

**I
N
P
R
E
S**

PODER EJECUTIVO NACIONAL
MINISTERIO DE ECONOMIA
SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS
SUBSECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS

INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA

REPUBLICA ARGENTINA

INFORME SOBRE ASPECTOS
SISMOLOGICOS Y ESTRUCTURALES DEL

TERREMOTO en GUATEMALA
del 4 de Febrero de 1976

PUBLICACION
TECNICA No.3

2da. edición
SAN JUAN, Agosto de 1978

EL PRESENTE INFORME ES EL RESULTADO DE LAS OBSERVACIONES REALIZADAS POR LOS AUTORES, COMO INTEGRANTES DE LA MISION CERESIS - UNESCO, ENVIADA A GUATEMALA PARA EVALUAR LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR EL TERREMOTO DEL 4 DE FEBRERO DE 1976.

INFORME PRELIMINAR SOBRE EL TERREMOTO DE
GUATEMALA DEL 4 DE FEBRERO DE 1976

Por: Ing. JUAN CARLOS CASTANO *

Ing. JOSE L. ZAMARBIDE **

Integrantes de la misión

UNESCO - CERESIS

1 - INTRODUCCION

En la madrugada del 4 de febrero de 1976, gran parte del territorio de la República de Guatemala fué sacudido por un terremoto que dejó un saldo de alrededor de 23.000 muertos, 80.000 heridos y casi 1.000.000 de personas sin hogar, además de pérdidas materiales varias veces millonarias.

En la tabla I se presentan los datos suministrados por el Gobierno de Guatemala respecto a las víctimas fatales y heridos contabilizados hasta el 23/2/76 en los distintos departamentos.

El terremoto cuya magnitud fué estimada en 7,5 gra-

* Jefe del Area Sismología - INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA - ARGENTINA

** Jefe del Departamento de Investigación - INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCION SISMICA - ARGENTINA

dos de la escala Richter, tuvo su epicentro en la región nor-este de Guatemala y afectó una amplia zona, habiéndose registrado daños en un área de alrededor de 30.000 kilómetros cuadrados.

Casi la totalidad de los daños observados se produjeron en construcciones de adobes, material usado principalmente en el interior del país y aun en la misma ciudad de Guatemala, mientras que las edificaciones en las que se contemplaron requisitos sismorresistentes soportaron perfectamente el sismo.

La gran cantidad de derrumbes que afectaron a las carreteras y vías férreas originaron serios problemas al impe-dir llegar por esas vías en auxilio de poblaciones damnificadas.

En el presente informe se describen los aspectos sismológicos, geológicos y estructurales más importantes y al mismo tiempo se dan recomendaciones tendientes a prevenir los efectos destructivos de los terremotos.

2 - SISMICIDAD REGIONAL

Si bien América Central es una región de actividad sísmica permanente, la zona que comprende el Sur de México y Guatemala tiene un índice de sismicidad muy superior al resto.

De acuerdo con la teoría de tectónica de placas, la Placa de Cocos se está moviendo hacia el Noroeste respecto a la Placa del Caribe, produciéndose la subducción de la primera con respecto a la segunda, comenzando dicha subducción en la Trinchera Mesoamericana, la cual tiene profundidades cercanas

a los 7.000 metros. En consecuencia y corroborando lo antedicho, la distribución de la actividad sísmica con la profundidad presenta una típica zona de Benioff con una distribución de epicentros cuyas profundidades focales aumentan casi gradualmente desde focos superficiales en la zona de la trinchera, hasta los más profundos en la zona continental (H = 300 Kms).

El mapa de la figura 1 muestra la distribución de epicentros según datos de los boletines internacionales para el período 1900 - 1973. Del mismo surge que la República de Guatemala ha soportado sismos intensos durante el presente siglo siendo algunos de ellos destructivos. Si a esto agregamos los antecedentes históricos más notables, podemos recopilar parte de la historia sísmica de Guatemala. La que era capital de Guatemala en el siglo XVIII, hoy llamada Antigua Guatemala, fué destruída por un terremoto el 29 de julio de 1773. Este evento que produjo muchos daños y numerosas víctimas, tuvo según los documentos de la época, características bastantes similares a las del sismo de 1976, ya que las poblaciones más afectadas fueron Chimaltenango, San Martín Jilotepeque, Patzicía, Tecpán, Comalapa, etc. Como consecuencia de la destrucción producida en la entonces capital, y previendo la posibilidad de ocurrencia de nuevos terremotos destructivos, la misma fue trasladada a su actual ubicación, considerada más segura desde el punto de vista sísmico. Sin embargo, el 3 de enero de 1918 ocurrió un nuevo terremoto que produjo muchos muertos y gran destrucción en la Nueva Guatemala. Otra vez la zona de mayores daños fué casi la misma que la del sismo de 1976.

Otro sismo destructivo afectó a Quetzaltenango, departamento cercano a la costa pacífica, el 19 de abril de 1902. Este terremoto, que según Lomnitz, alcanzó una magnitud M , igual a 8,3, produjo gran cantidad de muertos en esta región.

De lo expuesto se desprende que la República de Guatemala poseía, antes del terremoto del 4 de febrero de 1976, antecedentes de sismos destructivos que la señalaban como una zona de elevado riesgo sísmico.

3 - CARACTERISTICAS DEL TERREMOTO Y REPLICAS

El terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976 ocurrió a las 3 horas, 2 minutos y 33 segundos, hora local. Su epicentro no fue determinado con exactitud en un primer momento, debido principalmente a la carencia de estaciones sismológicas en la región.

Mientras que algunos centros sismológicos de los Estados Unidos, ubicaban el foco al Noroeste de la Ciudad de Guatemala, en las proximidades de Gualán, el Observatorio Nacional de Guatemala lo ubicaba al Sudoeste, teniendo en cuenta el registro producido por el sismo en un sismógrafo Wiechert instalado en dicho Observatorio.

La magnitud, M , del terremoto fue de alrededor de 7,5 Richter, lo que equivale a una liberación de energía del orden de 10^{23} ergs, estimándose una profundidad de foco no mayor de 30 kilómetros.

La aceleración máxima del sismo principal no pudo conocerse, ya que el único acelerógrafo instalado en el Observatorio Nacional, no produjo registro por problemas con el sistema

Óptico.

Una de las características principales de este terremoto fue la gran cantidad de réplicas que sucedieron al sismo principal, aspecto éste que corresponde a un sismo de escasa profundidad de foco. De acuerdo a los datos suministrados por el Observatorio Nacional se registraron 1.042 sismos entre el 4 y el 21 de febrero, siendo el mismo día 4, el de máxima actividad, habiéndose computado 222 eventos. Sin embargo las réplicas no fueron de mucha intensidad, salvo tres o cuatro de ellas, aunque causaron gran pánico entre los habitantes. Los epicentros de dichas réplicas se localizaron en dos zonas bien definidas: una, en las cercanías de El Progreso, y otra, próxima a Chimaltenango, ambas sobre la traza de la falla de Motagua.

En la figura 2 se muestra el gráfico del número de réplicas en función del tiempo transcurrido después del sismo principal, de acuerdo a los datos suministrados por el Observatorio Nacional de Guatemala.

Como consecuencia de este terremoto la falla de Motagua, que se asume como el límite en el continente entre la Placa del Caribe y la Placa Americana, sufrió un desplazamiento del tipo de corrimiento en una extensión visible de alrededor de 170 kilómetros, desde la localidad de Puerto Barrios en la costa atlántica hasta la altura de San Martín Jilotepeque en la zona central. El desplazamiento relativo hacia el Oeste, del lado norte de la falla con respecto al Sur fue en promedio de unos 90 centímetros, de acuerdo a los datos suministrados por especialistas que pudieron medir este rechazo en dos o tres puntos, no habiéndose comprobado ningún desplazamiento relativo

vertical entre ambos bloques.

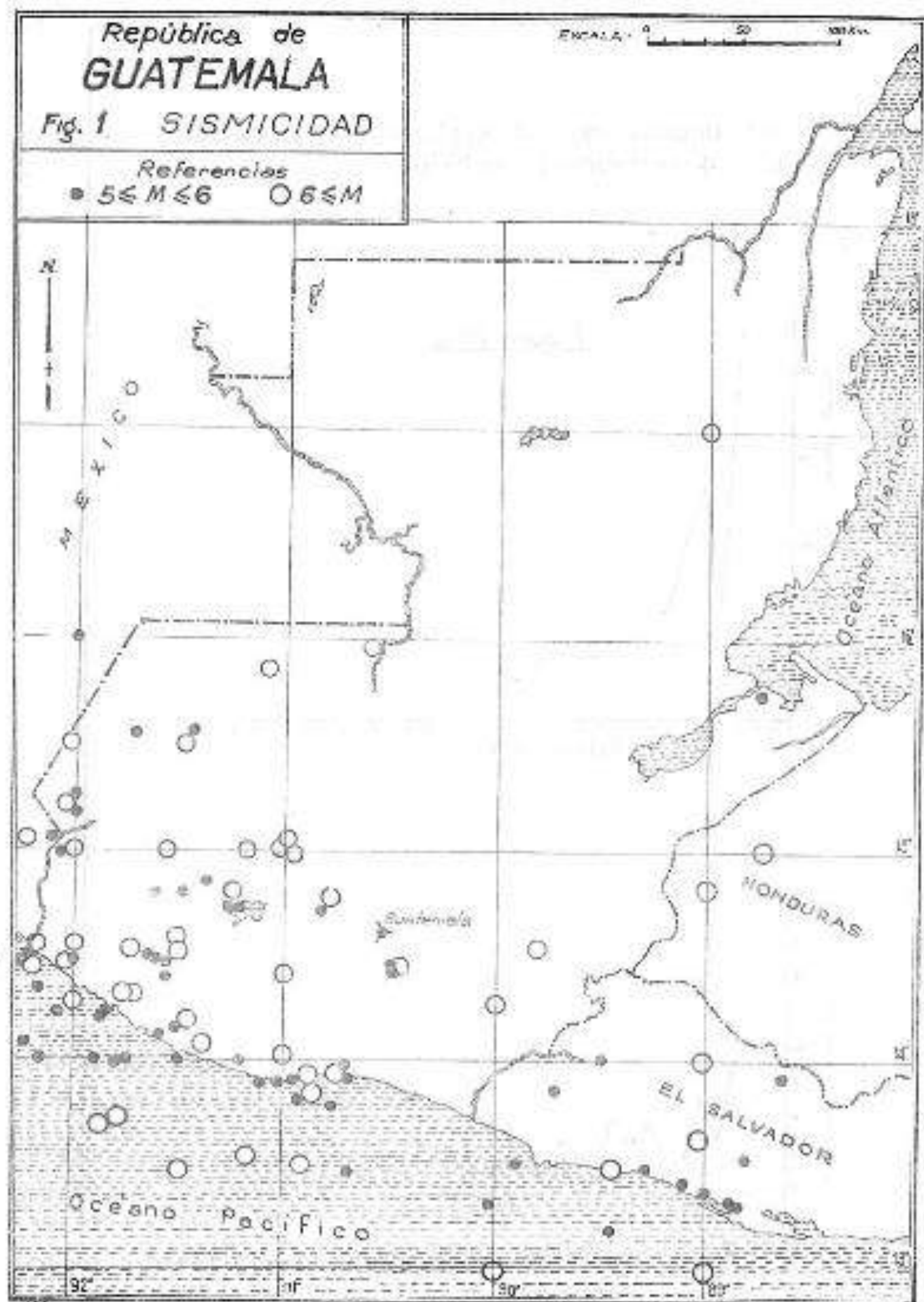
4 - DISTRIBUCION DE INTENSIDADES SISMICAS

La gran destrucción y el elevado número de víctimas producidas por este terremoto, se debieron, principalmente, a la mala calidad de la construcción y no a que el sismo hubiera alcanzado los máximos valores de intensidad. Refiriéndonos a la escala de intensidades Mercalli Modificada, podemos decir que la zona de destrucción está encerrada por la isosista de grado VII, quedando circunscriptas dentro de ellas, las poblaciones de Chimaltenango, Patzicía, Patzún, Joyabaj, Sanarate, Rabinal, San Pedro Ayampuc, San Raimundo, San Juan, Santiago y San Pedro Sacatepéquez, Zaragoza, Palencia, Los Amates, Morales, etc.

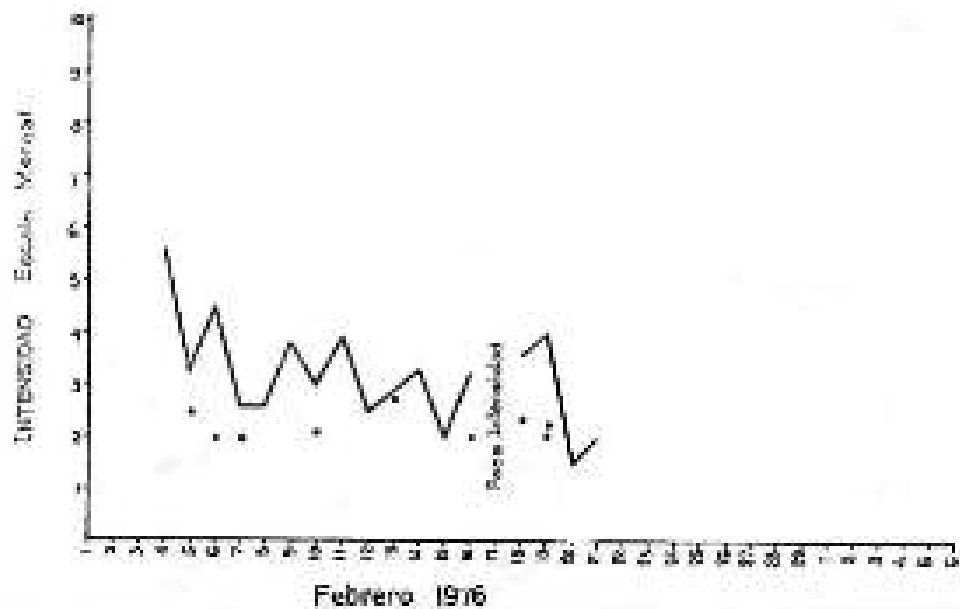
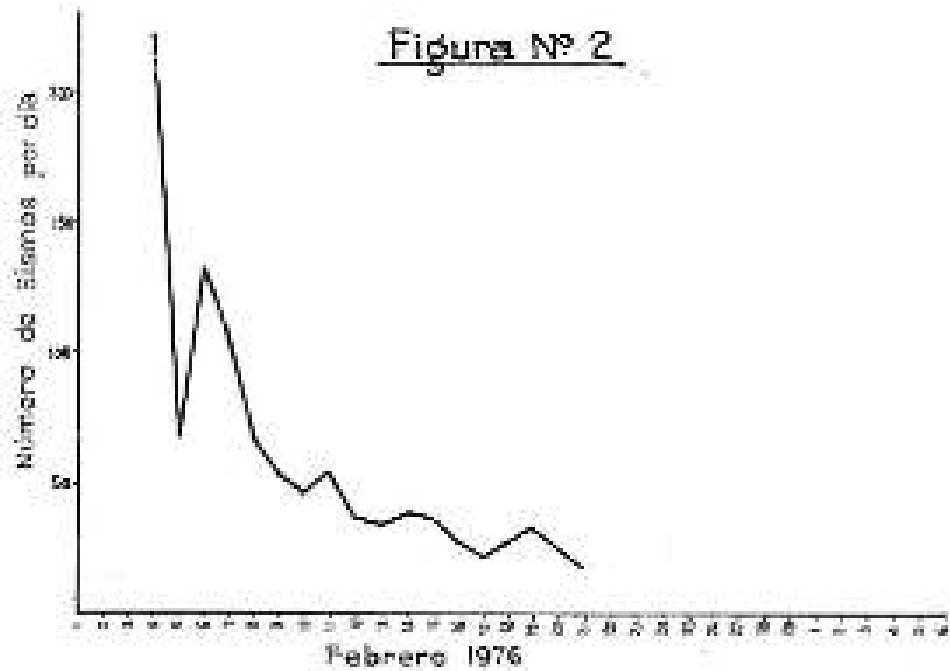
El Departamento de Chimaltenango, uno de los más afectados por el sismo, sufrió aproximadamente 14.000 de los 23.000 muertos estimados en todo el país. La ciudad cabecera del mismo Chimaltenango, ubicada a unos 56 Km. de la Ciudad de Guatemala, muestra gran destrucción de la edificación de adobe. (Figuras 3 y 4). En cambio, construcciones como la sucursal local del Banco de Guatemala (Figura 5), y el edificio donde se faenaba el ganado (Figura 6), construídos con ciertas previsiones sismorresistentes, soportaron perfectamente el sismo con muy poco o ningún daño.

