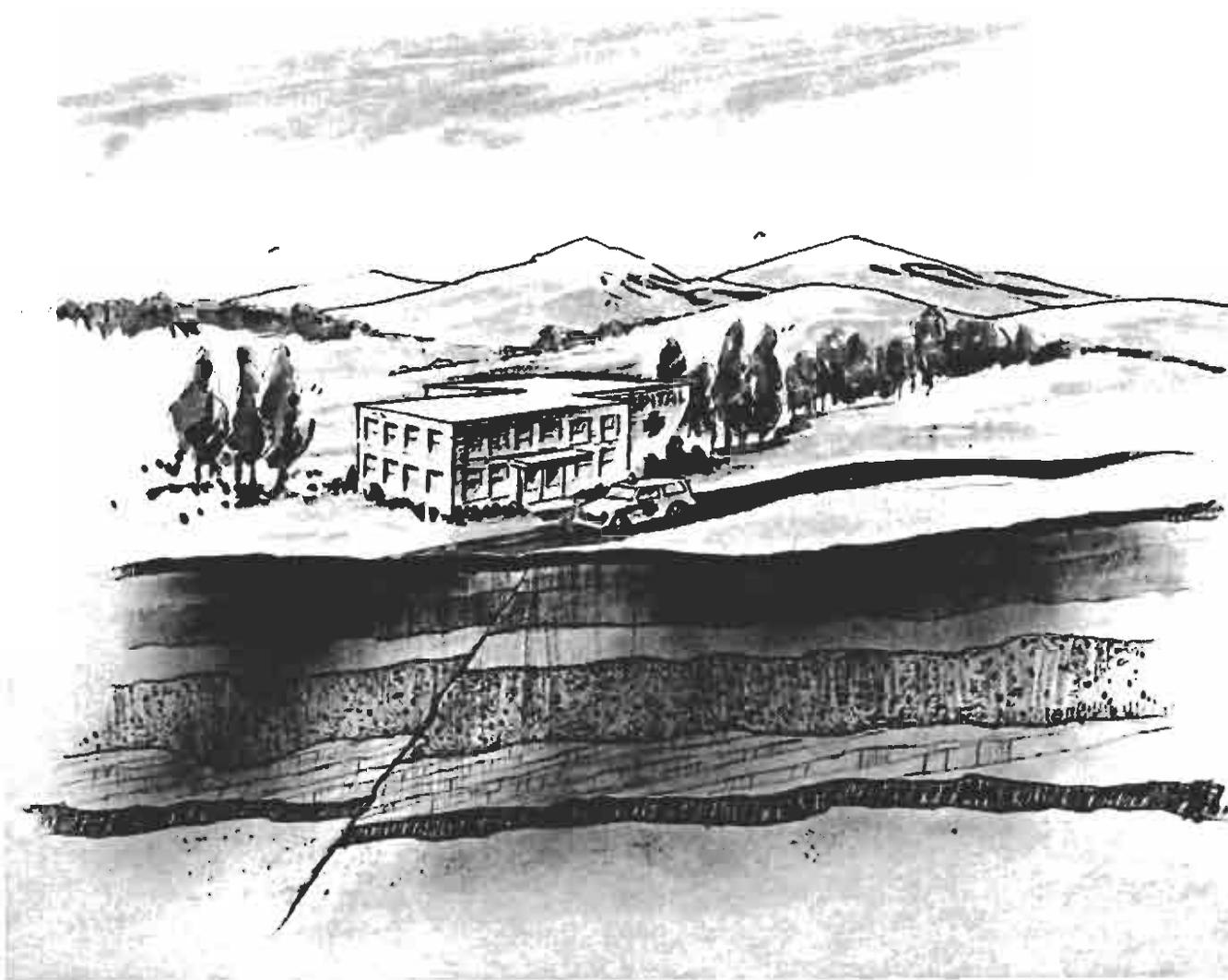


TERREMOTOS Y HOSPITALES



1

**EFFECTOS Y MEDIDAS
DE EMERGENCIA**

Terremotos y Hospitales 1

Efectos y Medidas de Emergencia

**PROGRAMA DE PREPARATIVOS PARA
SITUACIONES DE EMERGENCIA Y COORDINACION DEL SOCORRO
EN CASOS DE DESASTRE**

**Organización Panamericana de la Salud
Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud**

Esta serie de diapositivas fue preparada por el Ing. José Grases, Dr.Sc., profesor en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Central en Caracas, Venezuela.

