegos de fracturas tienen un manteo prácticamente vertical. Entre Cabildo y San Lorenzo se observaron:

- 1) Fracturas de desplazamiento horizontal (cizalle) de rumbo N 70° E y movimiento sinistral,
- 2) Fracturas de tensión de rumbo N 10° E, y
- 3) Fracturas de desplazamiento horizontal de rumbo N 20° O, pero sin movimiento apreciable.

Estos tres últimos sistemas de fracturas son también esencialmente verticales.

INTENSIDAD DE LOS DAÑOS Y SU CONTROL GEOLOGICO

La intensidad de los daños ocasionados por el sismo es sumamente variable, dependiendo, además de la magnitud del sismo y distancia del epicentro, del tipo de terreno sobre el cual se ubican las estructuras: localidades ubicadas sobre roca, tales como Los Vilos, Pichidangui, Los Molles, parte norte de Illapel, han sufrido relativamente pocos daños considerando la magnitud del sismo; en cambio, localidades como Petorca, La Ligua, parte sur de Illapel, construídas sobre terrazas fluviales cuaternarias o pliocénicas, poco coherentes, fueron prácticamente destruídas. Esta diferencia de daños es típica en Illapel, donde la parte norte de la ciudad, ubicada en las faldas de un cerro granítico, está poco dañada en comparación con el resto de la ciudad.

Otro ejemplo es la diferencia de los daños provocados por el sismo en Petorca, ciudad ubicada sobre una terraza fluvial en el lado norte del río Petorca y además sobre una falla de rumbo aproximado N 60° E, y Chicolco, localidad a 10 km de Petorca en el margen sur del mismo río, sobre un muy tenue cono de deyección: en Petorca la destrucción es prácticamente total; en Chicolco, no más de un 50%, en construcciones similares.

CONCLUSIONES

1. Los sistemas de fracturas producidos en este sismo evidencian que las deformaciones superficiales han sido ocasionadas por esfuerzos que, en un análisis triaxial, son los tres siguientes:

Una compresión horizontal en la dirección N 10° E a N 20° E.

Un relajamiento o tracción horizontal, en la dirección N 80° O.

Un esfuerzo intermedio, especialmente presión litostática, en la vertical.

Este sistema de esfuerzos produce los cizalles horizontales de dirección N 60° – 80° E y N 10° – 30° O, sinistral y dextral respectivamente, y fracturas de tensión asociadas de orientación N 10° – 20° E.

2. Las direcciones de los sistemas de cizalle coinciden con las orientaciones de los principales valles fluviales de la región, tales como los ríos Illapel, Choapa, Quilimarí, Petorca, lo cual permite suponer el control de la orientación de estos ríos por la estructura geológica.

3. El desplazamiento de las estructuras y rocas en superficie cambia de sentido entre las localidades de Illapel y Caimanes, indicando que la zona desde la cual se propagan las ondas sísmicas se ubica entre estos dos puntos. Lo anterior, sin perjuicio de que puedan haberse reactivado fracturas de esta área principal, tales como la fractura de Petorca.

4. W. J. Morgan; P.R. Vogt, y D.F. Falls indicaron (Nature 1969, vol. 222, pp. 137–142), basados en anomalías magnéticas, la existencia de una vasta zona de cizalle sinistral de rumbo aproximado N 70° E, en la corteza oceánica al oeste de Chile y ubicada de tal manera que su traza apunta hacia la región de Illapel. El movimiento relativo de este cizalle, que es un fracturamiento vertical en la corteza oceánica y que, por lo tanto, debe alcanzar centenares de kilómetros de profundidad al propagarse y extenderse bajo el plano de Beniof, podría ser el causante del sismo, explicando así su amplia zona de percepción en el cono sudamericano. Este cizalle no afecta directamente la corteza continental pero produce en ella deformaciones similares evidenciadas en los sistemas de fracturas superficiales. Además, cualquier desplazamiento relativo en la corteza oceánica produce fricción en el contacto con la corteza continental (plano de Beniof), y la ubicación de hipocentros menores, o secundarios, en este contacto.

5. Un factor de primera importancia en la magnitud de los daños causados es la naturaleza del terreno sobre el cual se asientan las estructuras superficiales. Los daños provocados a estructuras construídas sobre roca coherente son esencialmente y comparativamente débiles en comparación a los daños ocasionados a estructuras similares construídas sobre material poco coherente como terrazas fluviales cuaternarias o pliocénicas. Este es un factor que debe ser indudablemente considerado al iniciar la reconstrucción de las localidades afectadas por el sismo.

DAÑOS E INTENSIDADES: ZONA ILLAPEL – CALERA**Roberto LASTRICO*****J. Enrique LUCO******Carlos MEDONE*******ALCANCE Y OBJETIVOS**

El día Sábado 10 de julio de 1971 el grupo de personas arriba indicado inició una visita hacia la zona comprendida entre Calera e Illapel, con el objeto de realizar una inspección preliminar de daños. Esta inspección tuvo por finalidad determinar los tipos de daños que se produjeron y que podrían ser objeto de una investigación posterior más detallada. Se dio especial énfasis a caminos, rellenos y terraplenes, puentes, estructuras de hormigón armado, escuelas, viviendas, económicas de construcción reciente, tranques de relave y estanques de agua. Además se trató de determinar la intensidad del movimiento en diferentes puntos y de estudiar, en primera aproximación, la posible correlación con el tipo de suelo de fundación y con la geología local.

El recorrido cubrió la carretera Panamericana entre Santiago y Los Vilos, y las carreteras Quinquimo–Cerro Negro, Los Vilos–Illapel y Quinquimo–Zapallar. Se visitaron las ciudades de Artificio, La Calera, La Ligua, Cabildo, Los Vilos, Illapel, Salamanca y Zapallar. Esta zona queda comprendida entre los paralelos 31°40' y 32°50' de latitud sur.

DESCRIPCION GENERAL DEL AREA RECORRIDA

El relieve de la zona está compuesto de cordones de rumbo norte–sur, que conforman la Cordillera de la Costa, y que están atravesados por valles transversales como el de Aconcagua, La Ligua, Petorca y Choapa, separados por cordones montañosos poco desarrollados. De las ciudades consideradas en este informe, La Calera se encuentra en el valle del Aconcagua; La Ligua y Cabildo en el valle de La Ligua; Los Vilos se encuentra en la costa, entre ambos valles, en zona rocosa; Illapel y Salamanca están ubicados en el valle del río Choapa y afluentes, y Zapallar y Papudo se encuentran en la costa y sobre rocas.

* Investigador de IDIEM.

** Investigador del Departamento de Geofísica, Sismología y Geodesia.

*** Estudiante graduado del Departamento de Geofísica, Sismología y Geodesia.

DISTRIBUCION DE INTENSIDADES

A lo largo del recorrido cubierto se hizo un reconocimiento preliminar de los daños en distintas ciudades con el fin de estimar la distribución de intensidades.

A continuación se describe el procedimiento que se usó y los criterios que se emplearon para asignar intensidades en cada lugar.

En cada ciudad se hizo un recorrido por la zona central y alrededores, inspeccionando daños exteriores.

Ciertas estructuras de hormigón y albañilería armada de construcción reciente, tales como edificios públicos, escuelas y retenes fueron inspeccionados en su interior. Algunas casas de adobes fueron inspeccionadas también en el interior.

En cada ciudad visitada se entrevistó al Jefe de Carabineros del lugar.

Como base de comparación entre distintas ciudades se consideraron estructuras "tipo", tales como casas de adobe, de madera, escuelas de estructuración y construcción semejantes.

Sobre la base citada se atribuyó a cada zona la intensidad en la escala MSK. Estos resultados, en combinación con otros de otras fuentes, permitieron establecer la distribución preliminar de intensidades que se observa en la Fig. 1. Esta distribución de intensidades tiene aspectos interesantes, algunos de los cuales conviene destacar.

La forma alargada de las líneas de igual intensidad sugiere que el sismo se generó en una falla de dirección aproximadamente norte-sur que comenzaría en la zona del epicentro y se propagaría hacia el norte. La longitud de esta falla sería del orden de 60 km.

La intensidad en la zona epicentral (en el mar) no excedería del grado X.

La zona de la costa, especialmente entre Zapallar y Los Vilos, a pesar de ser la más cercana al epicentro, sufrió daños menores que otras zonas hacia el interior, lo que podría responder al hecho de que sus construcciones están fundadas sobre roca.

La zona de daños severos se concentra principalmente en los valles.

Las intensidades comunicadas por Carabineros y por periodistas parecen aumentadas en alrededor de un grado. Esto se debe en parte a que algunas estructuras presentaban deficiencias aun antes del sismo (reparaciones mal efectuadas, grietas cubiertas por estuco, etc.)

La distribución indicada en la figura es global, dentro de cada zona puede haber diferencias debidas a la geología local y a las características del suelo.

En la Tabla I se presentan las intensidades asignadas a las distintas ciudades, junto con una comparación con las correspondientes intensidades para el sismo de La Ligua, 1965.

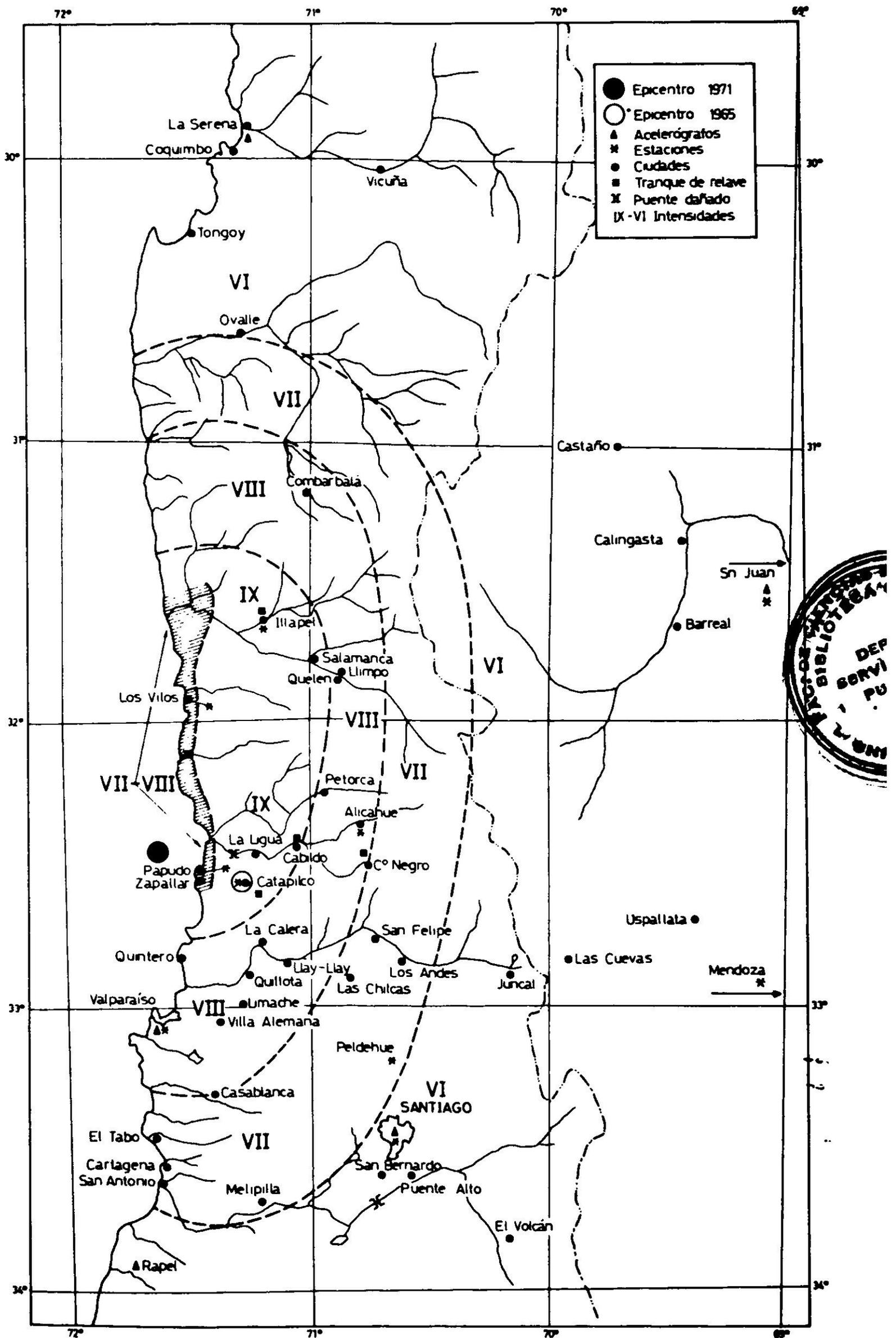


Fig. 1. Mapa de intensidades del sismo de 8 de julio de 1971.