En general, los daños en todas las poblaciones antes mencionadas, son del mismo tipo, y obedecen a las mismas causas: la mala calidad de la edificación.

En las poblaciones de San Martín Jilotepeque, Tecpán, Comalapa y El Progreso, si bien los daños fueron de las mismas



Distribución de las Réplicas del Terremoto del 4 de febrero de 1976.



características de los descriptos precedentemente, el nivel de los mismos fue mayor; por tal causa la intensidad alcanzó el grado VIII Mercalli.

En la Ciudad de Guatemala, las construcciones de adobe, sufrieron en general menores o ningún daño, con excepción de las ubicadas en las zonas 3, 5, 8 y 19 que en algunos casos fueron destruidas por completo. Las edificaciones bajas de mampostería, aun las con poco o ningún refuerzo, soportaron bastante bien el sismo. En los edificios altos, salvo algunas excepciones, los daños no fueron estructurales y se limitaron al agrietamiento de tabiques interiores de mampostería. Por ello puede asignarse IMM VI como promedio al área capitalina, llegando a VII en zonas restringidas como la mencionada zona 3, que por otra parte, se ubicaba en la ladera de una pequeña elevación del terreno.

En la figura 7 se muestra el mapa de isosistas elaborado en base a lo observado sobre el terreno y a datos aportados por otros medios. De ella surge que la isosista de grado VI abarca un área de aproximadamente 30.000 Km².

Resulta difícil ubicar la isosista de grado V por cuanto pudo haber afectado a una zona muy despoblada.

Sin embargo podemos decir que comprendió todo el Sur de Guatemala hasta la costa del Pacífico, y por el Norte pasó aproximadamente por las poblaciones de Santa Elena, Ciudad Flores, San Benito, etc. en el Departamento de Petén.

5 - EFFECTOS DEL SUELO

La región más afectada por el terremoto, departamen-

tos de Chimaltenango y Guatemala, se caracteriza por la presencia de suelo volcánico en su totalidad. Prevalecen allí las rocas volcánicas terciarias del tipo de tobas y sedimentos volcánicos, encapados en muchas zonas por rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pomez del cuaternario, de origen diverso.

Esta composición del terreno debe haber tenido influencia directa sobre los efectos producidos por el sismo, especialmente sobre la cantidad de daños y víctimas ocurridos en esta región. También podría explicar la forma peculiar de las isosistas resultantes del análisis de los daños.

Además estas cenizas y rellenos volcánicos constituyen el material predominante en los desmontes y terraplenes realizados para la construcción de las más importantes carreteras y vías férreas del país, los que se caracterizaban por lo escarpado de sus taludes. Como consecuencia del terremoto estos terrenos sueltos y casi verticales deslizaron en gran número de lugares (Figura 8), produciendo el bloqueo de las carreteras en los casos de los desmontes y la rotura de las mismas cuando deslizaron los terraplenes (Figura 9). También se produjeron miles de estos deslizamientos en toda la zona montañosa de la región afectada por el sismo, destruyendo, en algunos casos, a las viviendas que pudieron afectar.

Además de estos efectos secundarios, que fueron los predominantes, se registraron otros de importancia. En el Departamento de Izabal, en el Valle del Río Motagua y zonas alejadas, especialmente en los municipios de Los Amates y Morales, se abrieron grietas y cráteres en el suelo, de los cuales bro-



Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

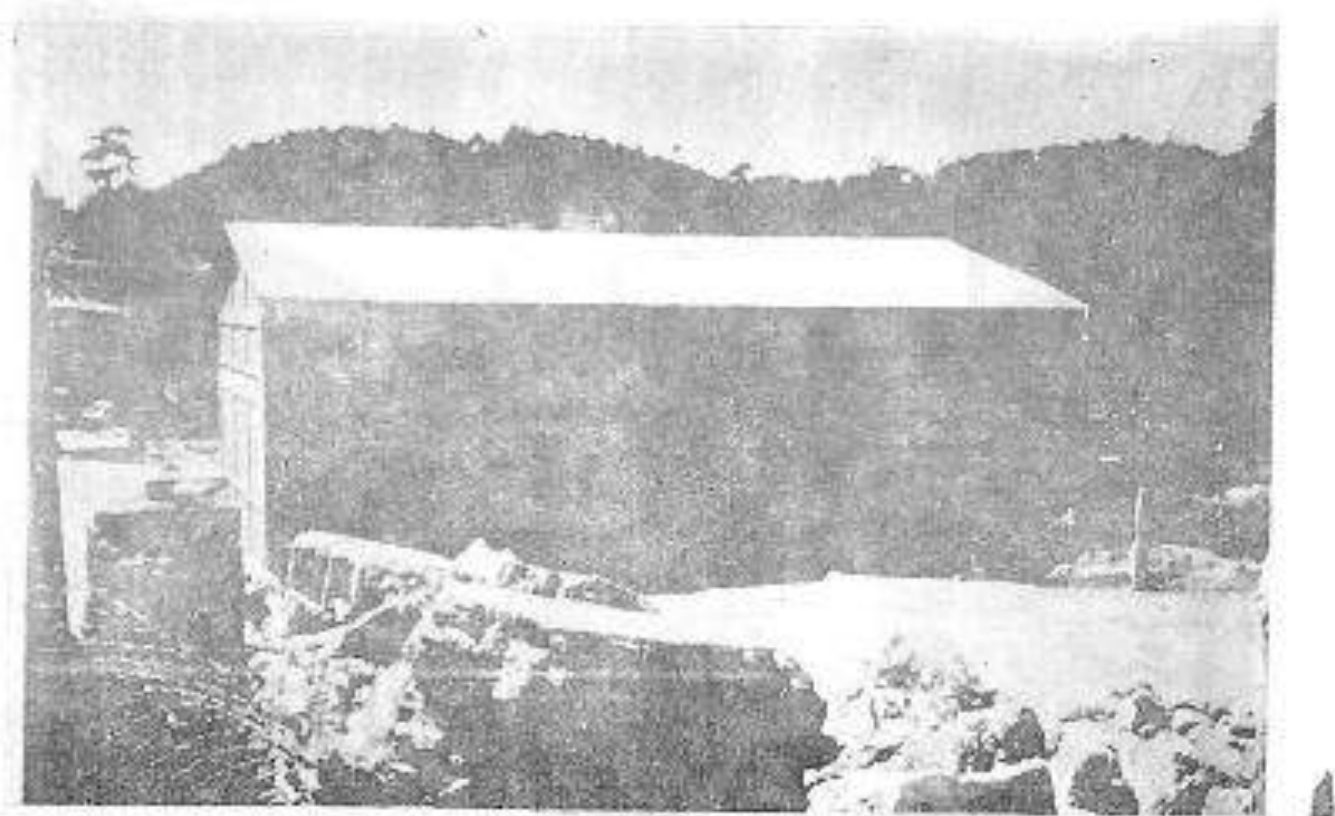


Fig. 6

taron chorros de arena fina grisácea y agua. Como consecuencia de ello, los canales vieron modificados sus niveles, lo que perjudicó sensiblemente a los sistemas de irrigación.

6 - EFFECTOS EN LAS CONSTRUCCIONES

6.1. Generalidades

Al confrontar las estadísticas de víctimas fatales y heridos ocasionados por el terremoto de Guatemala del 4/2/76 con las intensidades máximas estimadas en las distintas zonas, surge espontáneamente la pregunta: ¿Cómo se produjeron tantos muertos con esas intensidades?. La respuesta es también inmediata: la causa principal fue la precariedad de la mayor parte de las viviendas, agravada por la hora en que se produjo el fenómeno.

Con excepción de la Ciudad Capital, en el resto de la zona afectada, más del 90% de las casas eran de adobes, acerca del cual mucho se ha escrito sobre su ineptitud como material de construcción en zona sísmica.

La elevada cantidad de pérdidas humanas y materiales pone en relieve una vez más la importancia de las previsiones antisísmicas como único medio capaz de disminuir aquellas a valores aceptables.

Por averiguaciones realizadas pudimos comprobar que en Guatemala no existía hasta la fecha del terremoto, un código de construcciones sismorresistentes ni tampoco un organismo de control que fiscalizara las distintas etapas de la construcción. Tanto la bondad del proyecto y cálculo estructural, como

lo concerniente a la calidad de la construcción, quedaban librados a la responsabilidad y al buen criterio de los profesionales intervinientes.

Aparentemente la mayoría de los ingenieros adoptaban las especificaciones del A.C.I. (American Concrete Institute) para las obras de hormigón armado, y en algunos casos se habían tenido en cuenta las especificaciones del "Uniform Building Code" en lo referente al diseño sismorresistente.

De un primer balance surge que resultaron seriamente dañadas o destruidas un total de 222.000 viviendas, correspondiendo aproximadamente la mitad a la zona urbana y el resto a la rural, quedando sin techo más de 1.040.000 habitantes. Solamente en la capital resultaron afectadas más de 60.000 viviendas y 215 edificios públicos.

En cuanto a las escuelas, resultaron dañadas o destruidas 1.215 en todo el país, equivalentes a un 60% de los edificios escolares existentes en la zona afectada y a un 24% del total de las del país, quedando sin aulas alrededor de 250.000 alumnos.

6.2. Características de los materiales, técnicas constructivas y tipos de estructuras predominantes en la zona.

El material de construcción predominante en el área devastada es el adobe, tan comunmente usado con pocas variantes en Latinoamérica y otras regiones de bajo desarrollo.

En este caso como ya pudimos apreciar en otras oportunidades (ref.4), los adobes eran de dimensiones inadecuadas,

no poseían fibras del tipo de la paja, crines, etc., y la tierra utilizada, tanto en su elaboración como en la del barro ne cesario para asentarlos, carecía de la cohesión adecuada. No se observó ningún tipo de refuerzo ni disposición conveniente de elementos que sirvieran para evitar, o al menos disminuir, los daños en este tipo de construcciones.

En cuanto a las construcciones de mampostería, generalmente de una o dos plantas, su comportamiento fue muy diferente según dispusieran o no de refuerzos o elementos de enca denado de hormigón armado.

Al igual que ha sucedido en otros terremotos (ref.4) las edificaciones de mampostería sin reforzar sufrieron graves daños (Figura 10), o colapsaron debido al comportamiento frágil de ese material. En cambio las construcciones de mampostería con vigas y columnas de encadenado como refuerzo, soportaron en general el sismo sin ningún tipo de daño (Figuras 5 y 6).

En cuanto al comportamiento de los edificios elevados, existentes exclusivamente en la Ciudad de Guatemala, puede decirse, que si bien allí la intensidad del movimiento sísmico fue algo menor, soportaron, con algunas excepciones, bastante bien el sismo. Los daños más comunes en este tipo de edificios fueron el agrietamiento y rotura de algunos tabiques divisorios de mampostería, que si bien no cumplían ninguna función estructural, arrojaron como resultado en algunos casos, e levado monto de daño.

También pudieron comprobarse daños en las juntas de

separación de edificios, o de distintos cuerpos de un mismo edificio, como consecuencia de choques.

En este tipo de construcciones se habían adoptado en general soluciones estructurales similares; estructura portante de hormigón armado constituida por columnas y entrepisos sin vigas, del tipo de losas casetonadas, macizadas en correspondencia con las zonas de apoyo en las columnas. A pesar de no ser éste el mejor partido estructural, por cuanto no incorpora vigas que puedan formar con las columnas pórticos con ductilidades apropiadas, se comportaron en forma correcta para los niveles de solicitaciones provocados por este terremoto, los que por otra parte no alcanzaron valores muy altos.

La calidad de la construcción puede considerarse como buena en edificios de reciente construcción, en los que el hormigón parece ser, a simple vista, bastante resistente y bien dosificado, usándose como agregado grueso, a veces, canto rodado y a veces, piedra partida.

El acero de refuerzo más comunmente usado es el de alta resistencia, conformado superficialmente, aunque también suele encontrarse el hierro liso, sobre todo en estructuras no tan recientes.