La elaboración de este material ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA) y la Oficina de Asistencia al Exterior en Casos de Desastre de la Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional (OFDA/AID).

El diseño y la composición electrónica por computadora de este guión estuvo a cargo de la Sra. Jacqueline Barth.

Terremotos y Hospitales 1: Efectos y Medidas de Emergencia

Presentación

En este set se presenta información general sobre los efectos de los terremotos—una de las amenazas de la naturaleza—en términos de pérdidas humanas y materiales.

La experiencia ha demostrado que las instalaciones hospitalarias son vulnerables a las acciones sísmicas. (*Diapositiva 1*) En la tabla se presenta una síntesis de efectos conocidos en una muestra de 12 terremotos americanos sucedidos entre 1969 y 1988.

Tabla 1. Instalaciones Hospitalarias Afectadas por Terremotos (América, 1969-1988)

Identificación y Año	Magnitud	Efectos Generales
Santa Rosa, California, 1969	5,4	Derrame de químicos en el Hospital General originó un fuego que se extendió al área de cirugía; instalación evacuada.
San Fernando, California, 1971	6,6	De 58 instalaciones hospitalarias, nueve sufrieron algún tipo de daño; 6 se derrumbaron (58 muertes) o fueron demolidas. Pérdidas estimadas en US\$ 50.- millones.
Managua, Nicaragua, 1972	5,6	El Hospital General fue severamente dañado, evacuado y posteriormente demolido. El Hospital Militar solo sufrió daños menores.
Guatemala, Guatemala, 1976	7,5	Varios hospitales fueron evacuados.
Cucuta, Colombia, 1981	5,5	Daños menores en 2 instalaciones hospitalarias.
Popayán, Colombia, 1983	5,5	Daños e interrupción de servicios en el Hospital Universitario San José.

Terremotos y Hospitales 1

Morgan Hill, California, 1984	6,2	De tres instalaciones reportadas, daños menores en una de ellas; registros instrumentales del movimiento del terreno.
Mendoza, Argentina, 1985	6,2	Algo más del 10% del total de camas (estatales + privadas = 3.350) se perdieron. De 10 instalaciones afectadas, 2 fueron demolidas y una desalojada.
San Antonio, Chile, 1985	7,8	De un total de 79 instalaciones hospitalarias, 22 fueron afectadas de algún modo y por lo menos 2 colapsaron o fueron demolidas. Se perdieron 3.271 camas que representa el 16,6% de las existentes en la región, parte de las cuales en 8 hospitales evacuados como consecuencia de los daños. Pérdidas estimadas en US\$ 20.- millones.
México, D.F., México, 1985	8,1	Cinco instalaciones médicas se derrumbaron y otras 22 sufrieron daños mayores; por lo menos 11 instalaciones hospitalarias fueron evacuadas. El ISS y SSTE perdió el 20% de su capacidad hospitalaria, el 27% de las camas de hospitalización y el 22% de los consultorios. Las pérdidas se estiman en US\$ 640.- millones.
San Salvador, El Salvador, 1986	5,4	Más de 11 instalaciones hospitalarias afectadas, 10 desalojadas y una pérdida total; algo más de 2.000 camas perdidas. Los daños en el sector salud ascienden a US\$ 97.- millones.

Whittier Narrows, California, 1987	5,9	Veinte de los 116 hospitales de cuidado intensivo en el área, sufrieron algún tipo de daño, uno de los cuales fue demolido; tres de ellos fueron evacuados.
Saguenay, Québec, Canadá, 1988	6,0	Daños no estructurales significativos en dos hospitales de la ciudad de Québec, construidos en áreas de depósitos aluvionales.

Aún cuando no se poseen estadísticas confiables sobre el impacto real de los sismos de la muestra, en términos del porcentaje de la capacidad hospitalaria afectada, la tabla anterior revela que parte de esta última no satisfizo su función como centro de atención en situaciones de emergencia; por el contrario, en numerosos casos agravó la magnitud de la catástrofe.

