

Tarea 1

Descripción del Movimiento Sísmico

PREGUNTA 1

La bahía de San Francisco, en Estados Unidos, se sitúa en la zona de contacto entre las placas Norteamericana y del Pacífico, que se mueven horizontalmente una con respecto a la otra generando fallas tipo strike slip (de desgarre o transformantes). La Figura 1 muestra un mapa con las fallas identificadas en la zona y la probabilidad que tienen de originar un terremoto de magnitud mayor o igual a 6.7 entre los años 2007 y 2036. La Tabla 4-1 de Kramer (1996) muestra relaciones estadísticas entre magnitud y distintos parámetros de ruptura.

- Determine la magnitud máxima promedio que es capaz de tener un terremoto generado en cada una de las distintas fallas. Para las magnitudes obtenidas, calcule además el máximo desplazamiento en superficie correspondiente.
- Suponiendo que todas las fallas tienen una profundidad de 20 km, estime el área de ruptura para los terremotos de la parte a. A partir del área de ruptura calcule nuevamente la magnitud de estos terremotos y los desplazamientos máximos. Compare con los resultados de la parte a. ¿Qué método recomendaría para estimar los desplazamientos? Comente.
- Para los valores del área de ruptura y desplazamiento calculados en la parte b, calcule el momento sísmico suponiendo que el desplazamiento promedio es $\frac{2}{3}$ del desplazamiento máximo. A partir del momento sísmico estime la magnitud de momento. ¿Cómo se compara con la magnitud obtenida en la parte b? Comente.

Tabla 1: Longitud aproximada de las fallas en la bahía de San Francisco

Falla	Longitud [km]
San Andreas	473
Hayward	151
Calaveras	123
Concord/GV	56
San Gregorio	176
Greenville	51
Mt Diablo	25