Para los tabiques exteriores e interiores, se usa normalmente mampostería de ladrillos, ya sea comunes o de máquina. Dichos tabiques, que cumplen función de cierre o de separación (no así estructural), poseían en algunos casos, vigas de encadenado horizontales a media altura y verticales a mitad o en los tercios de los paneles (Figura 11) ejecutadas con dos



Fig. 8

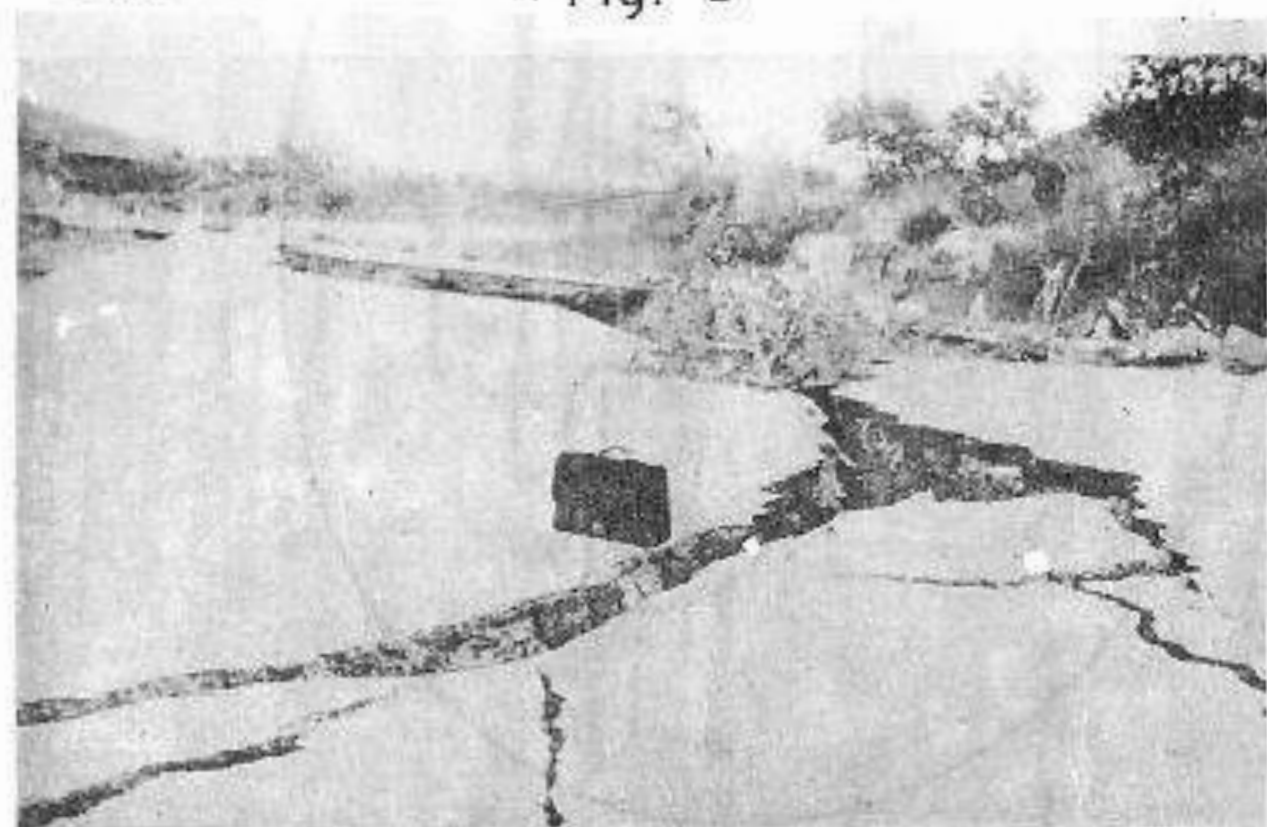


Fig. 9

hierros de 8 mm. de diámetro, vinculados por estribos o ganchos cada 20 a 25 cm. (Figura 12). En otros casos, se trataba de ladrillos de máquina con huecos circulares, de los cuales en algunos se colocaba uno o dos hierros y mortero.

Las condiciones del suelo de fundación son en general buenas; adoptándose usualmente tensiones admisibles de 2 Kg/cm². y aun superiores. El suelo es de origen volcánico, con adecuada compacidad, y con la napa freática muy profunda. Por lo general se usan fundaciones directas.

6.3. Daños observados

Dejando de lado las construcciones de adobe, en las que se produjo el mayor porcentaje de daños, y respecto de las cuales volvió a ponerse en evidencia la necesidad de evitar su uso como material de construcción en zonas sísmicas, debido al peligro que representan por su incapacidad para resistir sollicitaciones como las originadas por los sismos; mencionaremos a continuación algunos de los daños observados.

El edificio principal del Centro Vacacional "General Arana Osorio" ubicado a más de 15 Km. al S.O. de la Ciudad de Guatemala, cerca de Amatitlán, por la carretera de salida al Pacífico, construido sobre una lomada desde donde se divisa el Lago Amatitlán, es una construcción muy reciente, tal es así, que a la fecha del terremoto, aun no había sido habilitado, a pesar de estar completamente terminado.

Se trata de un edificio con sub-suelo, planta baja y siete pisos, ocupando el superior aproximadamente la mitad de la superficie de los demás. Su estructura resistente es de hor

hormigón armado dispuesta formando pórticos según las dos direcciones principales. Los tabiques divisorios y de cerramiento son de mampostería de ladrillo macizo y las losas de hormigón armado. La estructura principal ocupa en planta un rectángulo de aproximadamente 13 m. x 28 m., existiendo sobre todas las fachadas y en todos los niveles, balcones sustentados por losas en voladizo.

El edificio sufrió graves daños, sobretodo en los niveles de planta baja, primero y segundo pisos, disminuyendo la intensidad de aquellos a partir del tercero (Figura 13).

Como se dijo la estructura es de hormigón armado, dispuesta de modo que forma ocho pórticos iguales transversales de tres tramos y cuatro pórticos longitudinales de siete tramos (Figura 14). En los primeros, los tramos laterales tienen aproximadamente 5,10 m. de luz y el central 2,20 m., medidos de eje a eje de columnas. Al ser iguales las dimensiones de las secciones de las vigas de los tres tramos, la central posee más del doble de rigidez que cada una de las extremas, por lo que absorbió la mayor parte de los momentos flectores transmitidos por las columnas como consecuencia del sismo, resultando severamente dañada cerca de los apoyos (Figura 15). Puede observarse en dicha figura, que en el cálculo estructural no se había previsto la alternancia del momento flector sísmico, como puede apreciarse por la escasa armadura inferior de refuerzo existente; además se puede ver claramente la rotura causada por el momento de apoyo, incrementado por el sismo, que causó compresión en la cara inferior de la viga, como así también la rotura por esfuerzo de corte, que originó las grietas inclinadas



Fig. 10

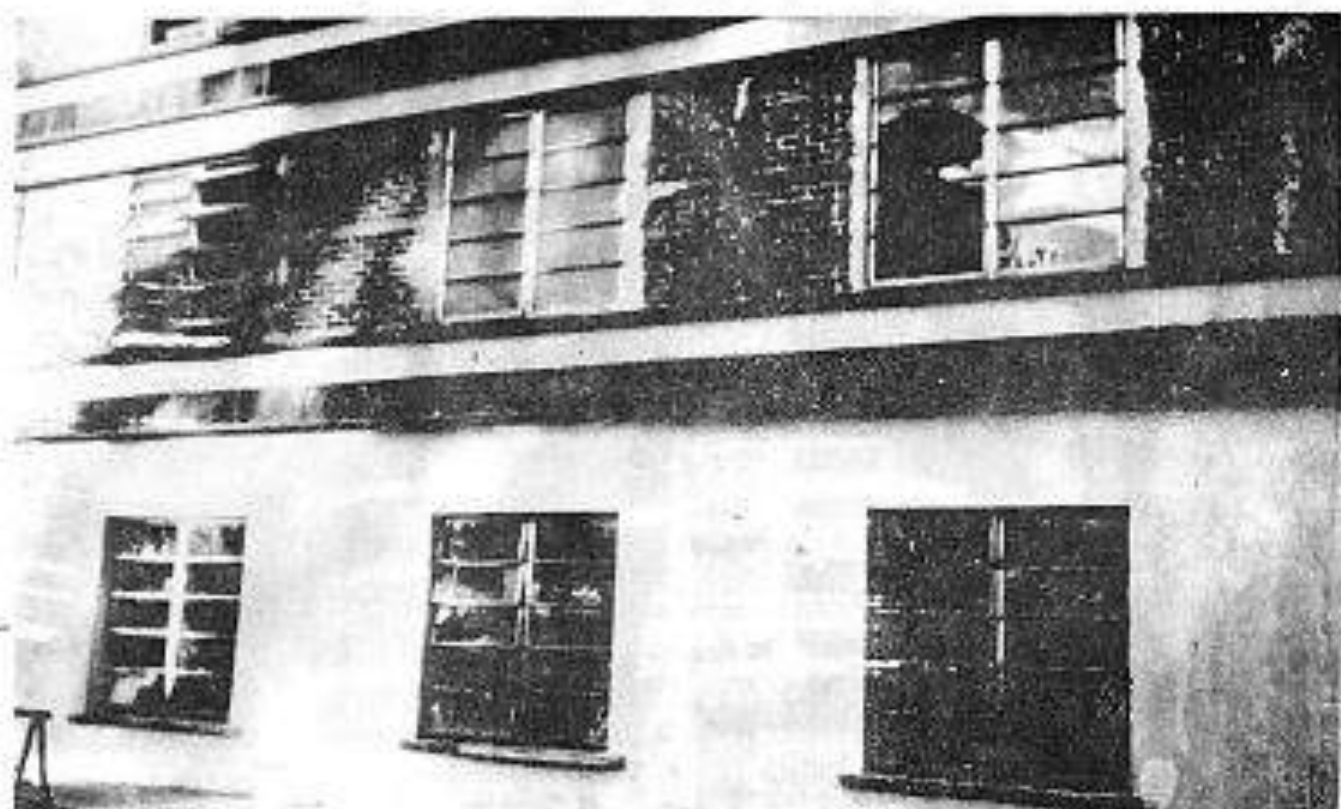


Fig. 11



Fig. 13



Fig. 12

aproximadamente a 45° . El mismo tipo de daño se manifestó, con ligeras variantes en cuanto a su gravedad, en todas las vigas centrales de los pórticos transversales de planta baja (Figura 16), disminuyendo gradualmente hacia los pisos superiores.

Aparentemente en el diseño de la estructura, no se tuvo en cuenta el efecto sísmico, o si se lo tuvo, se cometieron graves errores conceptuales y de valoración de la magnitud de las solicitaciones sísmicas, ya que de un cálculo de verificación realizado, resulta que las dimensiones y secciones de armadura de las vigas son insuficientes.

Por otra parte, tampoco estaban bien diseñadas las losas en voladizo que soportaban los balcones, las que seguramente como consecuencia de la acción de la componente vertical del movimiento, fueron sobrecargadas en grado tal, que se fracturaron en la cara superior, cerca del apoyo.

También sufrieron significativos daños, tres columnas exteriores vecinas entre sí. La rotura fue del tipo de las provocadas por solicitaciones de compresión, como puede apreciarse en la Figura 17, donde incluso se ven algunas barras de la armadura, deformadas lateralmente. Al nivel de planta baja, que fue donde se produjo la falla, las columnas son cuadradas y miden 45 cm. de lado, estando reforzadas con 16 barras de acero conformado superficialmente, de diámetro 25 mm., existiendo estribos de diámetro 8 mm. cada 30 cm. Del cálculo de verificación realizado, considerando una aceleración máxima $a_{\text{máx}} = 0,20 \text{ g}$, surge que la carga en las columnas laterales prácticamente se duplicó por efecto del momento de vuelco sísmico. No obstante las tensiones en el material estuvieron bastante por

debajo de las roturas de un hormigón de mediana calidad. Debido a que fueron las únicas columnas falladas, y a que no se observó la existencia de tabiques u otros elementos que pudieran haber hecho variar sus rigideces relativas sobrecargándolas, se estima que la rotura pudo ser consecuencia de deficiencias en la calidad del hormigón.

Los tabiques de mampostería sufrieron mucho daño, tanto los interiores como los exteriores, disminuyendo hacia los pisos superiores. Como en varios terremotos anteriores, se puso aquí en evidencia la necesidad de contemplar el trabajo conjunto de pórticos y paneles de relleno, dado que el mayor porcentaje de daños en edificios elevados se produjo en estos elementos. Dichos paneles a pesar de no cumplir función estructural explícita en el diseño, absorben, por su elevada rigidez relativa derivada de sus dimensiones, fracciones importantes de las sollicitaciones horizontales, que no son capaces de resistir.

La ampliación del "Hospital General San Juan de Dios" destinada a maternidad, emergencia y morgue, está ubicada en 1^a Avenida y 10a. calle, en la zona I de la Ciudad de Guatemala. Se trata de una obra que a la fecha del sismo se encontraba en ejecución, estando terminada la estructura y tabiques divisorios y de cierre. Está formada por dos cuerpos separados por junta de dilatación y dispuestos en planta en forma de "L" (Figura 18) y posee sub-suelo y tres plantas. La estructura es de hormigón armado, constituida por columnas separadas aproximadamente 5,30 m. en una dirección y 5,70 m. en la otra en uno de los cuerpos y en el otro 5,70 m. y 8,10 m. La fundación consis