En el año 1971, el terremoto de San Fernando (L.A., California) afectó diversas instalaciones. La vista aérea del hospital de 850 camas, inaugurado poco antes del terremoto, fue tomada con anterioridad a tal suceso. (*Diapositiva 2*)

Las torres de las escaleras perdieron estabilidad, la planta baja del edificio principal sufrió daños importantes que obligaron a su demolición, la unidad psiquiátrica se derrumbó sobre la primera planta y la ruina del estacionamiento de ambulancias las inutilizó. (*Diapositivas 3 y 4*)

En la muestra de 11 terremotos americanos sucedidos entre 1971 y 1988 se han identificado 99 instalaciones hospitalarias de las cuales 18 se arruinaron o fueron evacuadas inmediatamente después del movimiento sísmico. (*Diapositiva 5*)

Una amenaza natural

Entre las catástrofes naturales, los sismos representan una amenaza que en muchas regiones del planeta requiere cuidadosa atención. En la distribución acumulada de una muestra de 59 catástrofes naturales a nivel mundial, sucedidas entre los años 1960-1983, 24 de ellas corresponden a terremotos destructores. (*Diapositiva 6*)

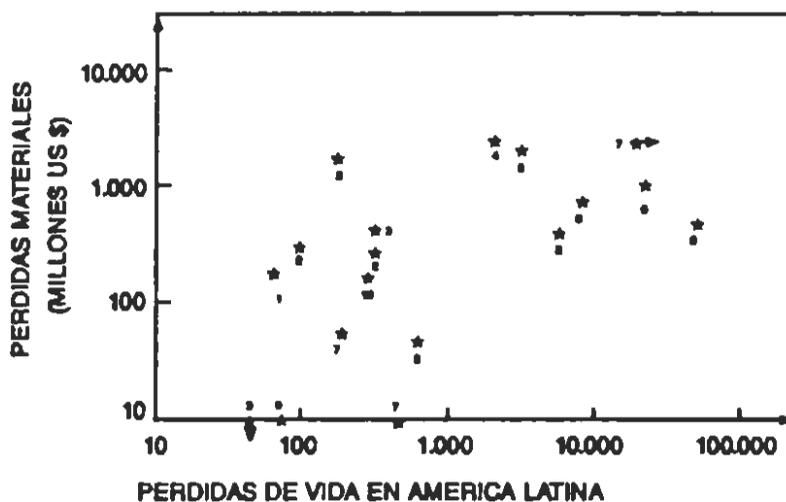
Pérdidas de vidas y pérdidas materiales

Por sus características y la variedad de situaciones posibles, el número total de pérdidas de vidas y las pérdidas materiales, en un determinado sismo, no se encuentran correlacionadas. Se observa una cierta tendencia a que los terremotos que

han afectado áreas en las cuales las medidas de prevención sísmica han sido sistemáticas, el número de víctimas es proporcionalmente menor a pesar de que las pérdidas materiales son elevadas (Figura 1).

Aparte de que las estadísticas disponibles no gozan todas de la misma confiabilidad, las dos variables representadas en el gráfico están influenciadas por diversos factores: magnitud del sismo y cercanía al epicentro, condiciones locales del subsuelo, hora del día, frecuencia de los sismos en la región, ocurrencia de temblores premonitores, etc. (Diapositiva 7)

Figura 1. Pérdidas como consecuencia de terremotos destructores en el lapso (1957 - 1988)



- | | | | |
|--------------|----------------|--------------|---------------|
| 1. Argentina | 4. Ecuador | 7. México | 10. Venezuela |
| 2. Chile | 5. El Salvador | 8. Nicaragua | |
| 3. Colombia | 6. Guatemala | 9. Perú | |

Foco

Los registros sismográficos permiten determinar el sitio donde se inició la rotura y la liberación de energía de un terremoto. Ese punto se denomina *foco* y su proyección sobre la superficie terrestre es el *epicentro*; la rotura se puede extender hasta decenas y, ocasionalmente, centenas de kilómetros del foco. (Diapositiva 8)

Magnitud e Intensidad

La *Magnitud Richter* es una medida de la cantidad de energía liberada por el terremoto y por tanto no depende del lugar de medición. A diferencia de la magnitud, los efectos de un sismo en un determinado sitio son evaluados por medio de escalas de *Intensidad*, las cuales se fundamentan en una apreciación subjetiva de los efectos en el hombre, en las construcciones y en la superficie del terreno. Por ejemplo, en el dibujo de la diapositiva, la intensidad esperada en el punto A es diferente de la intensidad esperada en el punto B. Generalmente la intensidad se expresa en números romanos. Entre las escalas de Intensidad más utilizadas está la de *Mercalli*, que es de 12 grados. (*Diapositiva 9*)

Tabla 2. Escala de Intensidades de Mercalli (versión abreviada)