TABLA I
INTENSIDADES MSK

CIUDAD	1971	1965
SANTIAGO	VI - VII	VII
LA CALERA	VIII	---
LA LIGUA	IX	X
CABILDO	VIII-IX	---
ILLAPEL	IX	VIII-IX
SALAMANCA	VIII-IX	---
LOS VILOS	VII - VIII	VII - VIII

DESCRIPCION DE LOS DAÑOS

Caminos.

A lo largo del recorrido se trató de observar los efectos del sismo en los caminos, pendientes naturales, rellenos artificiales y cortes. A medida que se avanza hacia el norte de Santiago, estos efectos aumentan ostensiblemente.

Las primeras evidencias del sismo se observan en la cuesta Las Chilcas. En este lugar, parte del camino está sobre una gran estructura uno de cuyos componentes es un muro sobre la pendiente como se ve en Fig. 2.

Se observaron pequeñas grietas (2 cm) en el asfalto y al pie del muro, en las posiciones señaladas en Fig 2; estas grietas constituyen evidencia de que el sistema tuvo algún movimiento.

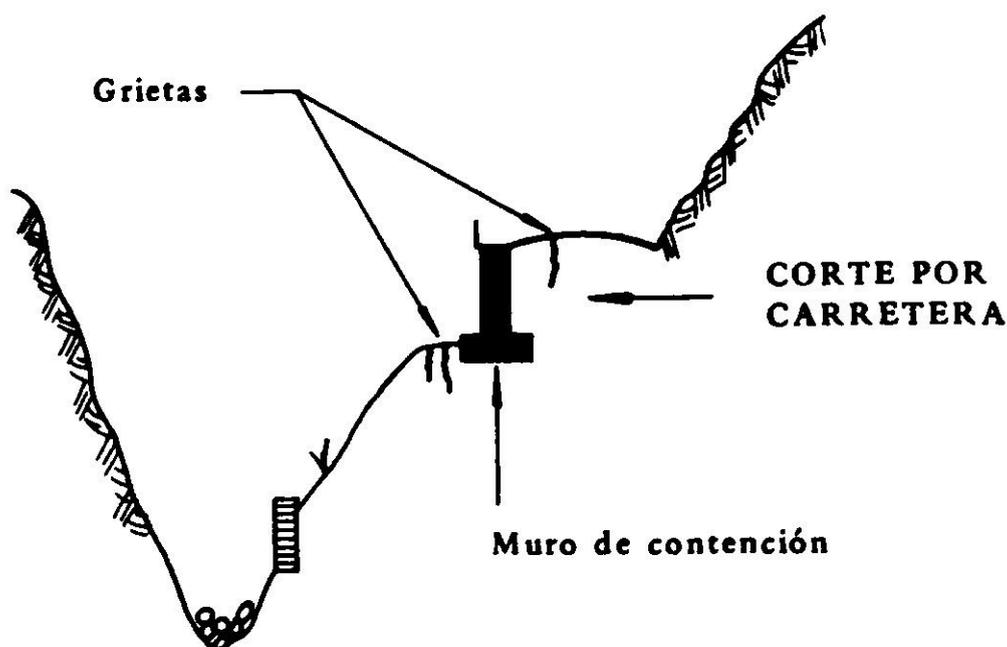


Fig. 2. Corte esquemático del camino en la cuesta Las Chilcas.

En la bajada de la misma cuesta se observaron algunas grietas en el

coronamiento de los terraplenes y se observan deslizamientos incipientes de los terraplenes y cortes, Figs 3 y 4.



Fig. 3. Asentamiento de terraplén, cuesta Las Chilcas.



Fig. 4. Deslizamiento de roca en Las Chilcas.

Los terraplenes en los estribos de prácticamente todos los puentes, de Las Chilcas al norte, muestran en general descensos del orden de 20-30 cm Fig. 5.



Fig. 5. Descenso terraplén de acceso a puente de Carretera Panamericana, Llay Llay.

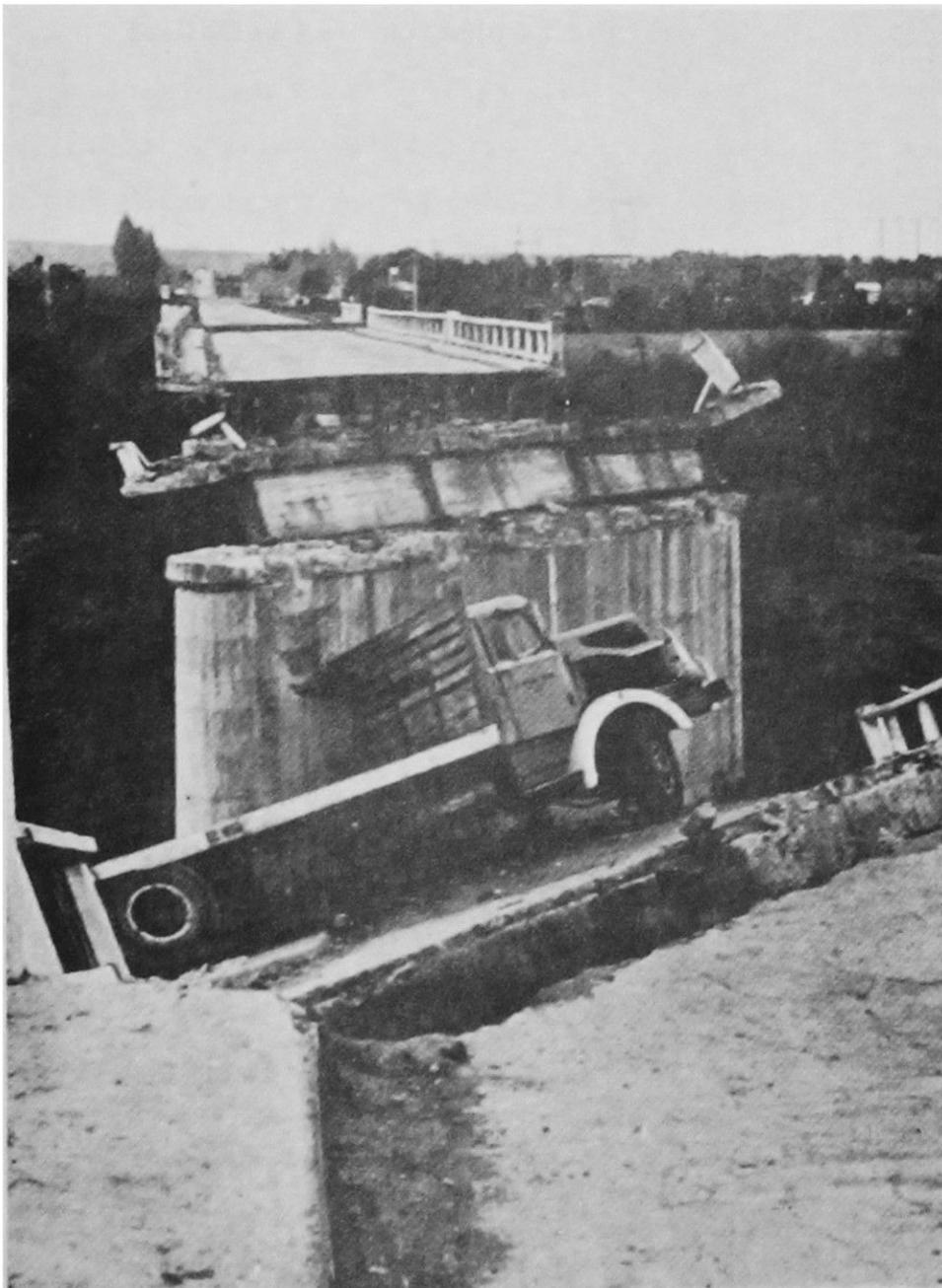


Fig. 6. Puente Pullalli.

Desde la cuesta Melón hasta Illapel hay un aumento de las grietas en terraplenes, deslizamientos de rocas en los cortes y deslizamientos en los rellenos del camino. Algunas grietas corren al borde del camino paralelas a éste y otras comprometen gran parte de la carretera insinuando superficies de deslizamiento.

Los terraplenes en general están ondulantes debido a asentamientos de los mismos.

El puente Pullalli se desplomó, Fig 6 y dos puentes entre este punto y Los Vilos presentan desplazamientos laterales del orden de unos pocos centímetros.

Entre los Vilos e Illapel, los terraplenes del ferrocarril muestran desprendimientos. En la misma zona un túnel ferroviario presentó daños al parecer de importancia según datos de Carabineros.

Tranques de Relave.

Fueron visitados tres tranques de relave: Cabildo, Cerro Negro e Illapel.

El primero de ellos tiene las siguientes dimensiones aproximadas, altura 15 m, coronamiento 100 x 100 m y pendiente 1 : 1. Este tranque presentó sólo grietas en el borde del coronamiento y pequeños desprendimientos en la pendiente.

El tranque de Cerro Negro tiene dimensiones mayores y sufrió un colapso que vertió el material extendiéndose en un recorrido de unos tres kilómetros.

El tranque de ENAMI en Illapel tenía dimensiones similares al de Cabildo y sufrió un colapso como se indica en Fig. 7.