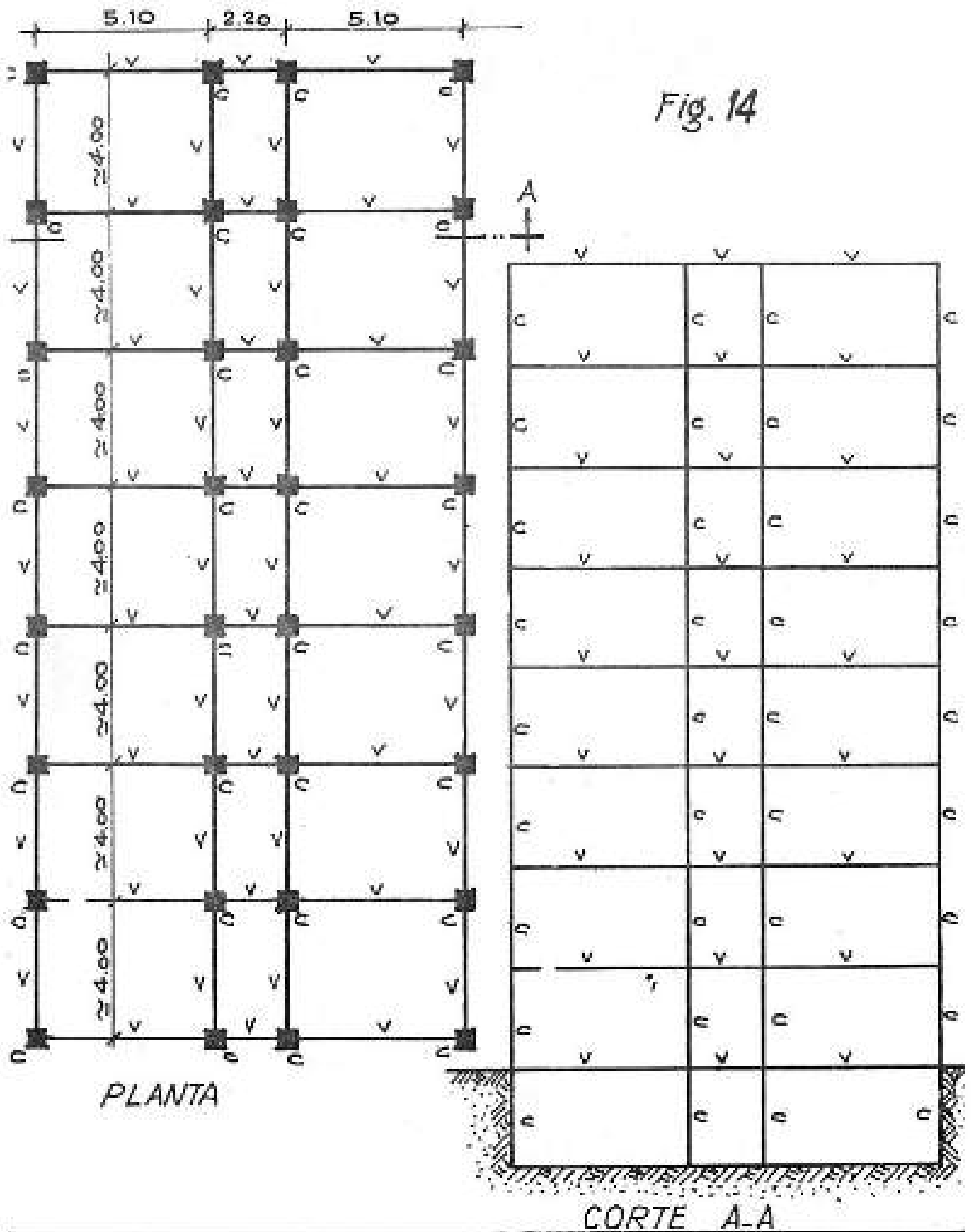


Fig. 14

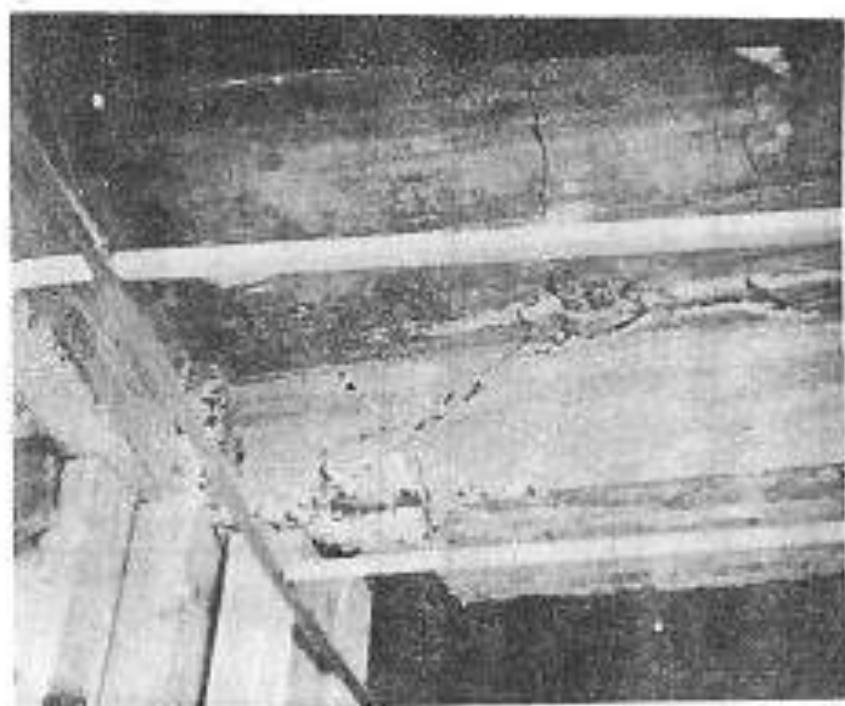


Fig. 15

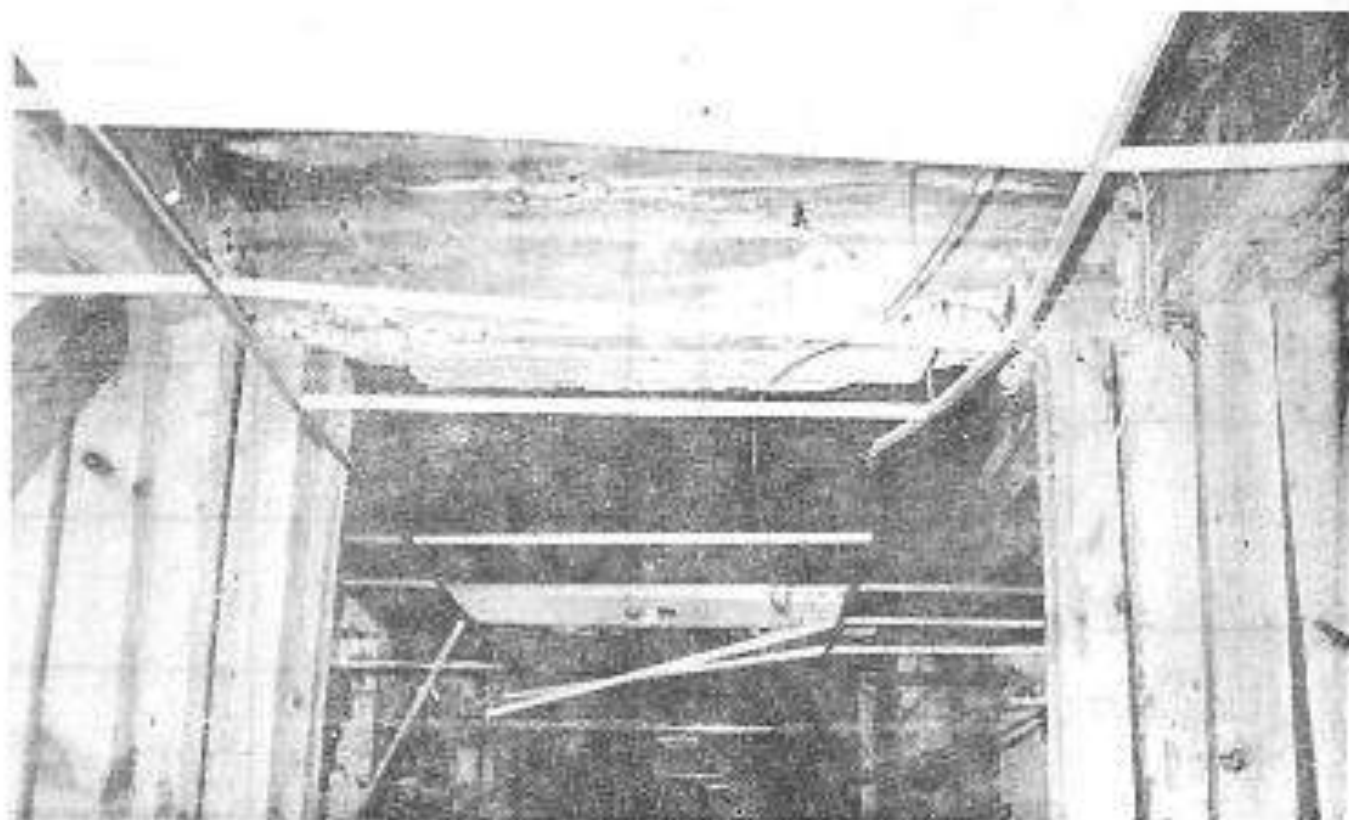


Fig. 16

te en bases aisladas. Los entrepisos son del tipo de losa casetonada sin vigas que apoyan sobre las columnas a través de una zona maciza rectangular de 3 x 3 casetones. Los entrepisos de ambos cuerpos tiene voladizos de aproximadamente 3,30 m. en la dirección N-S, sobre cuyos extremos apoyan los cerramientos de fachada constituidos por elementos verticales y horizontales de hormigón liviano, con relleno de mampostería en su parte inferior (Figura 19). Seguramente, como consecuencia de la acción dinámica de la componente vertical del movimiento sísmico, estos grandes voladizos se vieron sobrecargados de modo tal que se produjeron fisuras apreciables en la cara superior de la losa sobre el apoyo. Además, se produjeron roturas en los elementos de fachada como consecuencia del movimiento.

Aparte de la rotura de los tabiques de mampostería, que estaban siendo demolidos en ocasión de nuestra visita, pudimos observar daños en juntas debidos al choque de los cuerpos vecinos (Figura 20) como así también daños en la caja de ascensores que era de mampostería enmarcada con vigas y columnas, la que por su rigidez absorbió un gran porcentaje de las fuerzas horizontales.

El condominio "El Obelisco", ubicado en zona 12, es un edificio que cuenta con sub-suelo para estacionamiento, planta baja para locales comerciales y 10 pisos destinados a consultorios médicos (Figura 21). Su estructura es de hormigón armado constituida por columnas y entrepisos casetonados sin vigas; únicamente la losa sobre sub-suelo es maciza de hormigón y apoya sobre vigas del mismo material. El núcleo de ascenso-