Grado I:	No sentido; solo es registrado por sismógrafos
Grado II:	Es sentido en pisos superiores de edificios
Grado III:	Es sentido en general dentro de las edificaciones
Grado IV:	El temblor despierta a algunas personas; las ventanas vibran
Grado V:	Agrietamiento ocasional de enlucidos; objetos inestables pueden volcarse
Grado VI:	Daños leves. Muebles pesados pueden moverse
Grado VII:	Puede ocasionar pánico. Daños en edificaciones mal diseñadas o construidas; daños insignificantes en edificaciones bien diseñadas y construidas
Grado VIII:	Ruina de edificaciones deficientemente construidas; daños leves en edificaciones bien diseñadas y construidas. Caída y volcamiento de objetos pesados
Grado IX:	Daños generalizados en edificaciones. Posible agrietamiento del terreno
Grado X:	Terreno agrietado; deslizamientos en diques y márgenes de ríos. Rieles se doblan
Grado XI:	Destrucción generalizada. Hundimientos del terreno y desplazamiento de tuberías
Grado XII:	Daño total

Mapas de epicentros

La instalación progresiva de estaciones de registro sismográfico permite detectar sismos de magnitud en exceso de 4, prácticamente en cualquier lugar del planeta. Los focos se encuentran ubicados en volúmenes de la corteza, aproximadamente delimitados, razón por la cual se pueden establecer zonas de diferente peligro sísmico. (*Diapositiva 10*)

Fenómenos asociados con la ocurrencia de sismos

Una parte importante de la energía liberada por un sismo se propaga por el cuerpo de la tierra como ondas vibratorias; a gran distancia las vibraciones son de pequeña amplitud y sólo son registradas por equipos muy sensibles (sismógrafos). Sismos de foco superficial con magnitudes en exceso de 4,5 a 5 inducen movimientos vibratorios del terreno en las cercanías del epicentro contra los cuales se deben tomar medidas de diseño antisísmico. Estos movimientos pueden sufrir amplificaciones en depósitos aluvionales o antiguos lechos de lagos, tal como ocurrió en el terremoto de México de 1985. (*Diapositiva 11*)

Tabla 3. Rangos de magnitud Richter e intensidades esperadas

Rangos de Magnitud Richter	Efectos Generales e Intensidades Esperadas en Condiciones Normales del Subsuelo
Hasta 4 aproximadamente	Temblor sentido en áreas cercanas al epicentro (Intensidad: IV). A distancias de algunas decenas de kilómetros temblor perceptible (Intensidad: III)
4 - 4,5	Fuerte temblor, poco probable que ocasione daños (Intensidades: IV a V)
4,5 - 5,5	Sismo intenso, aún cuando de corta duración. Focos superficiales (menos de unos 20Km de profundidad), de epicentro cercano, han ocasionado daños en zonas urbanas (Intensidades: V a VII)
5,5 - 6,5	Sismo intenso que puede ocasionar daños importantes hasta distancias de varias decenas de kilómetros alrededor del epicentro (Intensidades: VI a VIII)
6,5 - 7,5	Sismo muy intenso de características catastróficas con duración de decenas de segundos (Intensidades: VII a IX)
más de 7,5	Terremoto catastrófico a distancias de pocas decenas de kilómetros (Intensidades: VIII o más). Marcados efectos de amplificación en depósitos blandos. Licuefacción de arenas saturadas; grandes deslizamientos