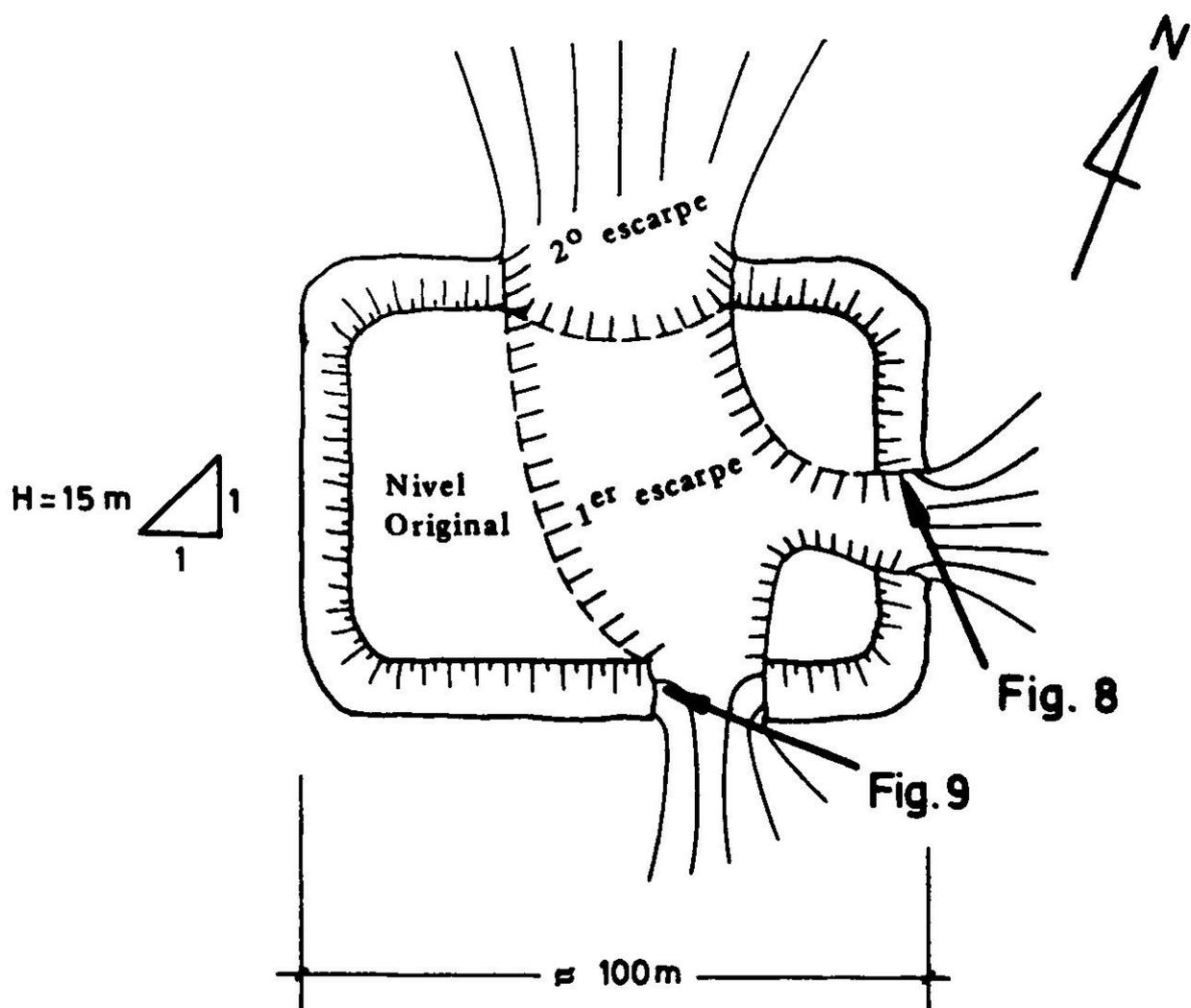


Fig. 7. Esquema del colapso tranque de relaves Enami en Illapel.

En Figs. 8 y 9 se muestran algunos detalles de la falla.

Según referencias de Carabineros, los tranques de El Cobre no fallaron, pero otros tranques de relave estarían dañados también.

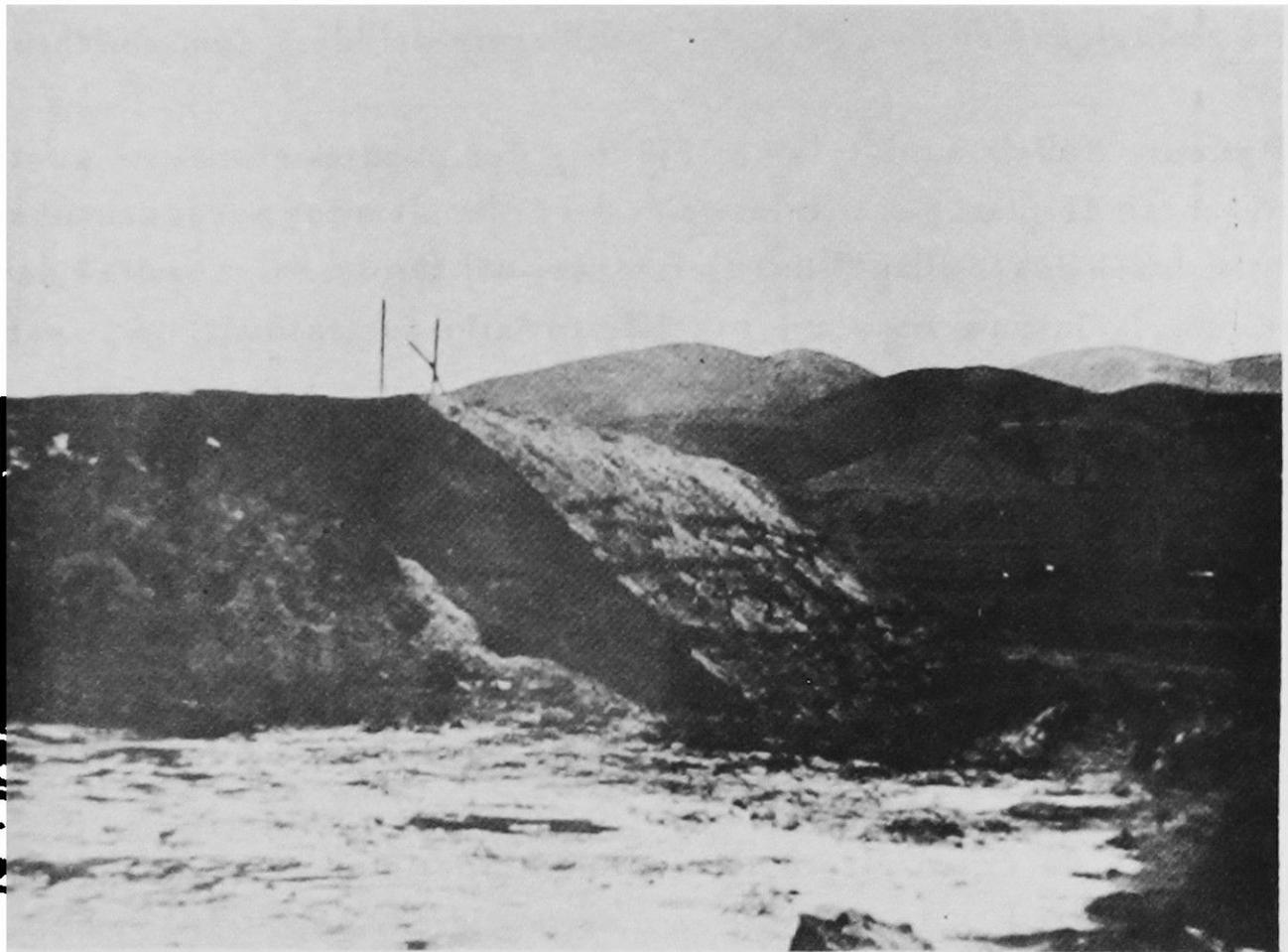


Fig. 8. Vista parcial del colapso del tranque de relaves Enami en Illapel.

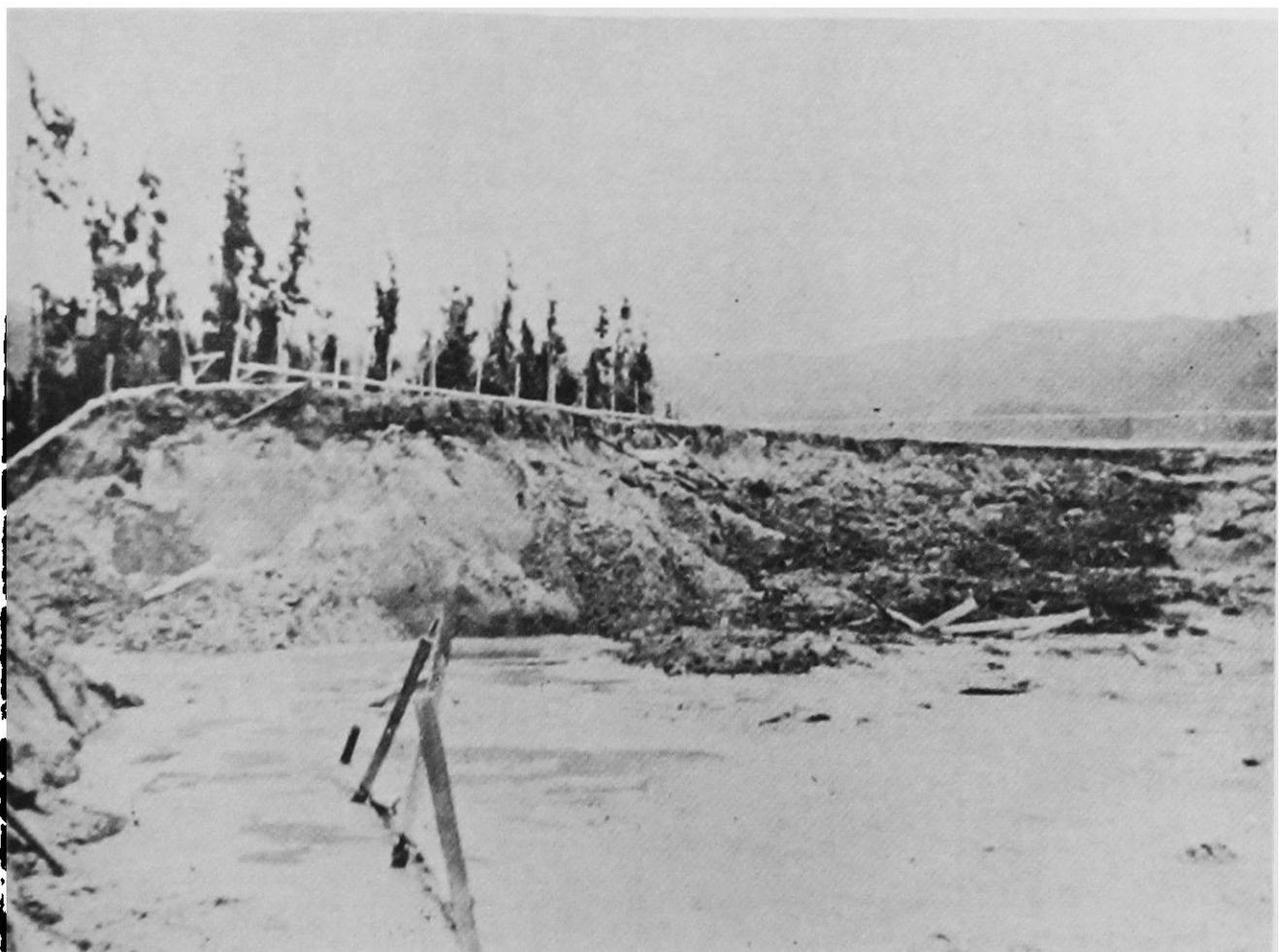


Fig. 9. Vista parcial del colapso del tranque de relaves Enami en Illapel.

Ciudades.