Fig. 17

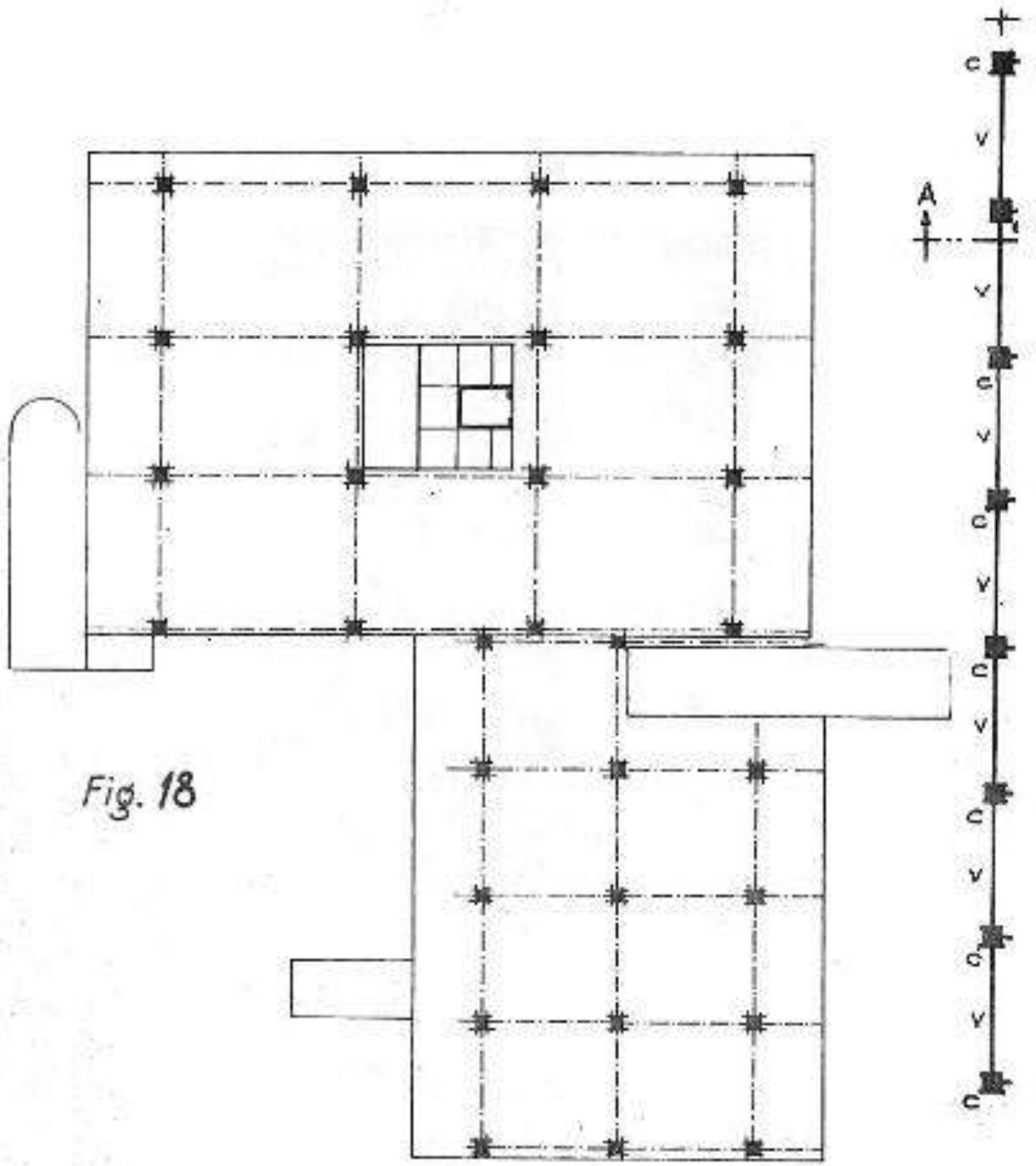


Fig. 18

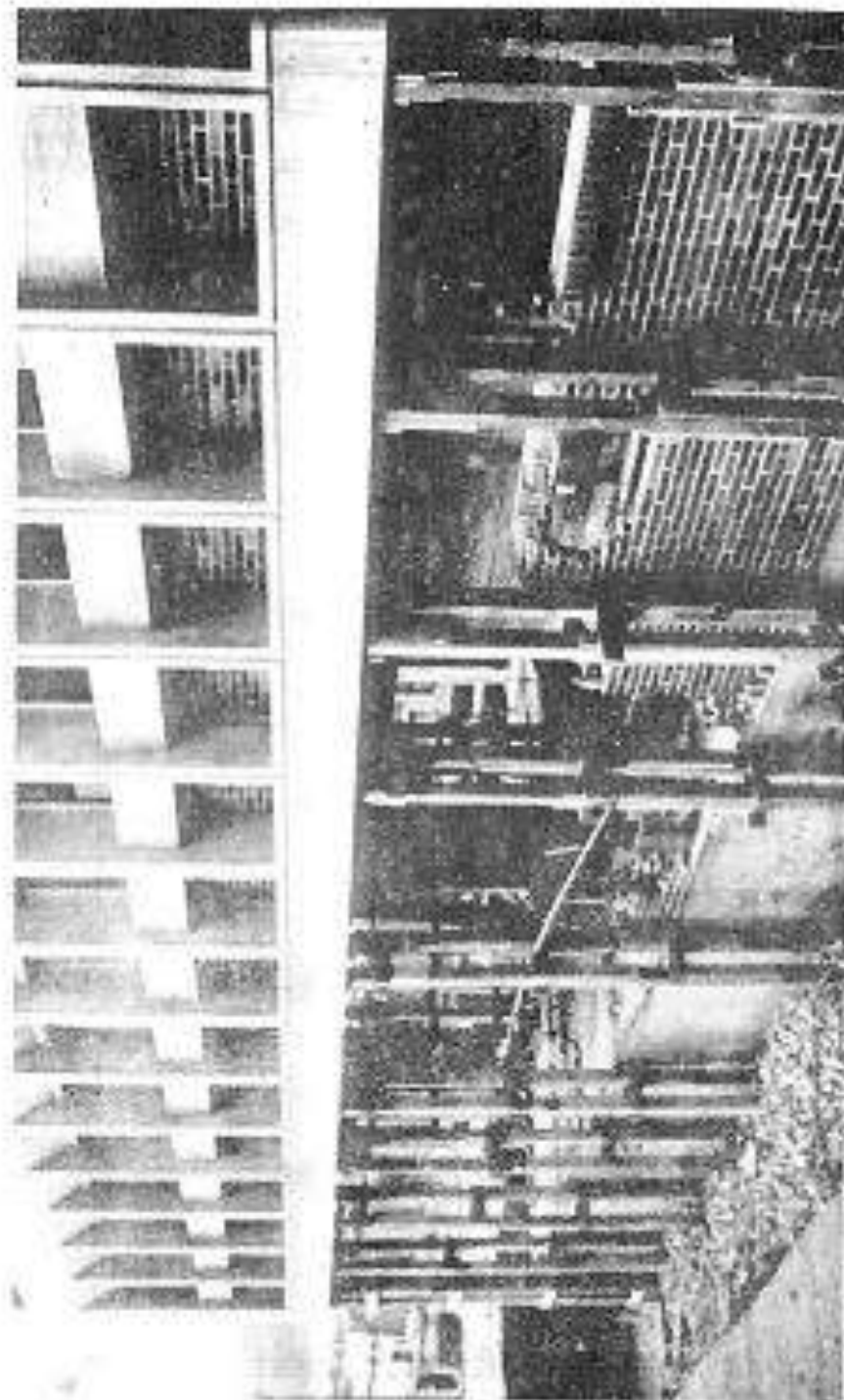


Fig. 19





Fig. 21

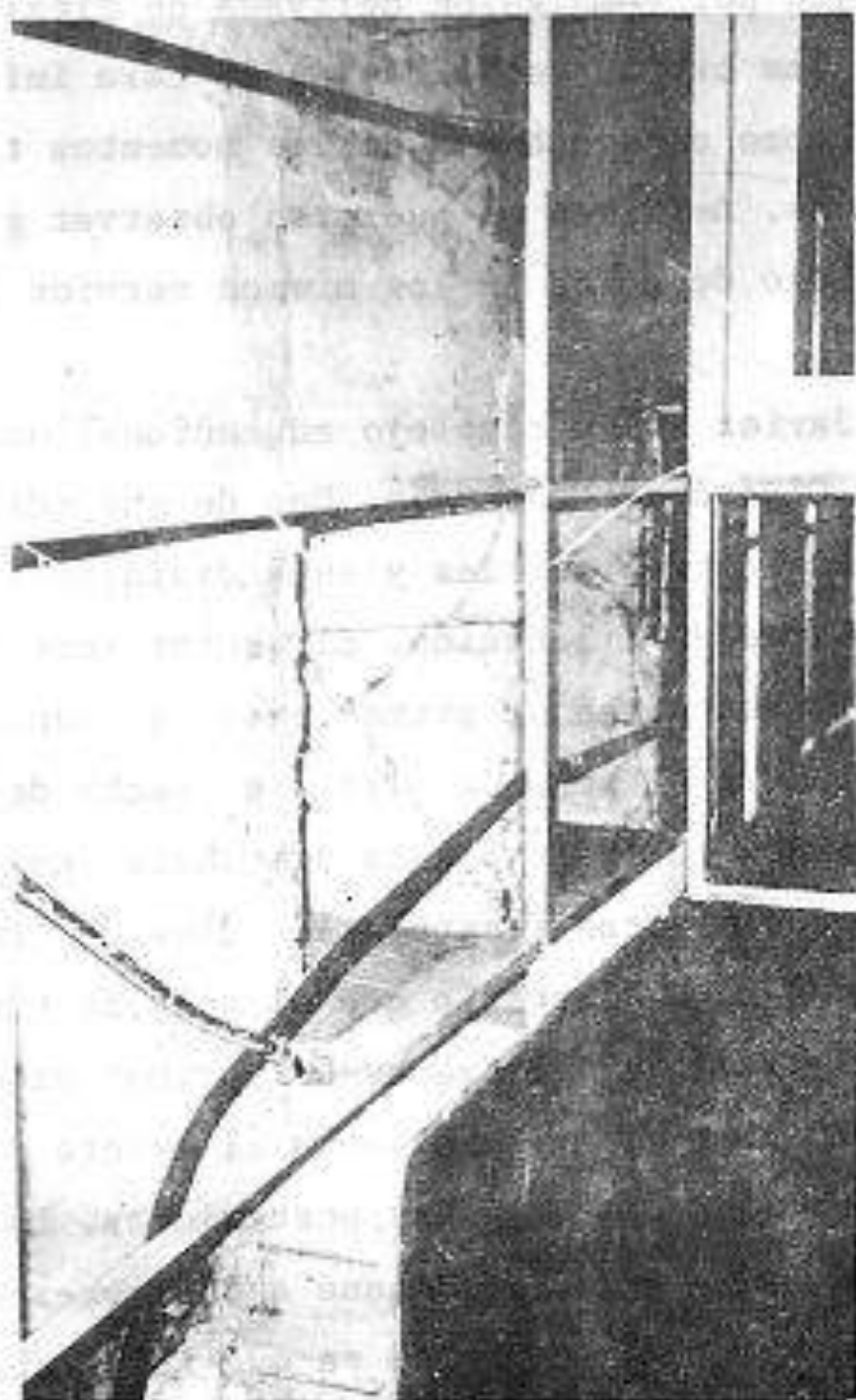


Fig. 22

res posee tabiques de hormigón armado, destinados, sin duda, a absorber la mayor parte de los esfuerzos horizontales. Como en la mayoría de los edificios inspeccionados, el mayor porcentaje de daños se produjo en los tabiques de mampostería. Otro tipo de daño significativo se observó en los nervios de los casetones que estaban vinculados directamente a los tabiques de hormigón de la caja de ascensores, en los cuales se produjo rotura del hormigón por compresión derivada de flexión y un ligero pandeo de las barras metálicas en la cara inferior de algunos nervios, como consecuencia de los momentos transmitidos por los tabiques. Asimismo se pudieron observar grietas provocadas por esfuerzo de corte en los mismos nervios (Figura 22).

El Liceo Javier es un complejo educacional ubicado en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala. Uno de sus edificios, destinado a aulas, tiene tres niveles y está dividido en tres sectores mediante juntas de dilatación. El sector intermedio sufrió el colapso al destruirse el primer piso, quedando sus restos aprisionados entre el segundo piso y el techo de la planta baja. Para quien lo observa a la distancia, ese sector aparenta tener solo dos plantas frente a las tres de los sectores adyacentes (Figura 23). Parecería que el colapso tuvo comienzo al fallar las columnas del frente del primer piso, inclinándose los dos niveles superiores hacia el frente y rompiéndose consecuentemente, las columnas posteriores. La descripción de los daños se ha hecho en base a observaciones realizadas desde el exterior del edificio, ya que fué imposible

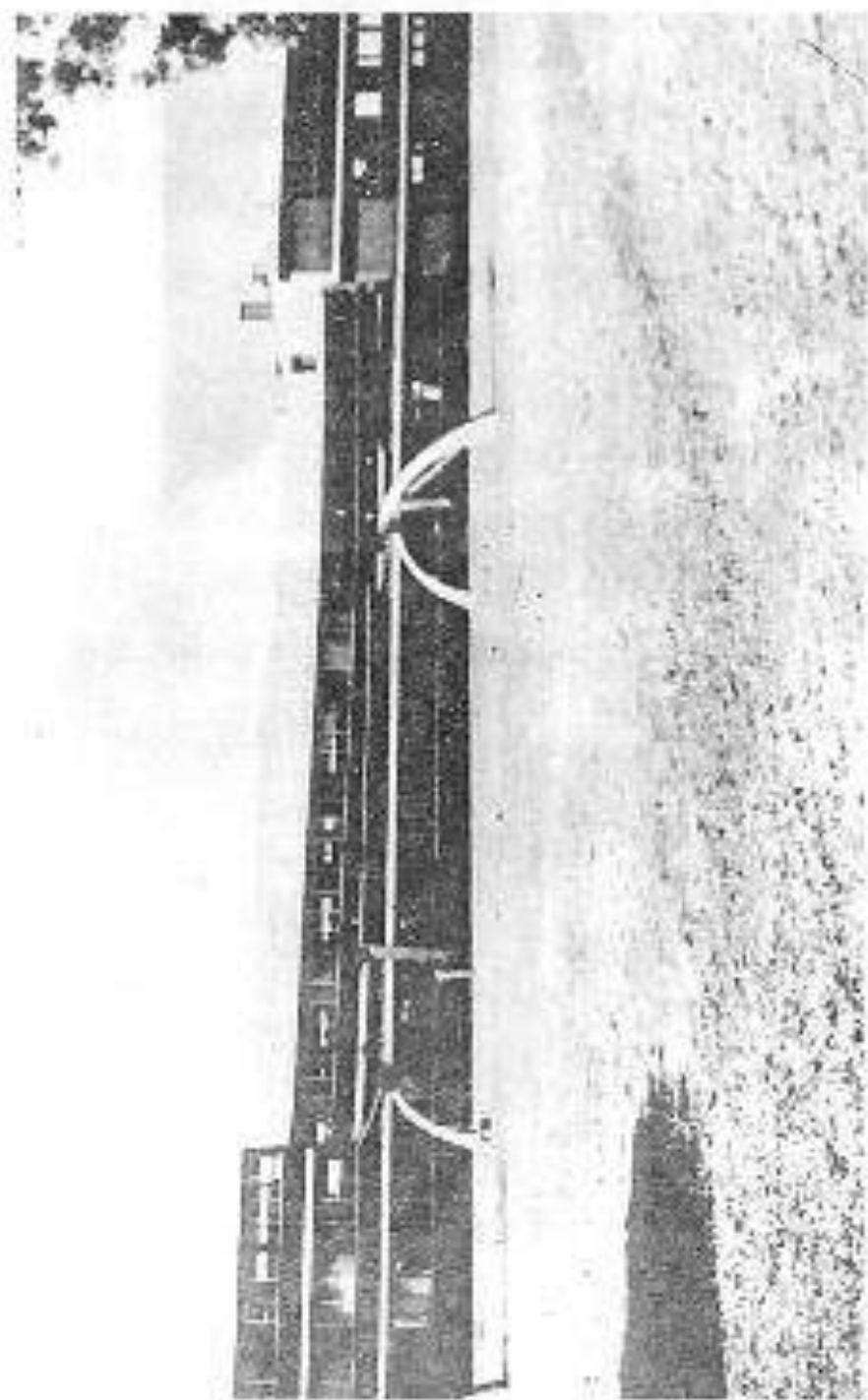


Fig. 23

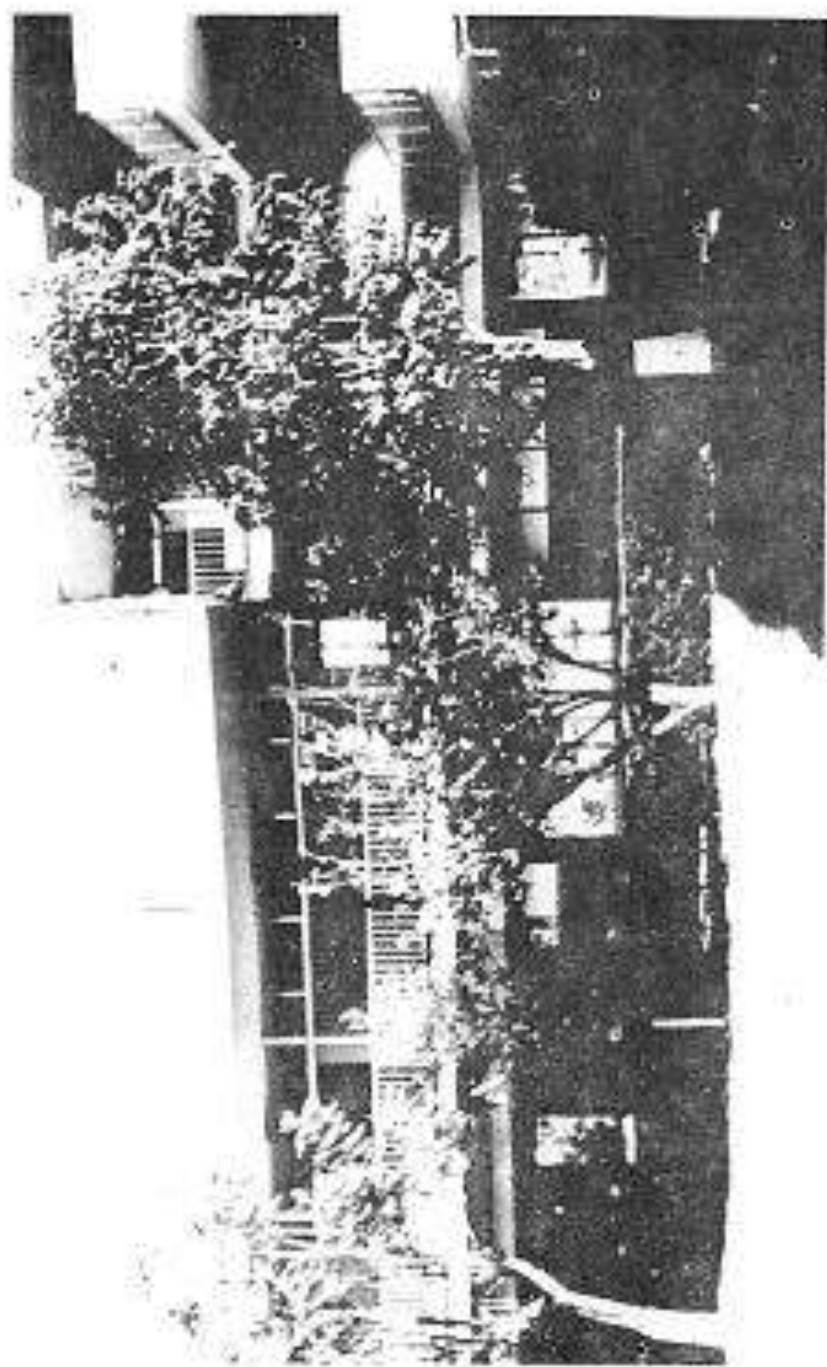


Fig. 24

acceder al interior por disposiciones de las autoridades del colegio.