Figura 2. Idealización de un foco sísmico y propagación de ondas vibratorias

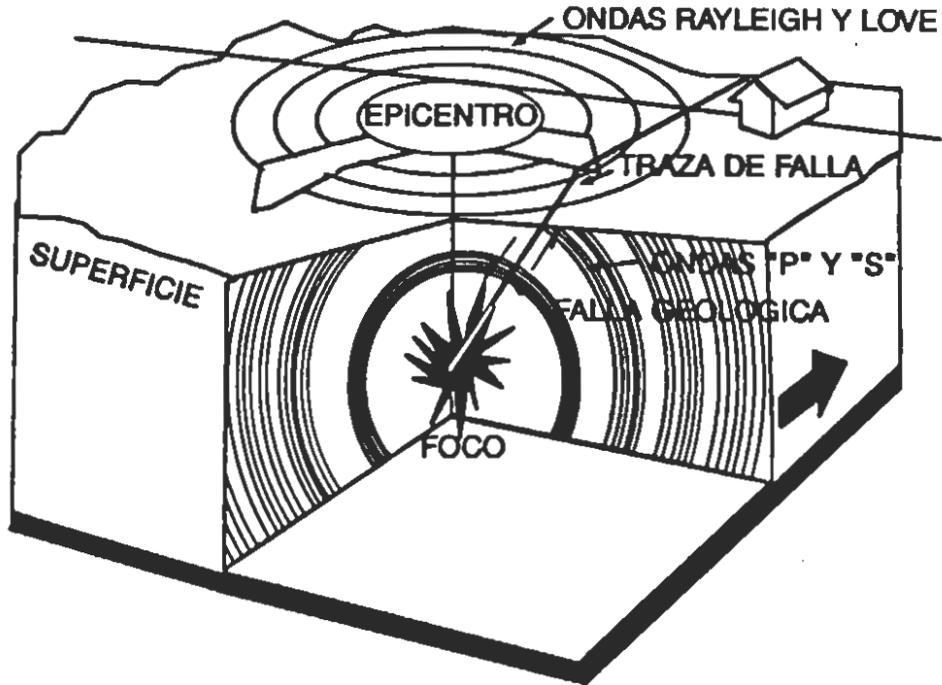
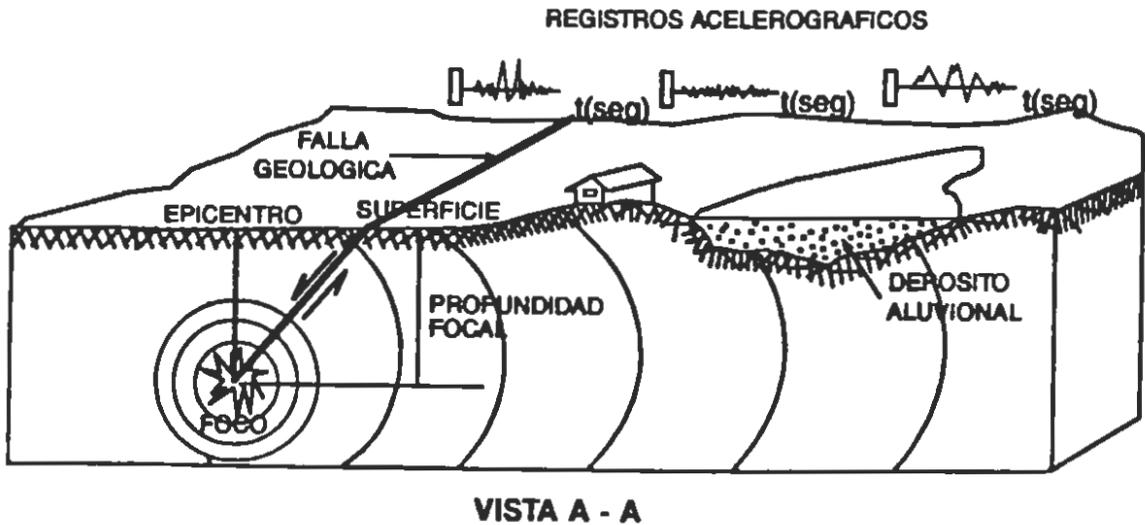


Figura 3. Perspectiva



En sismos superficiales, con magnitudes en exceso de 5,8 a 6,2, se pueden presentar manifestaciones superficiales de movimientos de la falla geológica que dio origen al mismo. En casos aislados se han medido movimientos de varios metros. La traza de la falla cruzó un campo de fútbol en la región central de Guatemala como consecuencia del terremoto del año 1976; el deslizamiento puede apreciarse en la línea de cal a la derecha. (*Diapositiva 12*). La mancha blanca en la mitad inferior izquierda, es arena fina expulsada por efectos del incremento en la presión del agua existente en el subsuelo.

Sismos con magnitudes en exceso de 6,8 a 6,9 aproximadamente, con epicentros submarinos, pueden dar lugar a maremotos o tsunamis; en el área del océano Pacífico se ha establecido un sistema de advertencia para reducir los efectos catastróficos que han ocasionado estas olas gigantes.