En un párrafo anterior se explicó el procedimiento seguido para determinar las intensidades. Sin embargo, es de interés hacer algunas observaciones especiales con referencia a alguna de las ciudades visitadas.

Artificio y Calera

Se observaron bastantes daños en parapetos y ornamentos; casas de adobe bastante dañadas aun por fuera. Frente a La Calera, a un costado de la carretera, se observó un galpón metálico destruído, pero no se averiguaron antecedentes de esta falla. Una escuela en Artificio, consistente en una construcción de un piso con pilares prefabricados, muros de albañilería con tirantes y amarras metálicas, presentó algunos daños y pequeñas grietas en los muros.

En La Calera, según datos de Carabineros, hubo 145 casas con daños exteriores.

El estanque de agua ubicado en un corte en el cerro presentó grietas en el suelo de fundación y el muro de contención se desplazó.

La Ligua

En esta ciudad se observó colapso completo de algunas casas de adobes. La iglesia en la plaza presenta sus pies derechos de madera desplazados sobre el sobrecimiento.

Una escuela, edificio de dos pisos de hormigón armado compuesto de dos cuerpos en forma de L, tiene daños importantes en especial en la unión de los dos cuerpos, Fig 10. Un extremo del edificio, también dañado, está sobre rellenos. Esta escuela había sido reparada después del sismo de 1965.

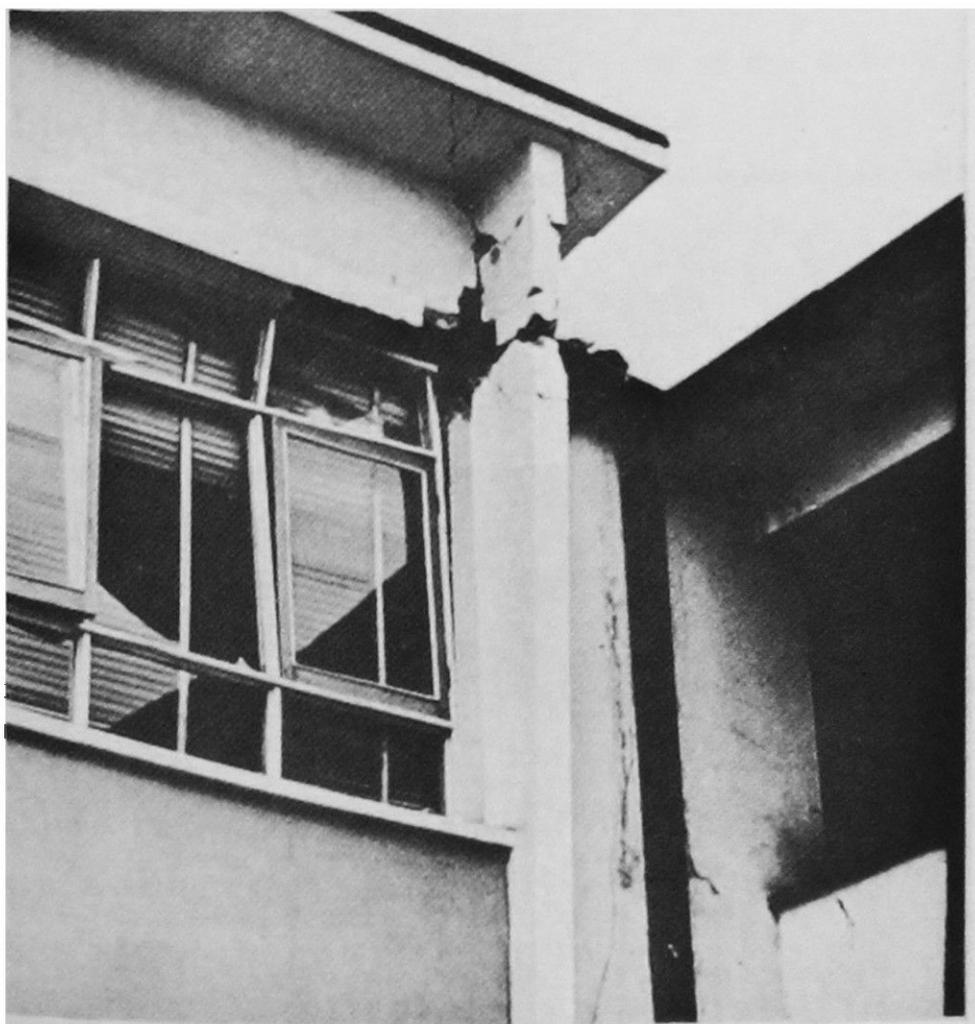


Fig. 10. Escuela de La Ligua, vista parcial de daños.

Una calle de esta ciudad está construída sobre un canal a cuyos costados hay rellenos. Las construcciones a ambos lados de esta calle se comportaron ostensiblemente mal por ceder algunos terraplenes y, en algunos casos, pequeños muros de retención de rellenos.

Una casa de dos pisos de albañilería reforzada ubicada en rellenos presentaba bastante agrietamiento en tabiques interiores. En varias partes se asentaron los rellenos artificiales formando depresiones en el terreno con grietas concéntricas. Una casa de un piso construída sobre ellos se asentó 15 cm en un extremo.

Se observa que las casas en los cerros se comportaron mejor que aquéllas en las zonas de sedimentos fluviales.

Los Vilos

Se observó poco daño exterior. Terraplenes y muros de sostenimiento en la zona del puerto no acusan daños. Esta ciudad está sobre roca. No se visitaron casas en el interior.

Illapel

Esta ciudad está construída parte en cerros y parte en sedimentos aluviales. Se visitaron tres escuelas, dos casas, edificio de reparticiones públicas y la iglesia. Se constataron, en general, mayores daños en la zona baja.

La Escuela N° 1, de construcción similar a la de La Ligua, presenta daños parecidos, en especial en la unión de ambos cuerpos. Se ven asentamientos y depresión en los rellenos de los patios, algunos pilares se ven fallados, con fierro a la vista y algunos parapetos, sin armadura vertical, caídos, Fig 11.

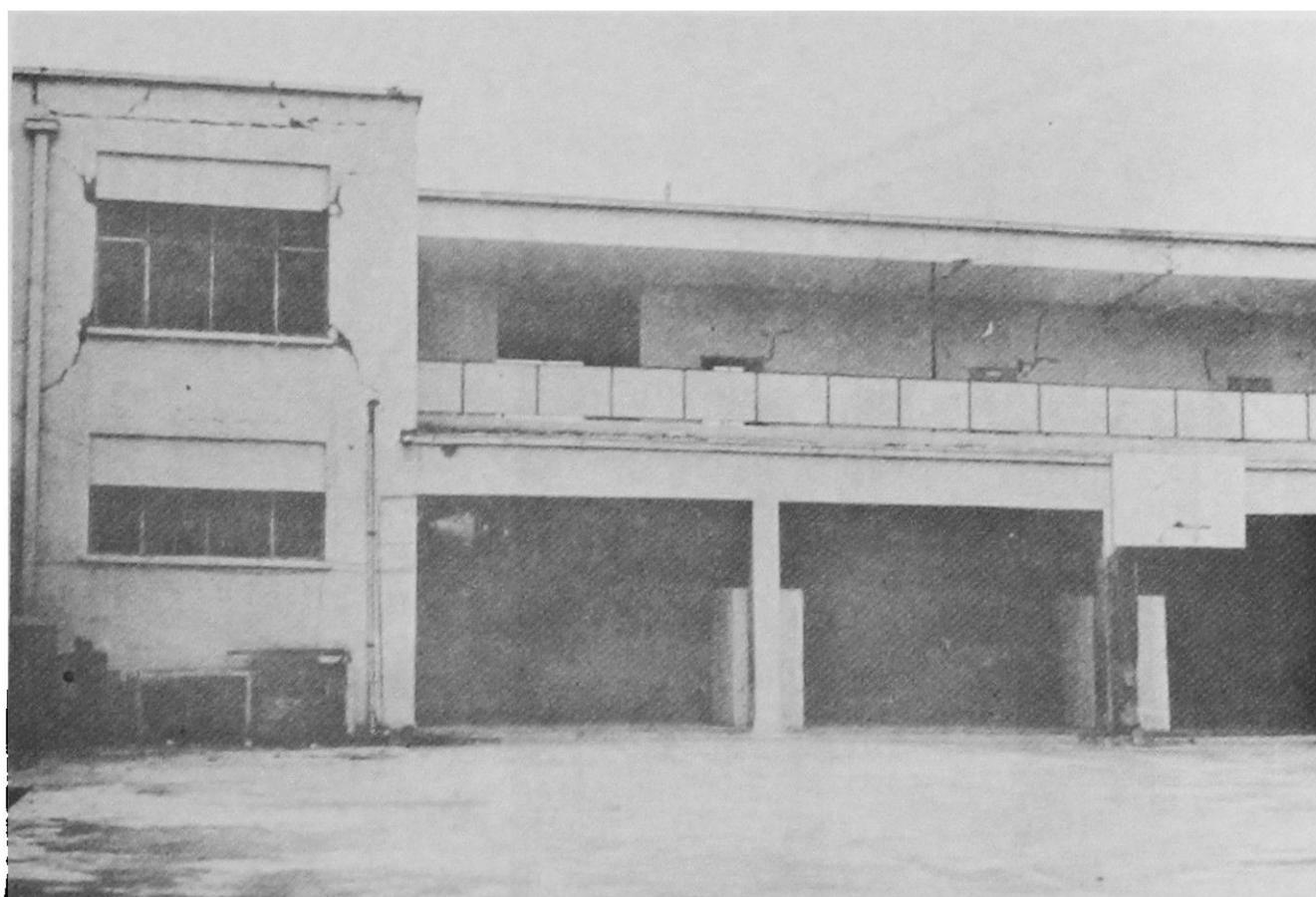


Fig. 11. Escuela de Illapel.

La Escuela N° 2, de dos pisos de hormigón armado, construída en 1943 presentó grietas en muros y dinteles; los muros interiores están muy dañados.

La Escuela N° 3 era de un piso, muy antigua, de pies derechos de madera con rellenos de adobe amarrados. Presentó bastantes daños en sus muros interiores. Asentamientos notables en rellenos. Una estructura metálica de un piso con muros de albañilería presentó vaciamiento de parte de los muros.

El edificio de reparticiones públicas, estructura de dos pisos de hormigón armado, presentó bastantes grietas en muros interiores y fisuras en pilares y vigas cerca de las uniones. Los rellenos en los jardines alrededor del edificio presentan asentamientos del orden de 2 a 5 cm.

El hospital antiguo, situado en el cerro y construído de adobes quedó en muy mal estado.

La iglesia tiene un campanario de estructura metálica en forma de A, sobre una estructura de hormigón armado, presenta vidrios rotos y no hay otros daños apreciables.

En el edificio de Carabineros la caja de fondos se desplazó 2 cm en sentido SW.

Carabineros informó en esta ciudad de 294 casas destruídas y 718 inhabitables.

Salamanca

Una estructura de un piso, de bloques de cemento con pilares y cadenas armados, sufrió muchos daños. Una pequeña estructura de sostenimiento de rellenos cedió. Una estructura de albañilería reforzada, con pilares y cadenas, se ve en muy buen estado en el exterior. La iglesia, de construcción reciente, presenta todos los vidrios rotos sin otros daños apreciables.