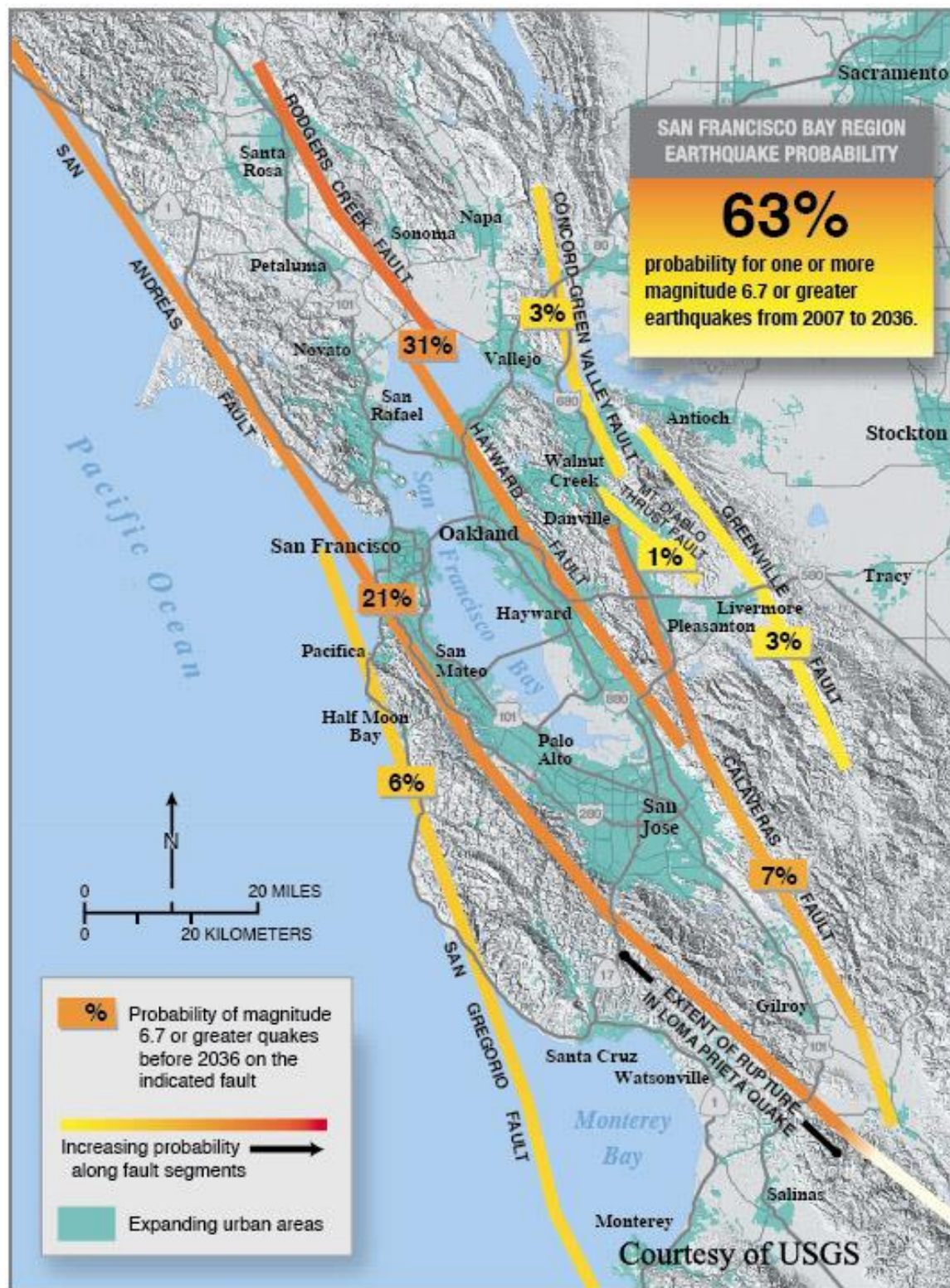


Figura 1: Mapa de fallas en el área de la bahía de San Francisco, California, EE.UU (USGS)

Table 4-1 Empirical Relationships between Moment Magnitude, M_w , Surface Rupture Length, L (km), Rupture Area, A (km²), and Maximum Surface Displacement, D (m)

Fault Movement	Number of Events	Relationship	σ_{M_w}	Relationship	$\sigma_{\log L, A, D}$
Strike slip	43	$M_w = 5.16 + 1.12 \log L$	0.28	$\log L = 0.74M_w - 3.55$	0.23
Reverse	19	$M_w = 5.00 + 1.22 \log L$	0.28	$\log L = 0.63M_w - 2.86$	0.20
Normal	15	$M_w = 4.86 + 1.32 \log L$	0.34	$\log L = 0.50M_w - 2.01$	0.21
All	77	$M_w = 5.08 + 1.16 \log L$	0.28	$\log L = 0.69M_w - 3.22$	0.22
Strike Slip	83	$M_w = 3.98 + 1.02 \log A$	0.23	$\log A = 0.90M_w - 3.42$	0.22
Reverse	43	$M_w = 4.33 + 0.90 \log A$	0.25	$\log A = 0.98M_w - 3.99$	0.26
Normal	22	$M_w = 3.93 + 1.02 \log A$	0.25	$\log A = 0.82M_w - 2.87$	0.22
All	148	$M_w = 4.07 + 0.98 \log A$	0.24	$\log A = 0.91M_w - 3.49$	0.24
Strike slip	43	$M_w = 6.81 + 0.78 \log D$	0.29	$\log D = 1.03M_w - 7.03$	0.34
Reverse ^a	21	$M_w = 6.52 + 0.44 \log D$	0.52	$\log D = 0.29M_w - 1.84$	0.42
Normal	16	$M_w = 6.61 + 0.71 \log D$	0.34	$\log D = 0.89M_w - 5.90$	0.38
All	80	$M_w = 6.69 + 0.74 \log D$	0.40	$\log D = 0.82M_w - 5.46$	0.42

PREGUNTA 2

El objetivo de esta pregunta es que usted genere una serie de rutinas en MATLAB para obtener información a partir de un registro sísmico. En la página del curso usted encontrará 6 registros de aceleraciones, 4 correspondientes al terremoto del Maule de 2010, 1 al de Tarapacá 2005, y 1 correspondiente al terremoto de Northridge de 1994 en Los Angeles, CA, EE.UU. Para cada uno de los registros se pide:

- Graficar aceleración vs tiempo
- Calcular PGA
- Calcular la 3ª, 5ª, 7ª y 9ª aceleración máxima sostenida
- Calcular la duración de movimiento fuerte utilizando la duración acotada del registro con un umbral de aceleraciones de $0.05g$
- Calcular la duración de movimiento fuerte utilizando el método del 5% - 95% de la intensidad de Arias, I_A , del registro.

$$I_A(t) = \frac{\pi}{2g} \int_0^t \ddot{u}_g^2(\tau) d\tau$$

Presentar sus resultados en una tabla como la siguiente:

Registro	PGA	3ª AMS	5ª AMS	7ª AMS	9ª AMS	t_h	t_{90}

PREGUNTA 3

Para los registros de Concepción y Tarzana se pide calcular su transformada discreta de Fourier (DFT) y graficar su módulo al cuadrado contra la frecuencia s (solo graficar frecuencias positivas). En otra figura, grafique el módulo al cuadrado de la DFT contra el periodo $T = 1/s$ (de nuevo, grafique solo los valores positivos de T). Con esta información, determine el rango de periodos de los edificios que se vieron más solicitados en estos terremotos. Compare y comente.

PREGUNTA 4

Es común utilizar acelerómetros para medir el movimiento sísmico y luego integrar las aceleraciones para obtener los registros de velocidad y aceleración. Este proceso no es trivial. Usualmente los registros primero se procesan usando filtros para eliminar ruido y frecuencias no deseadas, y luego se utilizan técnicas de corrección para hacer que los registros queden centrados (esto se llama corrección de línea base). En aula encontrará un conjunto de archivos con registros del sismo magnitud 7.1 de Ridgecrest de 2019, registrados en la estación Christmas Canyon China Lake (CICCC). El archivo *CICCC_raw.txt* contiene el registro sísmico “en crudo”, es decir, tal cual fue registrado por el acelerómetro. El archivo *CICCC_acc_procesado.txt* contiene el registro procesado (es decir, filtrado y con corrección de línea base).

- Grafique ambos registros (en gráficos diferentes), de modo de observar aceleración versus tiempo. ¿Se observan diferencias entre el registro crudo y el procesado?
- ¿Qué pasa en el dominio de la frecuencia? ¿Se observan diferencias?

4.3 Ahora, integre dos veces el registro crudo de aceleraciones para obtener el registro de desplazamientos. Para integrar use los dos métodos que se describen a continuación:

4.3.1 Calcule el desplazamiento integrando numéricamente el registro aproximando el área bajo la curva mediante trapecios (utilice la función `cumtrapz` de MATLAB).

4.3.2 Esta vez utilizaremos la propiedad diferenciadora de la transformada de Fourier. Esta propiedad dice: sea $f(t)$ una función cuya transformada de Fourier es $\mathcal{F}\{f(t)\} = F(\omega)$, donde ω representa la frecuencia **angular**. Entonces la transformada de Fourier de la derivada de f es $\mathcal{F}\left\{\frac{df}{dt}\right\} = i\omega F(\omega)$.

Esto quiere decir que la transformada de Fourier de la aceleración se relaciona con la transformada de Fourier del desplazamiento como:

$$\mathcal{F}\{\ddot{u}(t)\} = -\omega^2 \mathcal{F}\{u(t)\}$$

Por lo que podemos obtener el desplazamiento como:

$$u(t) = \mathcal{F}^{-1}\left\{-\frac{\mathcal{F}\{\ddot{u}(t)\}}{\omega^2}\right\}$$

Grafique su resultado, esto es desplazamiento vs tiempo, para 4.3.1 y 4.3.2 en gráficos separados.

Finalmente, el archivo `CICCC_disp_procesado.txt` contiene los desplazamientos integrados y procesados, entregados por el Centro de Datos de Movimiento Fuerte para Ingeniería (CESMD – www.strongmotioncenter.org). ¿Cómo se compara este registro con los que obtuvo usted en 4.3.1 y 4.3.2?

Comente sobre sus resultados. ¿Están bien?