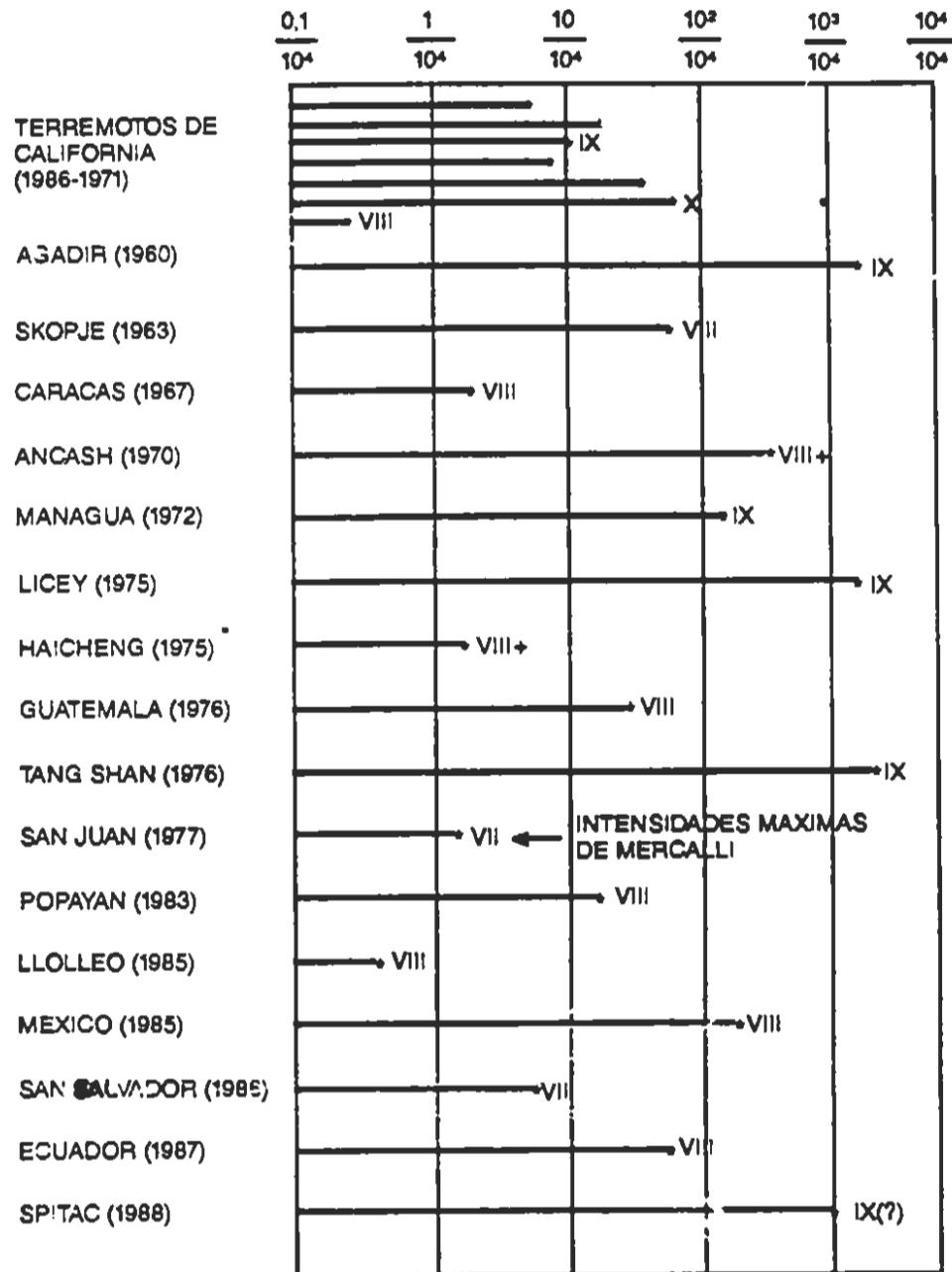
Los fenómenos vibratorios pueden dar lugar a deslizamientos de tierra e inestabilidad de taludes, tal como se ilustra en la *Diapositiva 13*; este fue consecuencia del terremoto de Guatemala de 1976 y tapió la vía férrea que une el mar Caribe con el centro de ese país. Por su duración, sismos con magnitudes en exceso de 5,5 a 6,0 pueden dar lugar a fenómenos de licuefacción en suelos sueltos saturados.

Mortalidad

El número de víctimas es uno de los indicadores a considerar para evaluar la severidad de un sismo, aún cuando el valor absoluto no basta para medirla. Por ejemplo, en el terremoto de Agadir (1960) hubo 12.000 víctimas, que es una cifra considerablemente menor que las cifras de víctimas en terremotos chinos; no obstante en Agadir murió una de cada tres personas y el área urbana quedó severamente afectada.

Por la razón anterior, las estadísticas de víctimas deben expresarse en función de la población del área afectada; esto es, áreas donde la intensidad del sismo alcanzó o excedió el grado VII de Mercalli. Por comodidad la unidad de población utilizada es la de diez mil habitantes (10^4). (*Diapositiva 14*)

Figura 4. Número de víctimas referido a la población dentro de la isosista de Intensidad VII



* Sismo anunciado con 7 horas de antelación.