Hacia el interior de Salamanca se encuentra el asentamiento Jorquera que fue visitado. Consiste este asentamiento de 36 casas de albañilería con cadena armada, sin pilares y con sobrecimientos de hormigón. Seis de las casas estaban inhabitables y gran parte del resto presentaba muros agrietados. Es interesante anotar que las más dañadas se encontraban en terrenos que probablemente eran de depósitos y las menos dañadas en el faldeo del cerro. Se recibió información de que otros asentamientos presentaban los mismos daños en estructuras similares y de que, en cambio, villorrios construídos con estructuras de madera no presentaban daños de importancia.

ASPECTOS A ESTUDIAR

Como consecuencia de esta visita de inspección y de reuniones de discusión del tema, se ha estimado que sería de interés estudiar en forma detallada los siguientes puntos.

Relación entre geología y daños—intensidad.

Efecto local de los suelos de fundación en los daños (a nivel de ciudad).
Relación entre la distribución de intensidades y el mecanismo de foco.
Efectos del sismo en distintos tipos de construcción: viviendas económicas, estructuras de madera.
Seguridad de los tranques de relave.
Rellenos y terraplenes en caminos y estribos de puentes.

INFORME PRELIMINAR SOBRE VISITAS A ALGUNAS ZONAS AFECTADAS POR EL SISMO DEL 8 DE JULIO 1971

Pedro ORTIGOSA*

Pedro ACEVEDO*

Ricardo DOBRY*

Claudio FONCEA*

Este informe preliminar se refiere a observaciones realizadas por los autores (en el área de Mecánica de Suelos) inmediatamente después del sismo del 8 de julio.

Para estos efectos se visitó la zona de Santiago por Claudio Foncea, Ricardo Dobry y Pedro Ortigosa el 9 de julio; el día 11 de julio, Pedro Ortigosa visitó Curacaví y Casablanca, y Valparaíso y Viña del Mar, y por último Pedro Acevedo en conjunto con Pedro Ortigosa recorrieron San Antonio y Llolleo, el 13 de julio.

OBSERVACIONES EN SANTIAGO

En los días siguientes al sismo se visitaron varios cortes profundos casi verticales existentes dentro de la zona urbana de Santiago. Ello se hizo fundamentalmente en conexión con algunos estudios para el Ferrocarril Metropolitano que está realizando IDIEM. Estos cortes fueron los que se describen a continuación.

Pozos de ripio La Feria.

Hay aquí varios cortes de talud 70 a 90° y de altura variable entre 8 y 15 metros

*Investigadores de la Sección Mecánica de Suelos del IDIEM.

(estimados). En general resistieron bien, mostrando sólo grietas de tensión en el suelo de relleno húmedo cerca del borde. Una de las excepciones fue un talud de unos 8 m. En éste, un planchón de unos 0.60 m de fondo se derrumbó en toda la altura del talud. El ángulo de talud final siguió siendo mayor de 70° . Se nos informó que en el temblor de 1965 hubo derrumbes similares (planchones delgados) en otros taludes.

Pozos de ripio Departamental.

Hay un corte de especial interés que tiene 25 a 30 m de profundidad, un largo mayor que 100 m y un ángulo de talud de 80 a 90° . En varias zonas cayeron planchones de aproximadamente 1 m de fondo y de un máximo de 10 m de alto. En el sismo del año 1965 no habían existido deslizamientos de ningún tipo. La dirección del corte mencionado es perpendicular a Avda. Departamental.

Excavaciones del Metro.

Todos los cortes en ripio resistieron perfectamente bien. Especialmente impresionante, al momento del sismo, era un talud de 11 m de profundidad por 40 m de longitud y un ángulo de unos 65 a 70° localizado en la Alameda entre Marinero Díaz y Covadonga. Este corte, que había estado en pie algunas semanas, no sufrió ningún daño.

En la zona de la Estación Avda. Ecuador, en que predomina un limo arcilloso con presencia de materias orgánicas, se deslizaron varios planchones en taludes de 70° de 10 m de alto. Las autoridades del Metro están preparando un informe sobre los cortes principales existentes al momento del sismo y su comportamiento. Este trabajo puede ser útil para investigaciones futuras.

Excavaciones edificio diario El Clarín.

Se visitó la excavación del diario El Clarín ubicada en la esquina de las calles Gálvez y Alonso Ovalle cuyas características generales damos a continuación.

Tiene una profundidad de 5.5 m aproximadamente. El suelo es de grava arenosa con una pequeña proporción de finos limo-arcillosos (los primeros 1.5 m están constituidos por arcilla limosa). En el costado poniente el talud es casi vertical, y en los otros tres costados hay socialzados de hormigón de edificios de 2 y 4 pisos (los muros perimetrales del subterráneo del diario El Clarín, adyacentes al socialzado eran de hormigón armado, estaban recién hormigonados y sin descimbrar y llegaban hasta sellos de fundación de los edificios que circundan la excavación).

No se detectaron derrumbes en el talud, ni desplomos en los muros recientemente hormigonados, ni ningún tipo de daños aparentes en las estructuras socialzadas.

OBSERVACIONES EN LA ZONA CURACAVI-VIÑA DEL MAR

Curacaví-Casablanca.

La intensidad del sismo en Casablanca parece haber sido menor que en Curacaví en por lo menos 1 grado, debido probablemente a la influencia del subsuelo.

Carretera Santiago-Valparaíso.

Se comienzan a detectar pequeños derrumbes en cortes a partir de Casablanca los que aumentan en número a medida que se avanza hacia Valparaíso. A aproximadamente 5 km de esa ciudad se observa un deslizamiento en un terraplén y a 2 km, un derrumbe importante en un corte. El pavimento no presenta daños.

Valparaíso.

A simple vista no se aprecian asentamientos ni giros en ningún tipo de estructura.

Los rellenos que rodean un edificio de 15 pisos ubicado en la Avda. Brasil descienden con respecto a este 3.5 cm (estos rellenos fueron ejecutados durante la etapa de construcción del edificio).

En el molo ubicado frente a la Plaza Sotomayor y en la prolongación de éste hacia el N-O (sitio 5) se detectaron los siguientes daños:

Probable desplazamiento horizontal de la cresta del muro de contención (hacia el mar) de 15 cm.

Descenso vertical del relleno de 30 a 40 cm disminuyendo a medida que aumenta la distancia al muro de contención; en algunos casos estos descensos afectaron a estructuras fundadas sobre el relleno.

Los daños en los cerros (roca meteorizada) son aparentemente menores que en la zona del plano (relleno artificial y arena saturada).

Los cortes en maicillo (roca meteorizada) no experimentaron deslizamientos.

Viña del Mar.

No hay asentamientos ni giros apreciables a simple vista en ningún tipo de estructura.

Se observan asentamientos en rellenos en torno a edificios recientemente construídos, del orden de 10 a 15 cm.

Existen asentamientos en terraplenes de acceso a puentes.

Reñaca.

Se detectó un deslizamiento de taludes en arena limo-arcillosa que afecta seriamente a 3 casas, Fig. 1 (el desplazamiento detectado en la parte superior de la superficie de falla alcanza valores de hasta 80 cm). Se observan grandes giros de fundación en muros de contención de piedra unida por mortero de cemento.

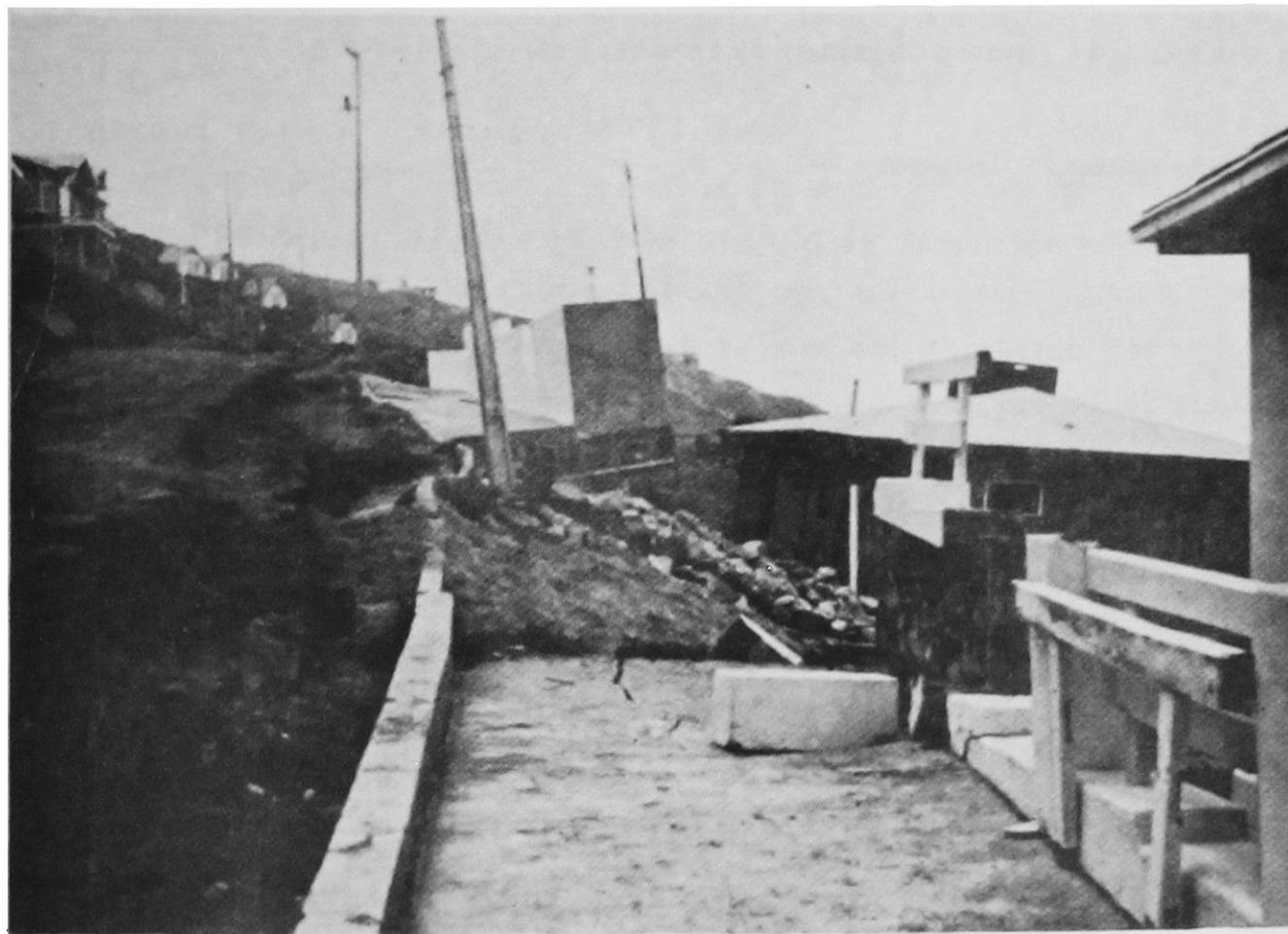


Fig. 1. Deslizamiento de talud en Reñaca.

Camino Reñaca-Concón.

Un muro de contención de hormigón armado de aproximadamente 50 metros de longitud no experimentó fallas. Se observó un solo derrumbe importante que aparentemente cubrió media calzada del camino. El pavimento no presenta daños.

