

Efectos de los Terremotos

Factores que controlan la tasa de mortalidad y de daños asociados a un terremoto

- tamaño o magnitud del terremoto
- distancia al terremoto
- profundidad del terremoto
- tipo de terremoto
- ubicación del terremoto
- geología local (p.e. cuencas sedimentarias, zonas propensas a liquefacción)
- códigos sísmo-resistentes locales
- densidad poblacional
- hora del día, controla el número de muertes (p.e., en horas de la noche en zonas con baja calidad de construcción, horas pico, horas de colegio)

Tsunami (un ejemplo de riesgos relacionados con terremotos)

- del japonés *tsu* = puerto y *nami* = ola
- el nombre puede deberse a que las olas no son perceptibles en el mar abierto, solo cuando se acercan a la costa (o puerto)
- potencialmente uno de los asesinos más importantes durante un terremoto
- generado inicialmente por desplazamiento de agua (incompresible)
- provocado por cualquier tipo de movimiento VERTICAL de la columna de agua en el océano; por ejemplo un terremoto, colapso de volcanes o deslizamientos de tierra
- a veces mal-llamadas olas de mareas (tidal-wave), no tiene nada que ver con las mareas
- olas en el océano a veces son llamadas olas gravitacionales, ya que su velocidad de propagación está controlada principalmente por las fuerzas gravitacionales

- tsunamis son olas de aguas someras, la longitud de onda l es tan grande (200 km) que pueden *sentir* el suelo del fondo marino. La velocidad v depende solo de la profundidad del agua D y del valor de la aceleración de la gravedad ($9.81m/s^2$)

$$v = \sqrt{D \times g}$$

- en el oceano abierto, el tsunami es extremadamente rápido; por ejemplo en aguas profundas de 4500m, el tsunami viaja a 210 m/s (750 km/h)
- debido a las bajas perdidas por disipación, el tsunami puede atravesar grandes oceanos
- en el oceano abierto son difíciles de detectar por
 1. la amplitud del tsunami es de apenas unos cuantos a decenas de cm
 2. la longitud de onda es tan grande que un barco no notaría el paso del tsunami
- una vez llega el tsunami a la costa, comienza el *levantamiento* o acumulación del tsunami (las partes de atras de la ola que viajan mas rápido que las que ya llegan a aguas profundas y se empiezan a acumular)
- un gran tsunami puede ser de 10 m de alto o mas aún después de cruzar un oceano (p.e., Tsunami de Chile, 1960 llega a Hawaii)
- debido a su longitud de onda, el tiempo entre dos crestas es aproximadamente 15 minutos ($time = l/v$) en el oceano abierto, en las aguas someras puede ser mayor el tiempo
- dependiendo de la geometría de la playa, un *aviso* de un tsunami es generalmente que el agua de la playa se retira. una persona que este consciente de las mareas en esa zona, notaría que algo inusual esta sucediendo.
- de manera trágica esta es una de las historias en el terremoto de Sumatra, Diciembre 26, 2006, la gente se quedo viendo a los peces que el agua había dejado sobre la arena en vez de tratar de subir a terrenos más altos
- un tsunami puede tardar 6.5 horas de Alaska a Hawaii y aprox 13 horas de Chile a Hawaii. Cerca de 5 horas de Hawaii a California

Liquefacción (un ejemplo de un riesgo relacionado con el sitio)

el movimiento del terreno asociado a terremotos puede generar que cierto tipos de suelo se comporten temporalmente como un líquido

- sedimentos no consolidados

- arcillas
- el terreno puede parecer sólido bajo condiciones normales
- las estructuras construídas en estos terrenos pierde el soporte
- realce significativo de los efectos de terremotos aún siendo pequeños
- ejemplos: Terremoto de Alaska *Good Friday*, 1964; Loma Prieta, CA 1989, Kobe, Japón, 1995
- areas potenciales en la Sabana de Bogotá

Terremotos y otros desastres

Los terremotos pueden provocar o causar otros desastres

- deslizamientos de tierra; por ejemplo los terremotos pueden provocar un deslizamiento a lo largo de faldas de colinas inestables
- inundaciones: ej. cuando un terremoto afecta un represa o conductos de agua
- incendios: cuando líneas de gas se rompen; ej. San Francisco, 1906, Loma Prieta, 1989
- volcanes: los terremotos pueden ser provocadores de una erupción imminente; ej. Mt. Santa Helena, 1980
- enfermedades: cuando el acceso a agua potable es afectado
- polución: ej. cuando elementos químicos, biológicos o nucleares provenientes de estructuras humanas entran en el medio ambiente

Terremotos en la zona Wadati-Benioff

- terremotos en zonas de subducción
- hay tres rangos de profundidades de los terrmotos: someros ($< 100\text{km}$), intermedios ($100 - 300\text{km}$), profundos ($> 300\text{km}$)
- terremotos someros a lo largo de fosas oceánicas
- detrás de las fosas, terremotos intermedios y profundos se presentan en una banda que se profundiza (Zona de Wadati-Benioff), marcando la placa subducida
- la mayoría de terremotos cerca de la parte superior de la placa subducida
- terremotos profundos ocurren hasta un máximo de profundidadde 670 km

- los terremotos someros, intermedios y profundos se deben a fracturas frágiles hasta una profundidad de 500 km
- las rocas más profundas ya no son frágiles, los terremotos dejan de ocurrir
- terremotos muy profundos, cerca de 670 km, se deben a transformaciones de fase (química) de las rocas

Geometría de falla y la magnitud de un terremoto

- la magnitud de un terremoto depende de la geometría de la falla
- la magnitud es proporcional al área del plano de falla y a la cantidad de desplazamiento
- los terremotos grandes duran más (ej. un terremoto pequeño puede durar menos de un segundo, mientras que el terremoto de Sumatra 2004 (M9.2) sacudió la tierra por 10 min.)
- los terremotos grandes en general tienen desplazamientos horizontales mayores
- los terremotos grandes también tienen longitud de ruptura mayor (la distancia a lo largo de la falla sobre la cual hubo desplazamiento)
- entre más larga sea una falla más grande es el potencial de que ocurra un terremoto grande sobre ésta
- las fallas cortas tienen por lo tanto menor probabilidad de producir grandes terremotos

Algunos números

Algunas referencias

"A Crack in the Edge of the World", by Simon Winchester; Harper Collins, 2005 ISBN:0-06057199-3 (hardcover); 2006 ISBN: 0-06057200-0 (paperback); describes the 1906 San Francisco earthquake

Tabla adaptada y ajustada a partir de "Natural Hazards and Disasters" by D. Hyndman and D. Hyndman; Thompson Brooks/Cole, 2006 ISBN: 0-534-99760-0

Mag Richter	Int Mercalli	Dur (s)	Desp. (m)	Long rupt sup (km)
4	IV - V	0 - 2		0.1
5	VI - VII	2 - 5	0.01	1
6	VIII - IX	10 - 15	0.5 - 1.5	10
7	X - XI	20 - 50	2	50 - 100
8	XII	> 50 - 150	5	200 - 400
9	>XII	>200	20	1000

Table 1: Diferentes valores sobre magnitud e intensidad de los terremotos. Algunos de estos números se encuentran en el libro (capítulo 4). La intensidad de Mercalli es en la zona del epicentro, la duración es de la sacudida, el desplazamiento es en la falla y la longitud de ruptura es en la parte superficial (cuando se da el caso)