Morbilidad

Para llevar a cabo estimaciones gruesas del número de heridos, con frecuencia se supone que el número de heridos y de muertes guardan la relación aproximada 3:1. Aún cuando las estadísticas no siempre son totalmente confiables, la cifra anterior se puede considerar representativa, presentando una amplia dispersión. La estadística que se reproduce en la tabla de víctimas en desastres naturales, 1976 - 1986, ha sido ampliada hasta el año 1970 para la representación gráfica. (*Diapositiva 15*) Nótese que para el caso de erupción volcánica, la relación entre heridos/muertes es la menor de todas.

Tabla 4. Estadística de Víctimas en Desastres Naturales, 1976-1986

Año	Incidente	Ubicación	Heridos	Muertes	<u>Heridos</u> <u>Muertes</u>
1976	Terremoto	China	164.851	242.769	0,68/1
1976	Terremoto	Italia	2.400	939	2,56/1
1976	Terremoto	Guatemala	70.000	22.800	3,07/1
1977	Ciclón	India	-	14.204	-
1977	Terremoto	Rumania	11.300	1.570	7,20/1
1978	Terremoto	Iran	-	15.000	-
1978	Inundación	India	-	3.800	-
1979	Rotura de embalse	India	-	1.335	-
1979	Huracán	República Dominicana	4.000	1.400	2,86/1
1980	Terremoto	Argelia	8.369	2.633	3,18/1
1980	Terremoto	Italia	8.842	2.735	3,23/1
1981	Terremoto	Iran	950	1.028	0,92/1

Efectos y Medidas de Emergencia

1981	Terremoto	Colombia	50	50	1/1
1981	Inundación	China	5.000	1.311	3,81/1
1982	Terremoto	Yemen	1.500	1.507	1/1
1983	Terremoto	Turquía	1.137	1.346	0,84/1
1983	Terremoto	Colombia	1.000	350	2,86/1
1984	Inundación	Bangladesh	-	1.200	-
1984	Gas tóxico	India	-	2.233	-
1985	Erupción volcánica	Colombia	5.000	21.800	0,23/1
1985	Terremoto	México	30.204	8.776	3,44/1
1986	Gas letal	Cameroun	-	1.735	-
1986	Terremoto	El Salvador	9.500	1.200	7,92/1

Qué hacer mientras sucede el terremoto

Una de las particularidades de los terremotos es lo inesperado del suceso. Personas entrenadas en las medidas más convenientes a tomar recomiendan como primera providencia mantener la serenidad. No correr por las calles y mucho menos cerca de edificios altos. Los lugares más peligrosos durante los sismos son aquellos sitios cercanos a las paredes exteriores de los edificios. (*Diapositiva 16*) De modo que si Ud. se encuentra en el exterior al comenzar el sismo, diríjase a zonas descubiertas y manténgase a distancia de paredes, postes, cables eléctricos, anuncios. Los vehículos fueron aplastados por trozos de paredes caídas durante un terremoto intenso. (*Diapositiva 17*)

Si al iniciarse el sismo se encuentra Ud. dentro de una edificación, por ejemplo en un hospital, generalmente es mejor no salir al exterior hasta tanto haya terminado el movimiento. Tome precauciones contra los objetos que puedan volcarse o caer y protéjase acurrucándose debajo de una mesa, escritorio o un mueble robusto. (*Diapositiva 18*)

Alternativamente refúgiense bajo el dintel de una puerta. Si se encuentra dentro de un edificio alto, manténgase alejado de las paredes exteriores. No se desespere si las puertas están trabadas.

Si el lugar está atestado de gente, no corra. Busque un lugar seguro, lejos de ventanas y procure esquivar objetos que estén cayendo. En cualquier caso, no corra hacia el exterior; la viga que se ve en el suelo pesaba varios miles de kilogramos y se encontraba en la parte superior de la entrada principal del Hospital Claudio Vicuña (San Antonio, Chile). Cayó durante el sismo del 3 de marzo de 1985. (Diapositivas 19 y 20)

Qué hacer después del terremoto

En caso de estar Ud. en los pisos superiores de un edificio de varios niveles, no permita que se utilicen los ascensores después de un sismo intenso. Estos deben ser revisados antes de autorizar nuevamente su servicio, ya que las guías pueden haber sido afectadas o los cables de los contrapesos enredados. Utilice las escaleras. (Diapositiva 21)