Camino Concón-Quinteros.

Las losas de hormigón del pavimento se encuentran separadas 10 a 20 cm en el centro del camino. Esta separación es mayor en el terraplén que atraviesa la zona de la desembocadura del río Aconcagua (zona de vegas).

OBSERVACIONES EN LA ZONA SAN ANTONIO—SANTO DOMINGO

San Antonio.

Los daños más importantes se concentraron en la zona portuaria, donde se observaron fallas muy parecidas a las detectadas en el puerto de Valparaíso.

Se visitaron varias poblaciones, todas ubicadas en unidades de suelo arenoso (dunas), fueron ellas la Población Santa Laura constituida por casas de madera de un piso fundadas sobre zapatas de hormigón; la ampliación Capitán Orella que está formada por edificios de hormigón armado y albañilería reforzada de 4 pisos en zapatas de hormigón armado, y la Población Las Dunas constituidas por casas de madera de un piso fundadas sobre pilotes.

En ninguna de estas poblaciones se detectaron daños.

Zona Lolloo-Santo Domingo.

El terraplén del acceso sur al puente que une Santo Domingo y Tejas Verdes experimentó deslizamientos en uno de sus taludes.

Los rellenos detrás de los muros de la piscina de Santo Domingo experimentan descensos de 10 cm.

Se observaron fallas en muros de contención de piedra unida por mortero de cemento.

ALGUNAS OBSERVACIONES DE DAÑOS CAUSADAS POR EL TERREMOTO DEL 8 DE JULIO DE 1971

Joaquín MONGE*

Fortunato YOMA*

Estudiantes de 6º Año Ingeniería Civil Estructural

En los días siguientes al terremoto se recogieron observaciones sobre los daños en distintas ciudades de la zona afectada, en que se incluyó Santiago, varios lugares de la costa, y la zona La Ligua, Llay-Llay, San Felipe. Se presenta a continuación la relación de los datos compilados en esa oportunidad.

SANTIAGO Y ALREDEDORES

Santiago.

La intensidad fue algo inferior a la del terremoto de 1965.

Hubo daños en antetechos de adobe o de albañilería sin reforzar. En San Pablo esquina Riquelme, en una casa de dos pisos, se derrumbó el antetecho de albañilería sin reforzar, causando una víctima fatal.

En un pasaje de Santo Domingo 3023 se derrumbó un muro de fachada ocasionando dos heridos graves. El muro era de albañilería de ladrillos unidos con barro, y sin anclaje a muros perpendiculares.

En la iglesia de San Francisco se agravaron grietas antiguas en las claves de

* Investigadores. Sección Estructuras, Departamento de Obras Civiles.

arcos de albañilería de ladrillos en las naves laterales, con corrimientos relativos de las dos mitades del arco. Hay peligro de colapso en futuros sismos. Esta iglesia es interesante porque resistió el sismo de 13 de mayo de 1647 (fue construída en 1620) sufriendo la caída de la parte superior de su torre. La iglesia primitiva era de piedra y tenía la forma de una cruz latina. Posteriormente adquirió la forma rectangular en planta que tiene ahora, en ampliaciones en que se agregaron las naves laterales.

Conchalí.

Se observaron daños en antetechos, muros y cierros de adobe, de magnitud algo mayor que los de Santiago.

La Población Juanita Aguirre, compuesta por edificios de 4 pisos y casas de 2 pisos, dañada en 1965 y reparada, no muestra daños.

Renca.

La Población Juan Antonio Ríos, también dañada en 1965 y reparada, no muestra daños en los edificios ni en los estanques sobre ellos. Los refuerzos de 1965 funcionaron bien.

Un estanque elevado de estructura similar al que falló en calle Bueras, Valdivia, en el terremoto de 1960, sólo tiene una filtración de agua, originada probablemente por una junta horizontal de hormigonado.

Quilicura.

Hay daños en construcción de adobe mayores que los de Conchalí, son importantes en casas de adobe; hay gran destrucción de tapias.

La intensidad aquí fue probablemente de grado VII en escala MM.

Maipú—Cerrillos

En la población Nueva México de casas CORVI tipo 132 y 138 y colectivos tipo 1010 no se registraron daños. El suelo de fundación es probablemente de grava fina.

ZONA DE LA COSTA Y ALREDEDORES

Melipilla.

Hay daños importantes en construcciones de adobe, algunas de las cuales quedaron destruídas y muchas desaplomadas, por ejemplo, la Comisaría.

Se recogieron noticias de que hubo destrucción completa de adobe en Mallarauco y grandes daños en Pomaire.

La iglesia tiene grietas importantes.

La intensidad puede haber alcanzado grado VII o tal vez grado VII a VIII.

San Antonio.

En edificios de albañilería sin reforzar se produjeron derrumbes, desplomes peligrosos y grietas. Hubo 5 muertos en el derrumbe de la Boite Goya.

Hay que hacer notar que todas estas construcciones están ubicadas en el centro, cerca de la plazuela de la Estación, sobre rellenos en el fondo de la quebrada de San Antonio.

El edificio de la Estación tiene falla de fundaciones. Se observa el levantamiento de una parte del radier del andén de aproximadamente 0.40 a 0.50 m.

Puerto.

El estanque de agua del ferrocarril quedó destruído, Fig. 1.

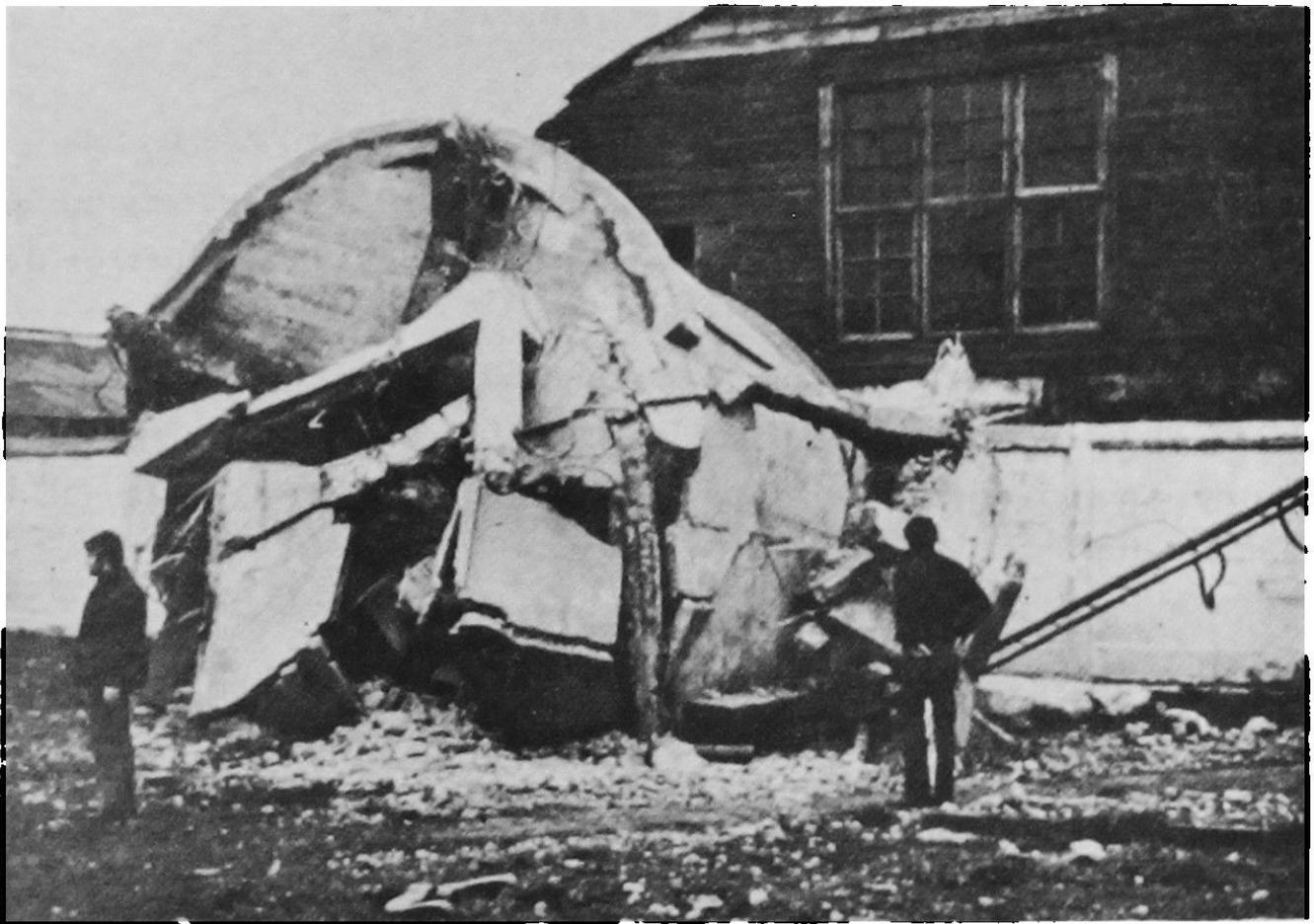


Fig. 1. Estanque de hormigón armado del Puerto de San Antonio, desplomado.

En el Molo se asentó el relleno hasta en 0.50 m, con desnivelación de grúas portales, las que han quedado fuera de servicio, Fig.2. Los silos metálicos ECA, fundados sobre hormigón armado, sufrieron asentamientos con desplome de 1 a 2 cm. En una bodega antigua se produjeron daños consistentes en grietas horizontales en junta de hormigonado; en ella se observa un diseño muy deficiente de pilares de hormigón armado, cuyos traslapes están al mismo nivel, tienen longitud insuficiente, y faltan totalmente los estribos.

En las obras del puerto conviene investigar el desplazamiento lateral y giro del muro de contención, el que parece confirmado por las discontinuidades aparecidas entre losa de radier y bodega, así como también entre juntas longitudinales de losas:

Se recomienda una inspección detallada de otras bodegas del molo que se



Fig. 2. Asentamiento en el relleno del Molo, San Antonio.

encontraban cerradas.

La intensidad del sismo en San Antonio alcanzó posiblemente grado VIII (los daños son semejantes a los de Talcahuano en 1960).

Cartagena, El Quisco, El Tabo, Algarrobo.

No se observaron daños en casas ubicadas en lomas, sobre suelos de maicillo (granito meteorizado). Hacia el norte de Algarrobo se observaron daños en adobe.

El puente que conecta Algarrobo y Algarrobo Norte tuvo pequeños derrumbes laterales del terraplén sur, costado oeste.

Se observaron grietas de tracción en dunas junto al estero de Algarrobo y pequeños derrumbes en las mismas.

Zárate.

Es un pequeño caserío ubicado sobre el estero que desemboca en San Sebastián, a unos 8 km de la costa. No se visitó pero se sabe que hubo una gran destrucción y dos muertos.

ZONA LA LIGUA—SAN FELIPE Y VECINDADES

Llay-Llay.

Presentaba un aspecto semejante o peor que después del terremoto de 1965. Hubo gran destrucción en la construcción de adobe que sobrevivió a aquel sismo. Las

casas de un piso de albañilería de ladrillo con pilares y cadenas tuvieron un comportamiento excelente, igual cosa ocurrió con las casas de madera.

La iglesia nueva en forma de A, tuvo daños más graves que los que experimentó en 1965.