En este caso se observaron fallas similares a las mencionadas en informes sobre otros terremotos (refs. 3 y 4), debidas a errores cometidos al diseñar la estructura, consistentes en despreciar o no tener en cuenta la disposición de elementos no estructurales, lo que puede modificar fundamentalmente el comportamiento previsto de aquella. En este edificio, la fachada posterior presentaba, en los tres niveles, grandes ventanales contínuos que ocupaban aproximadamente las dos terceras partes de la altura de piso (Figura 23), mientras que en la fachada anterior existían en primero y segundo pisos, muros altos que dejaban libre unos 60 cm. bajo la losa, lugar que ocupaban las ventanas (Figura 24). Debido a la restricción, al desplazamiento que representaban los muros en el sentido longitudinal, las columnas posteriores poseían en esa dirección, una longitud libre de flexión algo más de tres veces mayor que las anteriores, por lo que éstas y en virtud de que la rigidez al esfuerzo de corte es inversamente proporcional al cubo de la longitud, resultaron cerca de treinta veces más rígidas que las posteriores, ocurriendo en consecuencia, su rotura. Todo lo anterior resulta agravado por la escasa armadura transversal de las columnas, lo que da un factor de seguridad al corte muy inferior al de flexión. En la Figura 25, puede apreciarse la excesiva separación de los estribos, impidiendo ello que se alcanzaran en el nudo valores adecuados de ductilidad, ocurriendo la falla del tipo frágil observada.

Otro edificio que colapsó espectacularmente, es el

que ocupaba el Hotel Terminal ubicado en la 3ra. Avenida n°940 de la zona 4. Fue imposible acceder a su interior por encontrarse clausurado. Se trataba de una construcción con un nivel para estacionamiento, planta baja destinada a locales comerciales y 4 pisos, además del cuerpo emergente superior, destinado seguramente a sala de máquinas. El edificio colapsó (Figura 26) partiéndose en sentido transversal, prácticamente a mitad de su longitud, al fallar posiblemente, las columnas del segundo nivel. No pudo analizarse su comportamiento por las causas mencionadas anteriormente.

Entre otros tipos de daños observados, podemos mencionar la rotura de vidrios que se pudo apreciar en diversas construcciones, como así también el desprendimiento de revestimientos pesados, como el mármol. Tal lo ocurrido, por ejemplo en el Hotel "Conquistador Sheraton" y en el Aeropuerto Internacional "La Aurora".

En varios otros edificios elevados visitados los daños se limitaron al agrietamiento y/o rotura de los paneles de mampostería que llenaban el claro entre columnas. Estos elementos, por su elevada rigidez y baja resistencia, actuaron como primer línea de defensa, absorbiendo con su rotura, gran parte de la energía del sismo transmitida a la construcción, liberando en cierto modo a la estructura resistente. Dado el elevado monto de los daños de este tipo, que a pesar de no afectar a la seguridad de la obra, por no cumplir función resistente, configuran un gran gasto de reparación, es necesario e importante realizar una evaluación económica durante el proyecto,



Fig. 25

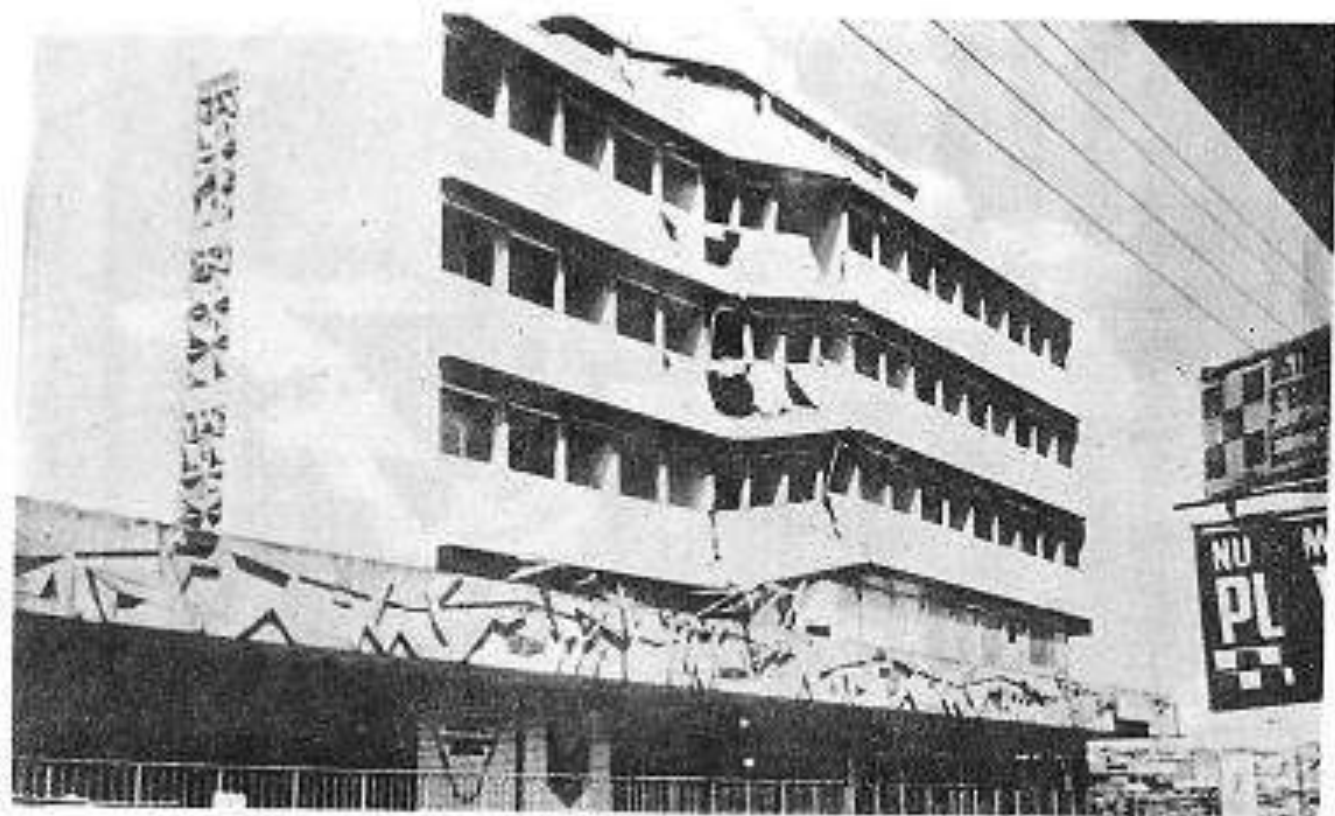


Fig. 26

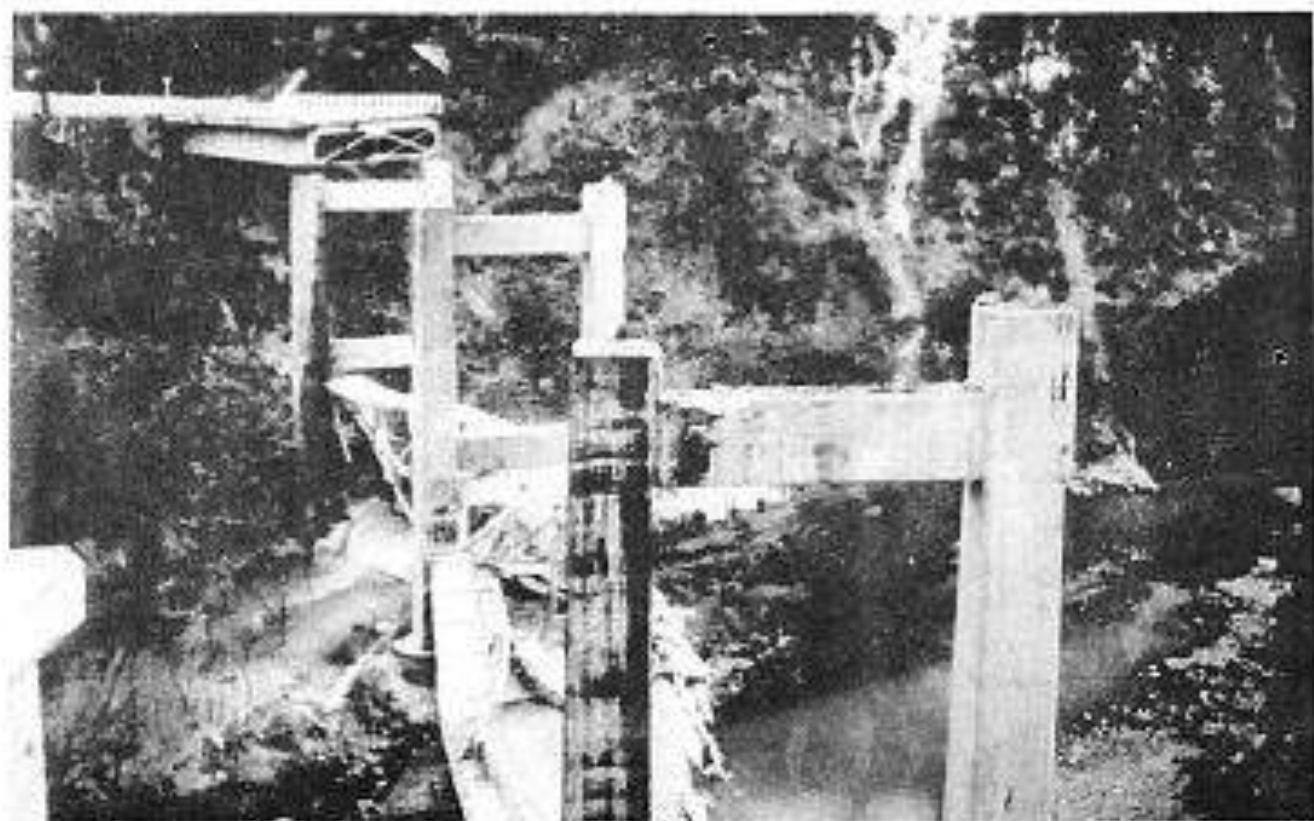


Fig. 27



Fig. 28

para decidir si se los vincula directamente a la estructura para que actúen como "defensa escalonada", admitiendo daños y roturas en los mismos, o si se los separa adecuadamente de aquella (anclándolos para evitar su caída) con holguras eficaces.

7 - DAÑOS A OTRAS OBRAS DE INGENIERIA

7.1. Carreteras

Estas vías de comunicación sufrieron grandes daños, lo que aparte de las pérdidas materiales directas, significa un grave problema, al no poder utilizarlas para llevar el auxilio necesario a varias poblaciones importantes ubicadas en las zonas más afectadas. Tal es el caso de la ruta al Atlántico, la que soporta el tránsito mayor y de más importancia económica, por cuanto vincula al resto del país con sus puertos principales. Por tal causa, dicho flujo vehicular se derivó a otras rutas más largas, incrementándose los fletes aproximadamente en 2,5 veces. Para la reparación de esta ruta se está utilizando la mayor parte de la maquinaria vial disponible y se espera dejarla en condiciones para principios de 1977.

Los daños que soportaron las carreteras pueden clasificarse en tres tipos: interrupciones (bloqueos) como consecuencia de deslizamientos (Figura 8); roturas en el camino propiamente dicho (Figura 9), y daños y colapso de obras de arte.

Los más comunes fueron los primeros, ya que de los cientos (o tal vez miles) de deslizamientos provocados por los sismos, gran parte afectaron a las vías de comunicación. Debido a la topografía de la zona, el trazado de los caminos incluye alternativamente desmontes y terraplenes. Los taludes de los

desmontes eran generalmente demasiado escarpados, y como consecuencia del tipo de suelo y de lo expuesto en el punto 5, se produjeron numerosos derrumbes que bloquearon los caminos necesitándose remover grandes volúmenes de material, que en el caso de la ruta al Atlántico, se estima en más de 1.000.000 metros cúbicos.

De las obras de arte que sufrieron daños, la más importante es el Puente Corosal ubicado en la Carretera CA-9 (Ruta al Atlántico) sobre el profundo cauce del río Aguas Calientes, a unos 32 Kms. de la capital. Este puente, uno de los más grandes del país, quedó habilitado en 1959.

Su infraestructura está formada por esbeltas pilas de hormigón armado (Figura 27), cada una de las cuales está constituida por dos columnas arriostradas transversalmente en tres puntos: a nivel de fundación, por un bloque que forma parte de ésta; superiormente y a mitad de su altura, por vigas de hormigón armado. La altura de las pilas oscila alrededor de los 25 m. En los extremos posee falsos estribos. Aparentemente, de acuerdo a lo observado, la infraestructura no sufrió daños.

La superestructura, cuyo trazado era curvo, consistía en cinco tramos simplemente apoyados, de luz cercana a los 35 m. (Figura 28) cada uno. Cada tramo incluía dos vigas metálicas rectas de alma llena, arriostradas por contraventamientos horizontales y verticales de acero (Figura 29). Sobre dichas vigas, y a través de largueros y traviesas, también de acero, descansaba la losa del tablero. Esta era de hormigón armado, su forma en planta era curva y definía por lo tanto el trazado. El

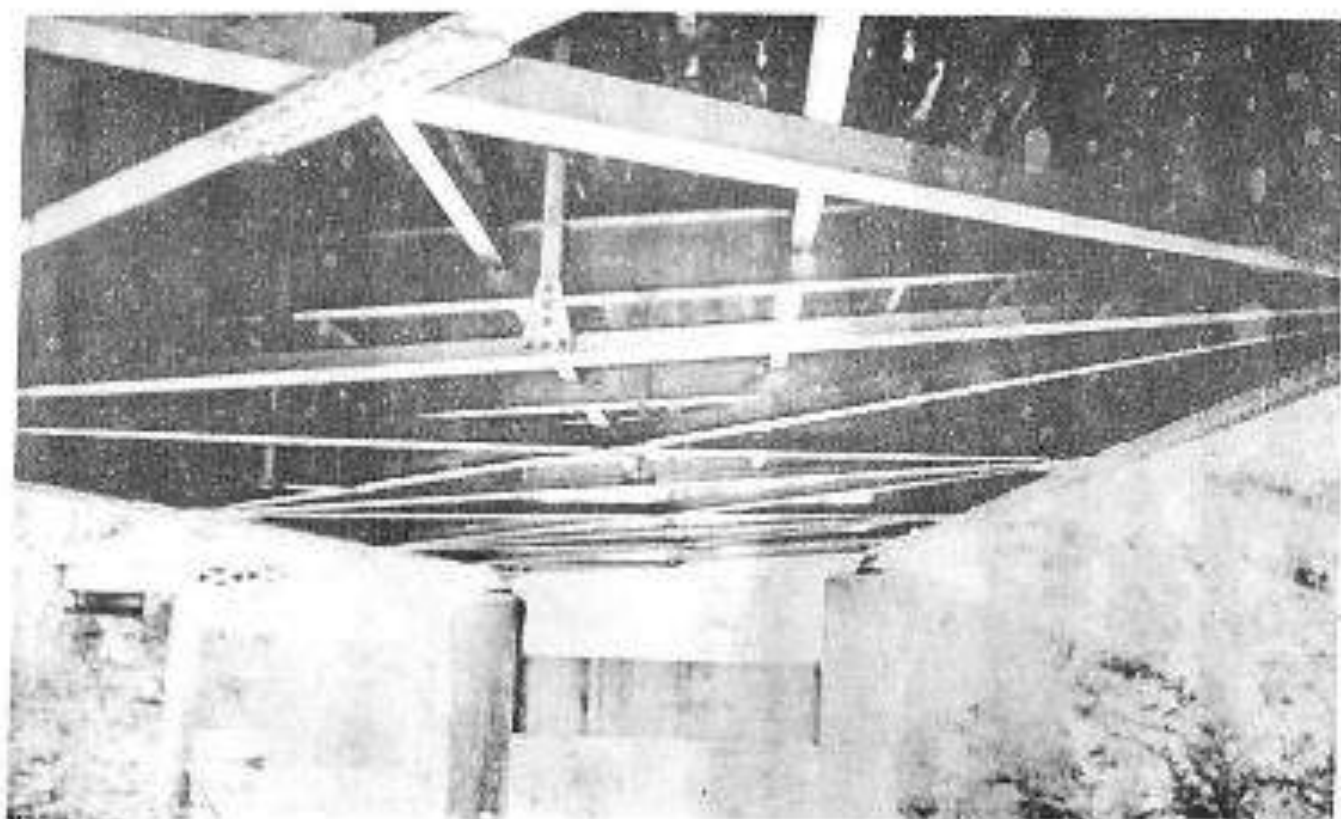


Fig. 29



Fig. 30



Fig. 31

peralte del puente, necesario por su disposición en curva, se lograba con los extremos de las columnas que formaban las pilas, los cuales estaban a distinto nivel (Figura 27).