De una manera general, los sismos vienen acompañados de réplicas. Su número y energía decrecen exponencialmente en la medida que transcurre más tiempo desde el evento principal, aún cuando se han presentado irregularidades en esta secuencia general. Después de un sismo fuerte que haya ocasionado daños, *es conveniente mantenerse informado vía Radio o TV sobre la conducta que se debe seguir.* (Diapositiva 22)

Si la edificación presenta daños visibles conviene evaluar si su seguridad ante nuevas sacudidas se encuentra comprometida. El *Plan Mínimo de Emergencias* de cualquier hospital debe contemplar un procedimiento expedito que facilite la inspección de dicha edificación. (Diapositiva 23)

Daños aparatosos o incluso colapso parcial, pueden no tener mayor importancia desde el punto de vista de la seguridad estructural y viceversa. Pero el diagnóstico debe ser el resultado de una inspección hecha por personal conocedor del problema. La persona más indicada sería el mismo proyectista. (Diapositiva 24)

Además de constatar la seguridad de la edificación, es necesario evaluar rápidamente la operatividad de las instalaciones, *diferenciando las auxiliares de las críticas.* Entre estas últimas se encuentran:

- i: inspeccionar riesgos internos tales como: derrames de líquidos tóxicos o radioactivos, escapes de gas, daños a instalaciones esenciales.
- ii: fuentes de energía (principales y alternas)
- iii: suministro de agua
- iv: comunicaciones

La seguridad de esta edificación de varios pisos no se consideró amenazada como consecuencia del daño visible en el pilar, después de un sismo intenso en la ciudad de San Salvador en el año de 1986. (Diapositiva 25)

Decisión de evacuar

En caso de que la instalación sea declarada insegura o los efectos sean tan aparatosos que inmediatamente después la instalación luzca inoperante, es recomendable proceder a la evacuación. Esta escuela fue evacuada inmediatamente después del sismo que causó los daños (obsérvense los extremos superiores de las columnas de apoyo). ¿Qué hacer si la edificación muestra agrietamientos después del temblor, trozos de paredes caídas, y a los 5 o 10 minutos se siente una nueva sacudida o réplica? ¿Quién, y en base a qué, toma la decisión de evacuar? (Diapositiva 26)

Una alternativa es tener un contrato abierto con una firma de ingeniería especializada de la localidad que pueda emitir opinión en un plazo muy breve. Paralelamente lograr que se dé prioridad a las instalaciones hospitalarias en las tareas de inspección de los organismos de Defensa Civil.

Es recomendable entrenar, aún cuando sólo en forma general, a personal del hospital; por ejemplo preparar listas—hechas por profesionales especializados—con indicación de signos o señales que deben ser considerados como advertencias de una necesaria evacuación.

En todo caso el personal hospitalario debe estar familiarizado con las rutas de escape, las cuales deben aparecer en el *Plan Mínimo de Emergencia*.

Se pueden tomar medidas para reducir el peligro sísmico.

La seguridad de esta edificación de varios pisos no se consideró amenazada como consecuencia del daño visible en el pilar, después de un sismo intenso en la ciudad de San Salvador en el año de 1986. (Diapositiva 25)

Decisión de evacuar

En caso de que la instalación sea declarada insegura o los efectos sean tan aparatosos que inmediatamente después la instalación luzca inoperante, es recomendable proceder a la evacuación. Esta escuela fue evacuada inmediatamente después del sismo que causó los daños (obsérvense los extremos superiores de las columnas de apoyo). ¿Qué hacer si la edificación muestra agrietamientos después del temblor, trozos de paredes caídas, y a los 5 o 10 minutos se siente una nueva sacudida o réplica? ¿Quién, y en base a qué, toma la decisión de evacuar? (Diapositiva 26)

Una alternativa es tener un contrato abierto con una firma de ingeniería especializada de la localidad que pueda emitir opinión en un plazo muy breve. Paralelamente lograr que se dé prioridad a las instalaciones hospitalarias en las tareas de inspección de los organismos de Defensa Civil.

Es recomendable entrenar, aún cuando sólo en forma general, a personal del hospital; por ejemplo preparar listas—hechas por profesionales especializados—con indicación de signos o señales que deben ser considerados como advertencias de una necesaria evacuación.

En todo caso el personal hospitalario debe estar familiarizado con las rutas de escape, las cuales deben aparecer en el *Plan Mínimo de Emergencia*.

Se pueden tomar medidas para reducir el peligro sísmico.

GUIÓN



**Organización Panamericana de la Salud
Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud
525 Twenty-Third Street, N.W.
Washington, D.C. 20037
EUA**