Un colegio vecino a esa iglesia, de dos pisos de albañilería reforzada, presentó grietas importantes en sus muros y daños grandes en sus ventanales (conviene estudiar su estructuración).

El Hospital y el Liceo no tuvieron daños aparentes.

Nogales.

Se observan grietas en albañilería reforzada. Hay un galpón metálico destruido, que convendría estudiar en detalle. Se detectaron daños en la iglesia y en casas de adobe.

La Ligua.

Hay unas quince casas de albañilería reforzada de uno y dos pisos con muros de ladrillo chonchón y cadenas de sobrecimientos, cuyos muros están destruidos,



Fig. 3. Detalle de uno de los apoyos del puente Pullalli.

manteniéndose en pie gracias a los marcos formados por cadenas y pilares, según informe del Sr. Tomás Guendelman.

Observamos una casa de albañilería reforzada de dos pisos que tenía agrietados los muros del segundo piso y daños serios en las conexiones entre pilares y vigas.

En Placilla, una localidad emplazada a unos cinco kilómetros de La Ligua, la construcción que es de adobe, estaba muy dañada.

Puente Pullalli.

Es de vigas metálicas con losa colaborante. Tres de sus tramos se cayeron, mientras que otro, que había caído en el terremoto de 1965 y fue repuesto, quedó ahora algo desplazado, pero no se cayó. Es conveniente estudiar en detalle los dispositivos de apoyo de las vigas de este puente. La Fig. 3 muestra uno de los apoyos después del sismo.

Papudo y Zapallar.

El aspecto general de Papudo es semejante al de 1965. Hay fallas de muros de contención. Daños en edificios antiguos que habían soportado bien el sismo anterior; reaparecen las fallas en aquéllos afectados en 1965.

Un edificio nuevo de 3 pisos, de albañilería reforzada, fundado en roca, tiene una grieta horizontal bajo la cadena del cielo del tercer piso.

En Zapallar los daños son comparables o menores que en 1965.

Cachagua.

Una casa estructurada con troncos y tabiques de hormigón no armado presenta daños, que resultaron de choques entre la madera y los tabiques, y desaplome de tabiques y del muro de piedras sueltas de la fachada. Una chimenea de piedra caída en 1965 y reconstruída después, quedó ahora trizada e inclinada.

En el camino de Cachagua a Maitencillo, en el lugar en que cruza una pendiente de arena, hay derrumbes pequeños y deslizamientos incipientes con desniveles de unos 0.10 m que afectan el tercio exterior del camino.

San Felipe.

Las Poblaciones Pedro Aguirre Cerda y Yungay, dañadas en 1965 y reparadas posteriormente, presentan daños menores.

Un edificio colectivo de 3 pisos, dañado en ese mismo año y también reparado, muestra la reaparición de las grietas en los muros.

La Hostería Honsa, cuyos daños de 1965 fueron cubiertos con estuco, los muestra nuevamente pero agravados.

Paso Superior Línea Férrea Santiago-Valparaíso.

Este puente, ubicado a 1 km de la Panamericana junto a Llay-Llay, tuvo en 1965

daños en los arcos que componen sus soportes. Ahora los daños se generalizaron y se observó la fractura y corrimiento lateral del estribo sur, Fig. 4.

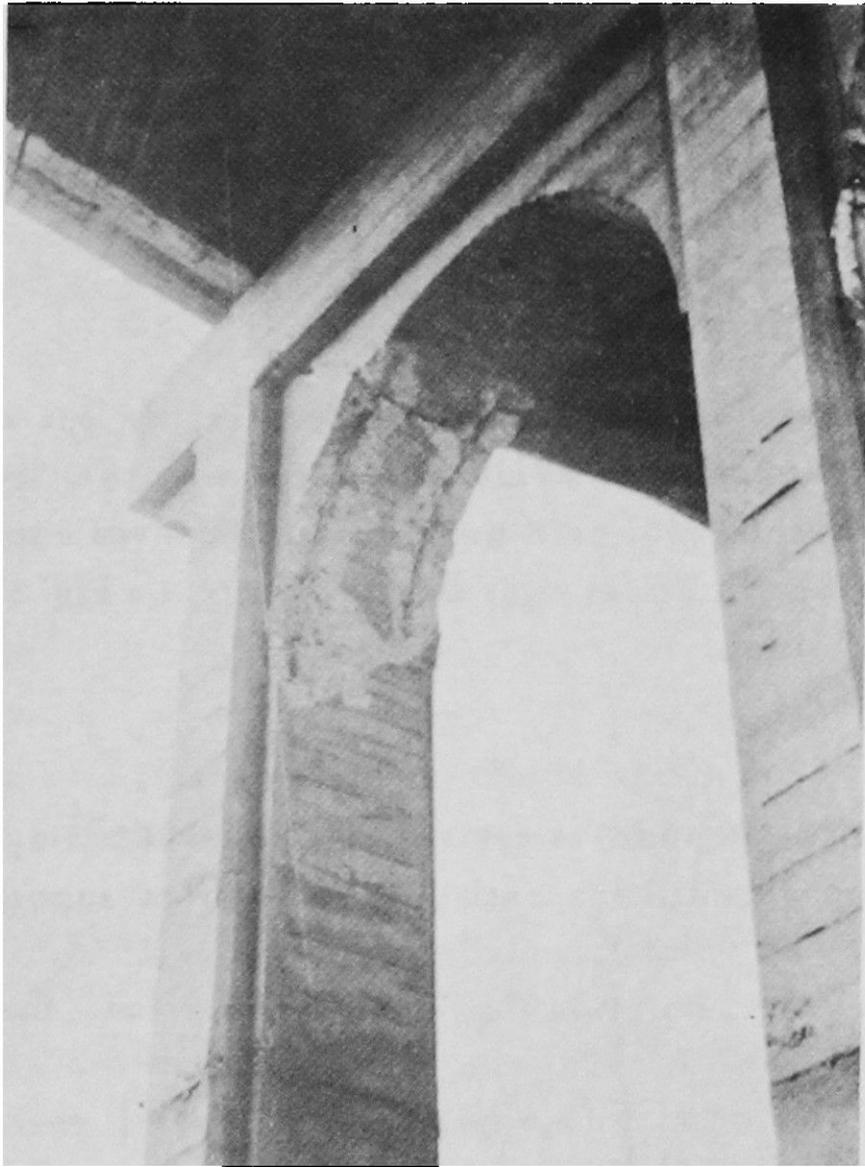


Fig. 4. Detalle de daños en el puente ferroviario Llay Llay.

VISITA A PARTE DE LA ZONA AFECTADA

Raúl HUSID*
Bernardo BLASS*

OBJETIVOS

El propósito fundamental de las visitas realizadas fue determinar el monto de los daños, el comportamiento de estructuras según fuesen su tipo y las características del suelo de fundación y tomar nota de las relaciones entre daños y tipo de suelo del lugar, calidad de la construcción y de los materiales empleados.

* Investigadores. Departamento de Geofísica, Sismología y Geodesia.

Se buscaba recomendar la realización de aquellos estudios que esta primera inspección hiciera aconsejable.

La Central Rapel de Endesa fue visitada, a pesar de no haber sufrido daño alguno, con el propósito de revisar el acelerógrafo allí instalado y retirar el registro si el instrumento hubiese partido.

Se hizo una visita el 9 de julio a Valparaíso y Viña del Mar y el 13 de julio se hizo un recorrido que comprendió Melipilla, Rapel, San Antonio, Llole, Tejas Verdes, Santo Domingo, Cartagena, Las Cruces, El Tabo, El Quisco, Algarrobo, Casablanca y Curacaví.

ACELEROGRAFOS

Se contaba con acelerógrafos en las siguientes localidades:

Santiago, en el subterráneo de Física, Escuela de Ingeniería.

Rapel, Central Hidroeléctrica.

Valparaíso, en el Instituto Hidrográfico de la Armada.

La Serena, en la estación de ferrocarril.

San Juan, Argentina.

Hasta el momento de escribir este informe, 14 de julio de 1971, se ha constatado que sólo hubo registro en Santiago. El acelerógrafo de Rapel partió dos veces y estaba en perfectas condiciones. Había sido revisado por los autores dos semanas antes del terremoto. Aparentemente se trancó por la humedad existente en el túnel donde se encuentra instalado el acelerógrafo y sólo se habrían registrado las calibraciones.

De San Juan, Argentina, aún no se ha recibido confirmación sobre la posible partida del acelerógrafo local.

El registro de Santiago presenta una componente mal enfocada y otra difusa.

OBSERVACIONES DE DAÑOS

Valparaíso y Viña del Mar.

Además del colapso espectacular de la catedral nueva de Valparaíso, del colapso parcial de la torre del edificio del diario La Unión, de la falla de parte del Hospital E. Deformes de Valparaíso, se observó que los edificios más antiguos, muchos de los cuales no fueron necesariamente calculados para resistir fuerzas laterales, fueron los más dañados.

En la calle Pedro Montt de Valparaíso se produjo la caída de partes no estructurales del último piso de un edificio de diez pisos de hormigón armado.

Se pudo notar que aparentemente existe una buena correlación entre los años sufridos por las estructuras y la calidad del subsuelo. El movimiento de

suelo en aquellos barrios donde se tiene rellenos debió ser bastante más severo que el correspondiente a los cerros vecinos.

Casas de adobe de un piso y aquellas construídas de albañilería sin pilares de hormigón armado en los extremos, resultaron bastante dañadas. Los colapsos totales y parciales de estas casas fueron frecuentes y no sorprende el que así sucediera. Ambos tipos de construcciones no son antisísmicas y las de ladrillo sin pilares de hormigón armado están permitidas por ley, a pesar de su incapacidad para soportar terremotos más o menos violentos sin sufrir colapso.

Se visitaron varios edificios altos construídos en Valparaíso y Viña del Mar y fuera del daño no estructural y rotura de vidrios, su comportamiento fue bueno. La Universidad Federico Santa María, al igual que otras construcciones que están en los cerros, sufrió sólo daños menores.

Se observaron asentamientos del relleno en el molo de abrigo y recinto del puerto de Valparaíso. Algunas cañerías del agua potable resultaron dañadas y hubo que interrumpir el suministro para repararlas.

Resultó frecuente el desprendimiento o caída de antepechos y cornisas, con el consiguiente peligro para quienes transitaban por las veredas o escapaban presas del pánico. Ejemplo claro de ello se encuentra en el edificio ubicado frente a la Estación del Ferrocarril en Valparaíso, donde tienen sus oficinas las compañías de buses ANDES—MAR, TUR—BUS y CONDOR.

Se produjeron varios derrumbes desde los cerros cercanos al camino Santiago-Valparaíso, en las cercanías de Valparaíso y en la cuesta de Barriga.

Melipilla, Longovilo y Rapel.

En la ciudad de Melipilla sólo se observó el colapso de una construcción de adobe de un piso en Plaza de Armas 505, el agrietamiento y falla parcial de algunas construcciones menores y el desprendimiento de parte del revestimiento de madera del soporte de la estatua de Ignacio Serrano, ubicada en la Plaza de Armas.

Se visitaron las instalaciones y antena que ENTEL posee en Longovilo. No se produjo daño estructural, sólo se observaron algunas grietas en algunos muros de albañilería, dentro de los pórticos de la bodega.