De los cinco tramos, tres colapsaron cayendo al cauce del río, como consecuencia de que los apoyos resultaron ineficaces para soportar los movimientos diferenciales, que por lo general se producen entre la super y la infraestructura durante un sismo.

En este caso, ello se vió magnificado por la esbeltez de las pilas, cuyo comportamiento dinámico influyó seguramente en forma preponderante en la falla de la obra, cuyo costo de reconstrucción (aprovechando la infraestructura existente) es de alrededor de U\$S 1.000.000.

Como testimonio de lo expuesto precedentemente, se pudo observar en el extremo del puente sobre la margen izquierda del río, que los apoyos metálicos fijos sufrieron un apreciable desplazamiento hacia el eje del puente, causando el levantamiento de la placa de apoyo sobre el falso estribo y el doblado de los pernos de anclaje (Figura 30). Adecuados apoyos y dispositivos de anclaje, como así también anchos de apoyos mayores, hubieran posiblemente evitado el colapso.

De los otros puentes visitados, solo pudieron apreciarse daños menores en las juntas de dilatación, y despegamiento en los muros de ala de uno de los estribos del puente "El Incienso", ubicado sobre la carretera perimetral de la Ciudad de Guatemala (Figura 31). Según informaciones periódicas se produjeron daños en otros puentes de menor importancia,

que no nos fue posible visitar.

7.2. Vías Férreas

También sufrieron daños algunos ramales ferroviarios como por ejemplo, el ramal a El Salvador, y algunos tramos del ramal Guatemala - Puerto Barrios. Numerosos derrumbes afectaron las vías, siendo necesario remover miles de metros cúbicos de suelo proveniente de los deslizamientos. Según informaciones proporcionadas por directivos de FEGUA (Ferrocarriles de Guatemala), tanto los puentes como los túneles no sufrieron en general, ningún tipo de daños.

De acuerdo a lo observado, la falla de Motagua afectó en su movimiento no solo a la ruta al Atlántico, sino también a las vías ferroviarias cuyo trazado sigue casi la traza de la falla, resultando ondulados los rieles en algunos tramos.

Los daños fueron mayores en las instalaciones del ferrocarril en Puerto Barrios. Siempre de acuerdo a informaciones recogidas (ante la imposibilidad de viajar a Puerto Barrios), pudimos saber que 18 secciones del muelle, de unos 30 metros cada una, sufrieron asentamientos en mayor o menor grado, quedando en algunos casos prácticamente hundidas, debido probablemente al fenómeno de licuefacción de suelos.

8 - CONCLUSIONES

En general, la zona más afectada por este terremoto queda comprendida dentro de la isosista VII de la escala Merca

lli Modificada, salvo dos pequeñas zonas concéntricas respecto a las poblaciones de El Progreso una, y San Martín Jilotepeque la otra, y en las cuales la intensidad alcanzó el grado VIII (Figura 32). De ello se desprende que este sismo, a pesar de la elevada cantidad de víctimas que ocasionó, no se encuadra entre los más intensos ocurridos en distintas partes del mundo. La causa de tanta destrucción y muertos radica principalmente en la mala calidad de la mayor parte de la edificación, ejecutada con materiales no adecuados para soportar sismos, como es el caso del adobe.

En el proyecto y ejecución de obras de ingeniería tales como caminos, diques, puentes, etc., deben considerarse las consecuencias que podrían traer aparejados los posibles efectos secundarios originados por terremotos. En este caso particular, el bloqueo y daño de las carreteras por los múltiples deslizamientos, afectó no solo la obra en sí, sino también el normal abastecimiento y auxilio de numerosas localidades devastadas.

Teniendo en cuenta los numerosos antecedentes sísmicos del país, surge claramente la importancia que hubiera alcanzado el disponer de una adecuada zonificación sísmica del territorio nacional, como así también de códigos de edificación con normas sismorresistentes que contemplen las modalidades constructivas y los tipos de materiales de uso en la región, debidamente implementadas y controladas en su aplicación.

Otro aspecto que es necesario recalcar y que tanto éste como otros terremotos, pusieron de manifiesto, es la im-

portancia del destino de las construcciones". El gran número de escuelas dañadas o destruidas, algunas con colapsos significativos como en el caso del Liceo JAVIER, hospitales como el "San Juan de Dios", edificios públicos, etc., hubieran aumentado notablemente el número de víctimas, de haber ocurrido el terremoto en horas de actividad. Por otra parte, al resultar dañadas esas construcciones, es imposible utilizarlas como albergues u hospitales de emergencia, centros de distribución de víveres, etc. Por ello es necesario establecer disposiciones especiales para el proyecto y construcción de edificios con esos destinos, controlando rigurosamente su aplicación por intermedio de la autoridad competente.

Se hace necesario contar con adecuadas redes de instrumental de registro, tanto de sismología como de ingeniería sismorresistente, de modo tal de poder determinar con certeza los parámetros fundamentales de los sismos, y estimar los valores de la respuesta de las distintas estructuras.

Muchos de los daños ocurridos como consecuencia de defectos de proyecto y/o construcción en este terremoto, son una repetición de los evidenciados en otros terremotos destructivos anteriores. Por lo tanto, las conclusiones que pueden extraerse en ese sentido, no hacen más que recalcar la necesidad de tenerlas en cuenta durante el proyecto y ejecución de obras emplazadas en áreas sísmicamente activas.

Las columnas y vigas sin una adecuada cantidad de armadura transversal (estribos), demostraron su falta de ductilidad e incapacidad para resistir los esfuerzos de corte provoca



Fig. 32



Fig. 33

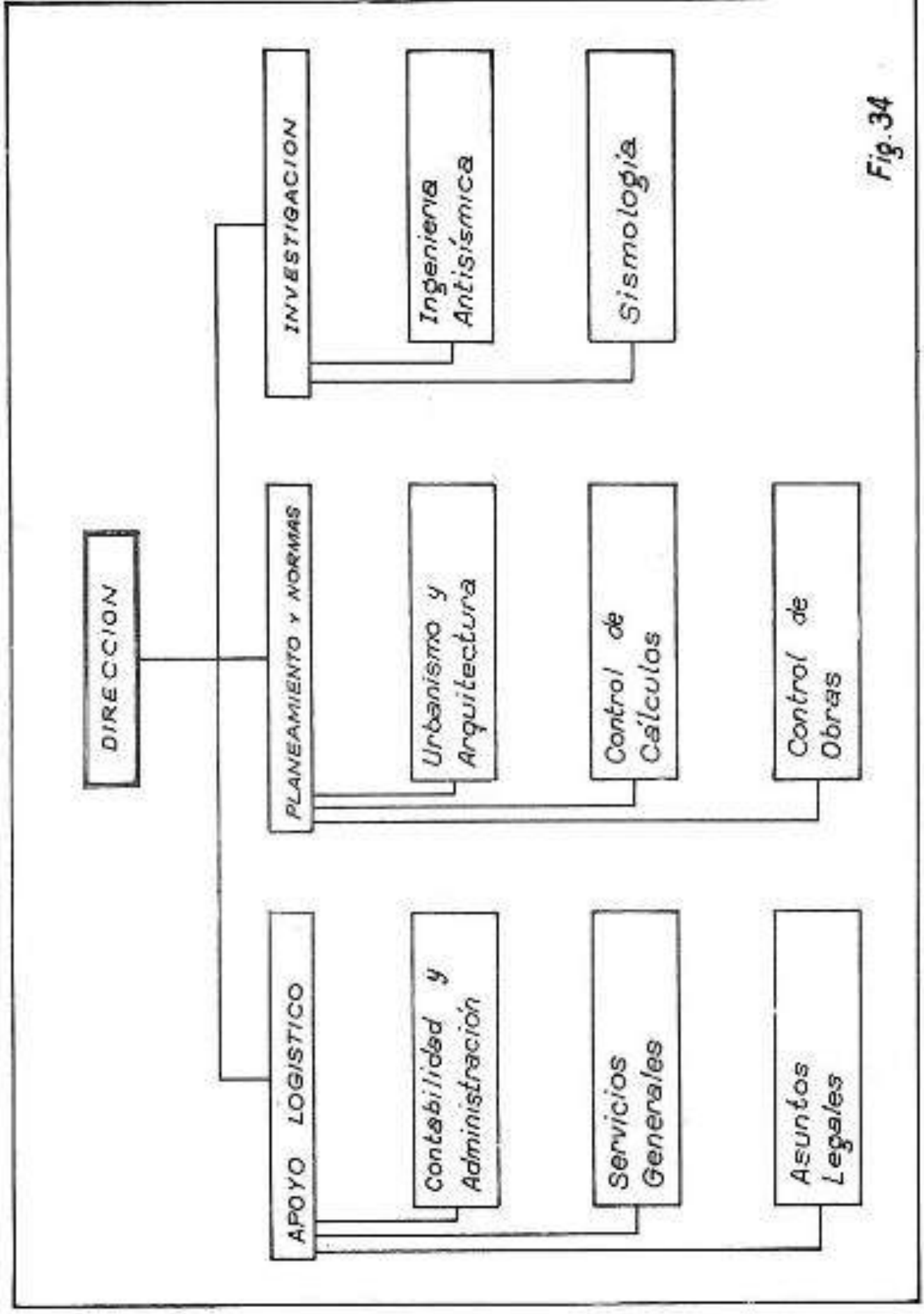


Fig. 34

dos por el sismo.

Construcciones ejecutadas con mampostería sin refuerzos, sufrieron daños o colapso, debido a su comportamiento esencialmente frágil (Figura 33). Mientras que aquellas que disponían de elementos de refuerzo de hormigón armado, tales como vigas y columnas de encadenado, soportaron el sismo sin daños.

Errores de estructuración, como los debidos a grandes diferencias de rigidez por disposición incorrecta de elementos no estructurales, y que fueron la causa de importantes colapsos (tal el caso del Liceo "Javier"), han sido referidos en anteriores informes (Refs. 3 y 4).

En elementos estructurales en voladizo debe considerarse la acción de la componente vertical del movimiento sísmico, sobre todo si son de dimensiones considerables, o soportan cargas importantes.

Los daños en tabiques de mampostería que rellenan estructuras de hormigón armado, importan un monto muy elevado. Por lo tanto, cuando no se prevea su uso como "una primera defensa", conviene separarlos de la estructura anclándolos convenientemente a ella, de modo tal que no se vean obligados a acompañar sus deformaciones.

Es necesario prever separaciones o juntas adecuadas entre distintas construcciones o cuerpos de un mismo edificio, para evitar daños como consecuencia de choques. Del mismo modo hay que materializar las holguras necesarias entre los vidrios y sus marcos para evitar su rotura y posibles daños a personas.

A fin de evitar daños como los experimentados por las carreteras durante este terremoto, es necesario verificar la es

tabilidad de taludes ante el efecto sísmico, considerando las características y condiciones del suelo.

El colapso del puente sobre el Rio "Aguas Calientes" ratifica la necesidad de realizar, para estructuras de esas características, análisis dinámicos empleando modelos matemáticos apropiados para representar el sistema estructural (Ref.5) como así también prestar especial atención a los detalles de apoyos, anclajes, juntas, etc., por constituir un punto de suma importancia para asegurar la supervivencia de la superestructura.

9 - RECOMENDACIONES

De llegar a ser la predicción de terremotos una realidad en un futuro cercano, se lograría quizás la protección de vidas a través de oportunas evacuaciones de los edificios, pero no se conseguiría con seguridad prevenir el daño o el colapso de las construcciones y su consecuente impacto económico-social. Es por ello que la protección más eficaz y económica de la vida y bienes de los habitantes de regiones sísmicamente activas, se obtiene construyendo en forma adecuada para resistir los efectos de los terremotos, lo que se logra mediante la aplicación de códigos para construcciones sísmorresistentes.

Tales códigos se obtienen como resultado de los estudios e investigaciones realizadas en gabinete, y de las experiencias extraídas de la observación de los efectos que los terremotos destructivos provocan en las construcciones.

Todos los terremotos destructivos han dejado enseñan

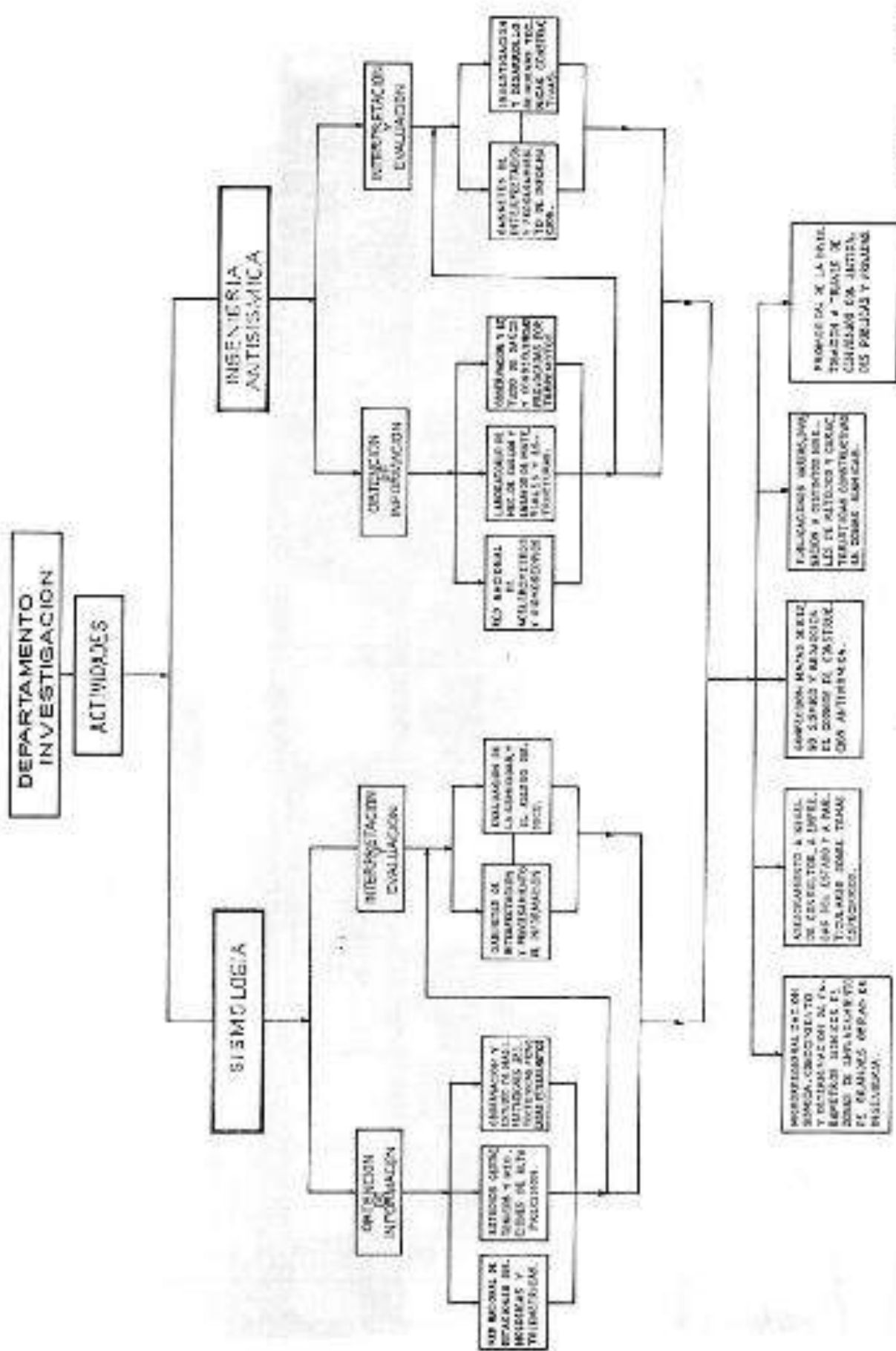
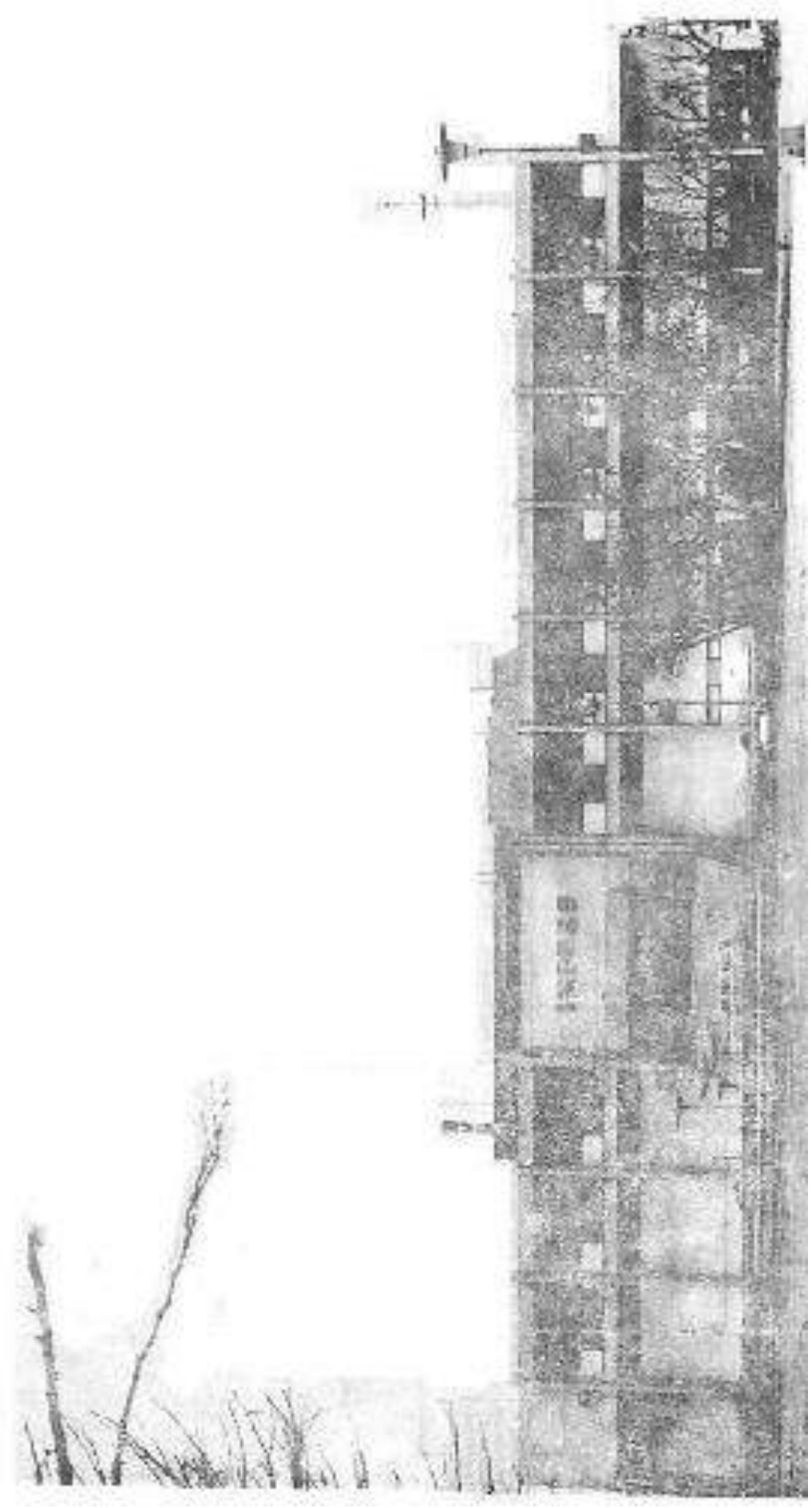


Fig. 35



zas muy provechosas, las cuales se han volcado en recomendaciones efectuadas por las distintas misiones de estudio, las que no han sido aplicadas más que en forma individual por aquellas entidades o personas que han tenido un interés directo en la solución del problema, tales como universidades, grupos de investigadores y profesionales o técnicos.

Ello ha traído como consecuencia, que los daños pro-ducidos por terremotos, debidos principalmente a la deficiente tecnología empleada en la construcción, y a la carencia o defectuosa aplicación de normas sismorresistentes, se repitan sistemáticamente ante la ocurrencia de nuevos sismos intensos en países de reconocido alto nivel de riesgo sísmico.

Se pretende, en el presente trabajo, no insistir con recomendaciones que son ya conocidas, pues las mismas se encuentran perfectamente detalladas en los innumerables informes elaborados por las misiones de reconocimiento de los efectos provocados por los terremotos, sino que, por el contrario, se intenta dar lineamientos básicos tendientes a lograr una efectiva aplicación de las experiencias recogidas.

Teniendo en cuenta que los terremotos destructivos, en todos los casos, después de sucedidos, adquieren importancia nacional, reflejada en las medidas de emergencia adoptadas por los gobiernos, es necesario que dichos gobiernos, en salvaguarda de las vidas de los ciudadanos y de las economías nacionales, otorguen a las medidas preventivas de tales desas-tres, la misma importancia que confieren a las adoptadas para reconstruir las zonas devastadas. Por tal motivo, los gobier-

nos de países ubicados en zonas sísmicamente activas, deben o torgar significativa trascendencia al problema sísmico y a sus soluciones, por su notable implicancia económico-social, incorporando tales soluciones dentro de los objetivos nacionales e instrumentando adecuadas políticas de prevención sísmica ten dientes a la cristalización de los citados objetivos. Para ello debe sancionarse una efectiva legislación que considere el problema en su real magnitud, estableciendo las medidas a a doptar para obtener las soluciones adecuadas, confiriendo en esa forma a la citada política nacional de prevención sísmica igual nivel de importancia que el de las restantes políticas nacionales (Sanidad, Educación, Seguridad, etc.).

Para que tales medidas se concreten en forma eficaz la citada legislación debe contemplar la creación de un organismo o ente estatal, encargado de promover y coordinar los es tudios e investigaciones destinados a evaluar el riesgo sísmico, y prevenir sus efectos mediante el dictado de normas que a seguren la estabilidad de las construcciones, y de velar, mediante el ejercicio del poder público, por la correcta aplicación de las citadas normas.

Dicho organismo debe tener a su cargo la formulación y aplicación de un Plan Nacional de Prevención Sísmica, en el cual se contemplen las medidas anteriormente expuestas.

Como primer medida es necesario implantar un código de edificación, en el caso que no lo hubiere, incorporando al mismo adecuadas normas para construcciones sismorresistentes, las cuales, como punto de partida, pueden seleccionarse de en-

tre aquellas de probada eficacia pertenecientes a países de características sísmicas similares. Pero el objetivo final es llegar a poseer una norma sismorresistente que refleje una serie de particularidades que son propias de cada país, como ser:

- Los distintos niveles de sismicidad del territorio nacional.
- Los tipos de materiales utilizados en la construcción.
- Las características de los suelos de fundación.
- Las técnicas constructivas, etc.

Por lo tanto, el citado organismo estatal, debe contar con un sistema de obtención y evaluación de toda la información inherente a tal fin, lo que implica proyectar, instalar y operar redes nacionales de instrumental de sismología e ingeniería sismorresistente, como así también laboratorios de mecánica de suelos, ensayo de materiales y estructuras.

El desarrollo de las actividades expuestas permitirá, además de la obtención de la norma sismorresistente deseada, una permanente actualización de la misma, al incorporar a ella las conclusiones derivadas del análisis y evaluación de la información suministrada por el sistema descrito.

Pero acá es necesario resaltar que la mejor norma sismorresistente disponible, resultará ineficaz si no se asegura su aplicación obligatoria. Esto hace indispensable contar en el organismo propuesto, con un sector encargado de ejercer el estricto control de la ejecución de los proyectos y construcción de las obras, tanto públicas como privadas, de modo

de asegurar la aplicación efectiva de las normas. Ello implica el concepto de la actuación del Estado como ente rector y responsable de la seguridad de la población.

Deberá contemplarse además, dentro de la estructuración del organismo, un sector destinado a realizar los estudios especiales de sismicidad, riesgo sísmico, respuesta y seguridad estructural, etc., requeridos por los proyectos de grandes obras de ingeniería, tales como centrales nucleares, complejos hidroeléctricos, diques, puentes, etc., que, por su gran magnitud y envergadura, así lo exijan.

El citado organismo deberá cumplir su cometido en estrecho contacto con las Universidades y demás centros de investigación del país, vinculados con el tema, facilitando los datos y apoyo necesarios para posibilitar un mejor cumplimiento de su cometido.

En la figura 34 se presenta un esquema tentativo de organigrama a nivel de Departamento para la estructuración del Organismo Estatal propuesto, que se complementa con el esquema de las actividades a desarrollar por el Departamento de Investigación expuesto en la Figura 35.

No se incluye un detalle de las actividades de los restantes departamentos, por estimarse que las mismas han de desarrollarse en base a las modalidades propias de cada país.

T A B L A I

VICTIMAS DEL TERREMOTO DE GUATEMALA

DEPARTAMENTO	MUERTOS	HERIDOS
Chimaltenango	13.754	32.377
Guatemala	3.350	16.094
El Progreso	2.001	7.662
Sacatepéquez	1.551	8.842
El Quiché	831	5.672
Zacapa	693	1.998
Jutiapa	13	48
Sololá	110	300
Baja Verapáz	152	718
Izabal	73	379
Totonicapán	27	89
Chiquimula	50	378
Jalapa	91	473
Santa Rosa	40	291
Alta Verapáz	18	953
Quezaltenango	14	228
Huehuetenango	40	50
	22.778	76.504

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento por la colaboración prestada para el cumplimiento de su misión: Al Director del Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), Ingeniero Alberto Giesecke M.; al Representante Residente del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en Guatemala, Ingeniero Orlando Olcese y al Consejero Regional en Educación de la UNESCO para Centroamérica, Doctor Sylvain Lourie. Asimismo agradecen al Director del Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) Ingeniero Julio S. Aguirre Ruiz por las sugerencias realizadas durante la redacción del informe.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Aguirre Ruiz, J.S. - "El Terremoto de San Juan, Argentina, del 15 de Enero de 1944 y su Influencia en la Conciencia Sísmica Nacional". Revista Geofísica N° 5, IPGH. Diciembre 1976.
- 2 - Grases, José - "Sismicidad de la Región Asociada a la Cadena Volcánica Centroamericana del Cuaternario".- U.C.V.- O.E.A. - Caracas - 1975.
- 3 - Brown, R.D. et al - "Geologic and Seismologic Aspects of the Managua, Nicaragua, Earthquake of December 23, 1972"- E.S.S. América - Vol. 64, N° 4, August 1974.
- 4 - "Informe de la Misión de Reconocimiento Sismológico del Terremoto del 17-10-1966, Destructor del Perú" - Unesco- París - Mayo de 1967.
- 5 - Zamarbide, José L. - "Descripción y Análisis de los Daños Estructurales Provocados por el Terremoto del Perú del 31 de Mayo de 1970" - San Juan (Argentina), 1971.
- 6 - W.S. Teng and Penzien J. - "Seismic Response of Long Multiple Span Highways Bridges" - E.E. and S. Dynamics - Vol.4° N° 1 - 1975.

Biblioteca y Archivo Nacional
de Sismología y Construcciones Antisísmicas

I N P R E S - Ley 19616

Dirección Postal: INPRES - Roger Balet No. 47 - Norte
5400 - San Juan - República Argentina