La Central Rapel de Endesa no sufrió daño alguno. Después del terremoto se notó la disminución de las filtraciones.

San Antonio, Lolleo, Tejas Verdes y Santo Domingo.

El puerto de San Antonio sufrió el asentamiento del relleno del molo de abrigo y un aparente giro del muro hacia el mar. Un estanque elevado de hormigón armado para el agua potable, ubicado en el mismo molo, sufrió colapso completo.

Un hotel de cuatro pisos, ubicado en Avda. Centenario al llegar a la plaza, resultó seriamente dañado y ya está en el proceso de demolición. En la misma calle y a unas dos cuadras de la plaza se encuentra un cine construído de albañilería y que ya había sido dañado durante el terremoto de 1965. Esta vez tendrá que ser demolido.

En la parte alta de San Antonio el movimiento del suelo no pudo ser violento, dado que casas de ladrillo sin pilares, quedaron intactas después del terremoto.

En Llolleo se observaron daños en construcciones antiguas y en especial en aquellas de construcción híbrida, tales como el Colegio Fernández León. También se notaron daños en construcciones de adobe y en algunas de albañilería reforzada donde las conexiones fueron mal materializadas. Se observó, además, la falla del terraplén del puente de acceso a Llolleo desde San Antonio.

En Tejas Verdes resultaron agrietadas algunas construcciones de adobe estucado. En algunas casas, parte del adobe se desprendió.

Santo Domingo no presenta aparentemente daños. La mayor parte de los vidrios del restaurant de la Piscina se rompieron y las terrazas que circundan la piscina se dañaron por compactación de las arenas bajo ellas.

El puente nuevo que va deste Tejas Verdes hasta Santo Domingo sufrió fallas en todos sus tramos. Se pudieron notar movimientos de cada uno de los tramos en el plano de la calzada, Fig.1 A pesar de ello, el puente continúa en funcionamiento. Uno de los terraplenes de acceso falló.

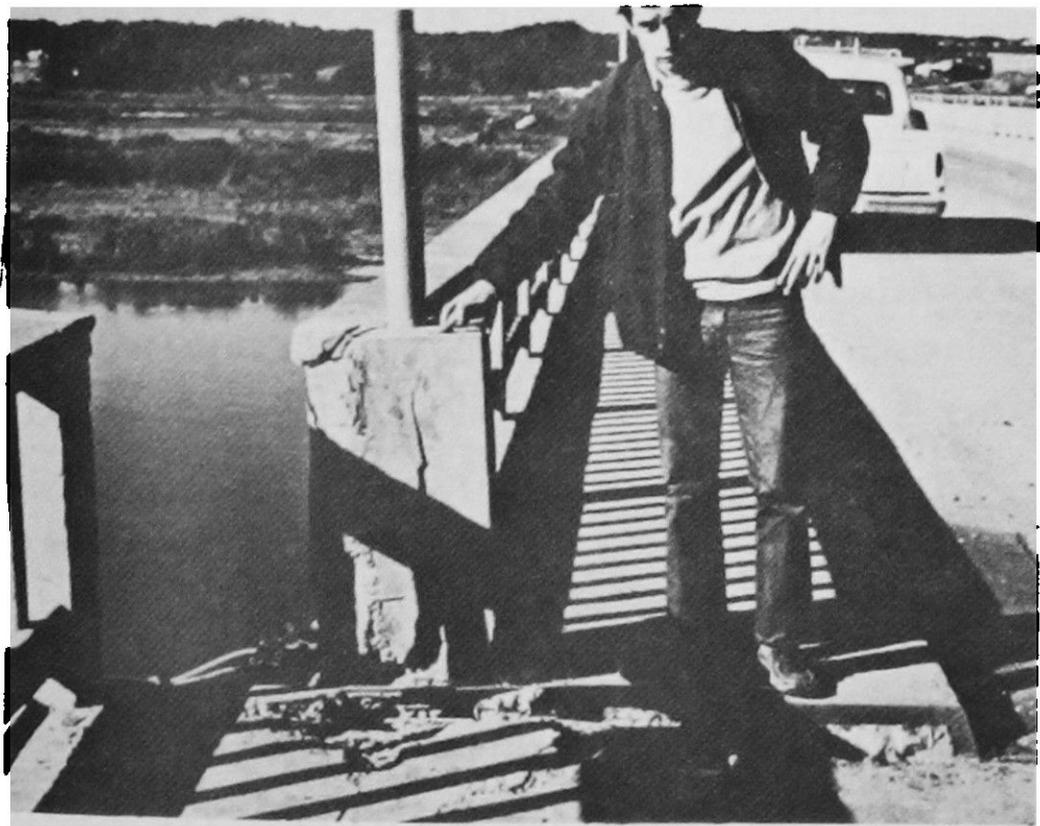


Fig. 1. Puente de Tejas Verdes a Santo Domingo, corrimiento de un tramo.

Cartagena, Las Cruces, El Tabo, El Quisco y Algarrobo.

Los daños que podrían haber sufrido las construcciones en estas cinco ciudades deben ser de poca importancia. No fue posible visitar muchas de ellas para ver su estado, por no estar habitadas nada más que en verano.

Casablanca y Curacaví.

Los daños observados en Casablanca eran leves y no pasaban de grietas y caídas de partes de casas de adobe. En Curacaví los daños eran mayores, pero sólo se observó falla de casas de adobe que no requerían un terremoto muy violento para su destrucción.

CONCLUSIONES PRELIMINARES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizada la primera parte de la visita resultó claro que las intensidades publicadas para Valparaíso y Viña del Mar eran exageradas. Nuestra impresión es que se podría hablar de intensidad IX (nueve) en las zonas donde hay terreno de relleno y VIII (ocho) en el resto de esas dos ciudades.

Después de visitar las demás ciudades, se vio que salvo Curacaví, Llole y San Antonio, los daños eran menores y generalmente se presentaban en construcciones de adobe o en asentamientos de arena mal compactadas.

En ninguna de las quince ciudades visitadas se observó la falla de una estructura que hubiese sido calculada para resistir fuerzas laterales y estuviese bien construída.

En Valparaíso y Viña del Mar se aprecia una buena correlación entre el monto de los daños y la calidad del suelo de fundación. Se recomienda estudiar este aspecto más a fondo.

Se recomienda estudiar el colapso del estanque elevado de agua potable de San Antonio.

Antepechos mal construídos, mal calculados y en especial no bien anclados al resto de la estructura cayeron o se desprendieron. Cosa análoga sucedió con muros cortafuego no calculados adecuadamente o mal conectados a la estructura. Se recomienda demoler todos los antepechos que no hubiesen sido bien proyectados o se desprendieran.

Las casas de adobe no son antisísmicas y debe evitarse su construcción.

Casas de albañilería sin columnas de hormigón armado no son antisísmicas y debe prohibirse su construcción.

ALGUNAS OBSERVACIONES DE DAÑOS ESTRUCTURALES. IMPRESIONES RECOGIDAS EL DÍA 10 DE JULIO DE 1971

Mauricio SARRAZIN *

El día indicado en el epígrafe se hizo un recorrido de algunos de los lugares afectados por el sismo del 8 de julio y se recogieron impresiones sobre los daños más aparentes, las cuales se exponen a continuación siguiendo el orden del

* Investigador. Sección Estructuras, Departamento de Obras Civiles.

recorrido.

Curacaví.

Las casas de adobe están prácticamente todas destruídas.

La iglesia, cuya estructura es de albañilería reforzada, presenta algunos daños tales como fisuras en los arcos, fallas en las bases de los pilares de las alas laterales y fisuras en la torre del campanario. La Escuela Parroquial, que es un edificio de aproximadamente tres pisos, de albañilería reforzada con pilares y cadenas de hormigón armado, presenta algunos daños de menor gravedad, a pesar de que la construcción es de mala calidad. Una casa de un piso de albañilería de bloques reforzada no presenta daños aparentes. El Cuerpo de Bomberos, un edificio de albañilería reforzada de dos pisos, aún sin terminar, no presenta daños.

Casablanca.

Hay daños en las casas de adobe pero de mucho menor magnitud que los de Curacaví.

La intensidad sísmica parece haber sido de aproximadamente un grado menor que en Curacaví, probablemente VII y VIII, respectivamente.

Al aproximarse a Valparaíso desde Casablanca la intensidad del sismo parece aumentar. Los desmoronamientos de los cortes del camino van en aumento, aun cuando son de poca importancia. Un terraplén que está a 9 km de Valparaíso sufrió un deslizamiento de consideración. A la entrada a Valparaíso hubo un deslizamiento de mayor magnitud que bloqueó el camino casi por completo.

Lo Vásquez.

La iglesia del Santuario de Lo Vásquez tiene daños serios en la torre del campanario.

Valparaíso.

En la parte baja de Valparaíso no hubo daños generalizados, aun cuando la construcción es antigua. Da la impresión de que la componente vertical del sismo fue considerable, ya que fallaron muchas marquesinas, la cúpula de la Catedral se desplomó (estructura metálica) y en un edificio de 10 pisos de la calle M. Montt fallaron, por pandeo, los pilares de acero que sostenían las vigas de hormigón armado de la terraza. Estos pilares eran muy esbeltos comparados con las vigas.

Los descensos del suelo por asentamiento fueron generalizados en toda la zona Valparaíso - Viña del Mar. En prácticamente todos los edificios altos, los jardines, calles y veredas descendieron con respecto al edificio en 5 a 10 centímetros. El edificio de la CORVI, de 15 pisos, presenta este fenómeno pero no tiene daños estructurales de ningún tipo.

Toda la zona del puerto adyacente a los muelles sufrió asentamientos. La calle entre el edificio de la Aduana y la Estación de Ferrocarriles tiene un

hundimiento de por lo menos 20 cm. El muro de contención del muelle se movió aproximadamente 15 cm hacia el mar, como se puede observar por las separaciones de los bloques del pavimento. La estructura de soporte de las grúas móviles de los sitios 5 y 6 de la aduana sufrió daños apreciables debido al asentamiento del relleno.

Viña del Mar.

No se aprecian grandes daños excepto en edificaciones de mala calidad, como casas de adobe, por ejemplo. Los edificios altos y modernos de departamentos no presentan, en general, daños estructurales graves. Algunos de ellos sufrieron gran quebrazón de vidrios y destrucción de las celosías cerámicas de las zonas de escaleras. A veces se observan fisuras diagonales en los muros resistentes de corte. Una cubierta para estacionamiento de autos de uno de estos edificios, que está formada por una losa de hormigón armado con vigas apoyadas en pilares del mismo material, sufrió graves daños pero no llegó al colapso.

Un deslizamiento del cerro destruyó varias casas de excelente construcción en Reñaca Alto.

Camino Concón-Ventanas.

Hay muchos daños en la carretera debido a asentamientos del suelo y a deslizamientos.

Ventanas

No se observan daños estructurales de consideración. En la fundición de ENAMI se rompió el horno de reverbero (los ladrillos refractarios) pero no hubo daños en la estructura. Un muro de cierre tipo Bulldog se desplomó en parte, debido a que las armaduras estaban totalmente deterioradas por la oxidación.

THE CHILEAN EARTHQUAKE OF JULY 8th, 1971

SUMMARY

This is a preliminary report drafted by a group of professors of the School of Engineering of the University of Chile in which the most outstanding features of this earthquake as perceived in the first few days after it occurred are presented.