TAREA N°2 DE INGENIERÍA SÍSMICA
CIV-338

EFECTOS LOCALES Y CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA

UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO
DE OBRAS CIVILES

Integrantes:
Alexis Contreras R.
Cristóbal Adasme B.
(Grupo A)

Profesor:
Cristian Cruz D.

Contenido

1. Pregunta 1

En esta pregunta se utilizarán las ecuaciones predictoras del movimiento sísmico (GMPE) de Youngs et al. (1997) para zonas de subducción. Las ecuaciones propuestas por Youngs et al. son las siguientes:

Para sitios en roca:

$$ln(y) = 0.2418 + 1.414M_w + C_1 + C_2(10 - M_w)^3 + C_3 ln(r + 1.7818e^{0.554M_w}) + 0.00607H + 0.3846Z_T$$

$$\sigma_{lnY} = C_4 + C_5 M_w$$

Para sitios en suelo:

$$ln(y) = -0.6687 + 1.438M_w + C_1 + C_2(10 - M_w)^3 + C_3 ln(r + 1.097e^{0.617M_w}) + 0.00648H + 0.3643Z_T$$

$$\sigma_{lnY} = C_4 + C_5 M_w$$

En la tabla 7.4 de Villaverde (2009) se puede encontrar información de cada parámetro, además de los valores para los coeficientes C_i.

1.1 Parte (1)

Se solicita graficar el PGA promedio esperado para un terremoto tipo interplaca ('*interface earthquake*') vs la distancia *r* considerando una distancia focal de 37 km (*H)*, magnitudes de 7.0, 8.0 y 8.8 y utilizando valores de *r* desde 10 a 500 km, con incrementos de 1.0 km, tanto para roca como para suelo.

Dado que es un sismo interplaca se tiene que $Z_t = 0$. De la tabla 7.4 de Villaverde (2009) se obtienen los coeficientes tanto para roca como para suelo, para un periodo T_n igual a cero, los cuales se presentan de forma tabulada a continuación:

Tabla 1: Coeficientes para un Tn = 0[s] para sitios en roca y suelo

Coef. $T_n = 0$ [s]	Sitios en roca	Sitios en suelo
C1	0	0
C2	0	0
C3	-2.552	-2.329
C4	1.45	1.45
C5	-0.1	-0.1

De esta forma, se obtienen los siguientes gráficos de PGA vs distancia r:

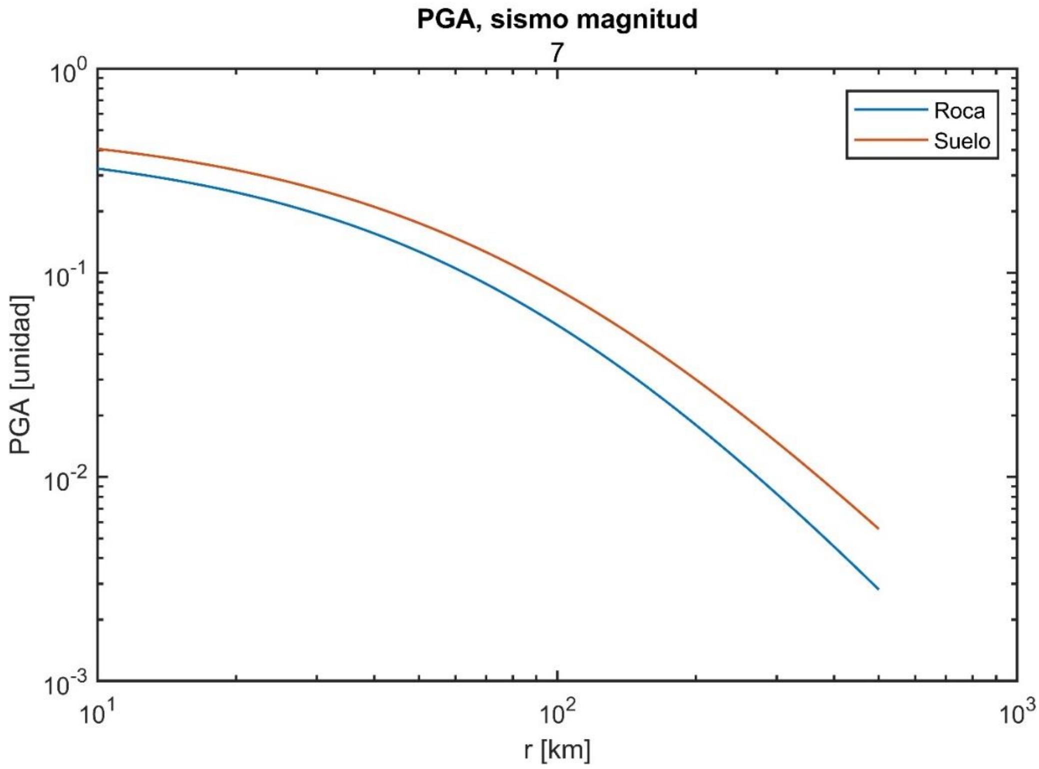


Figura 1: PGA vs distancia r, para Tn = 0[s] y Mw = 7

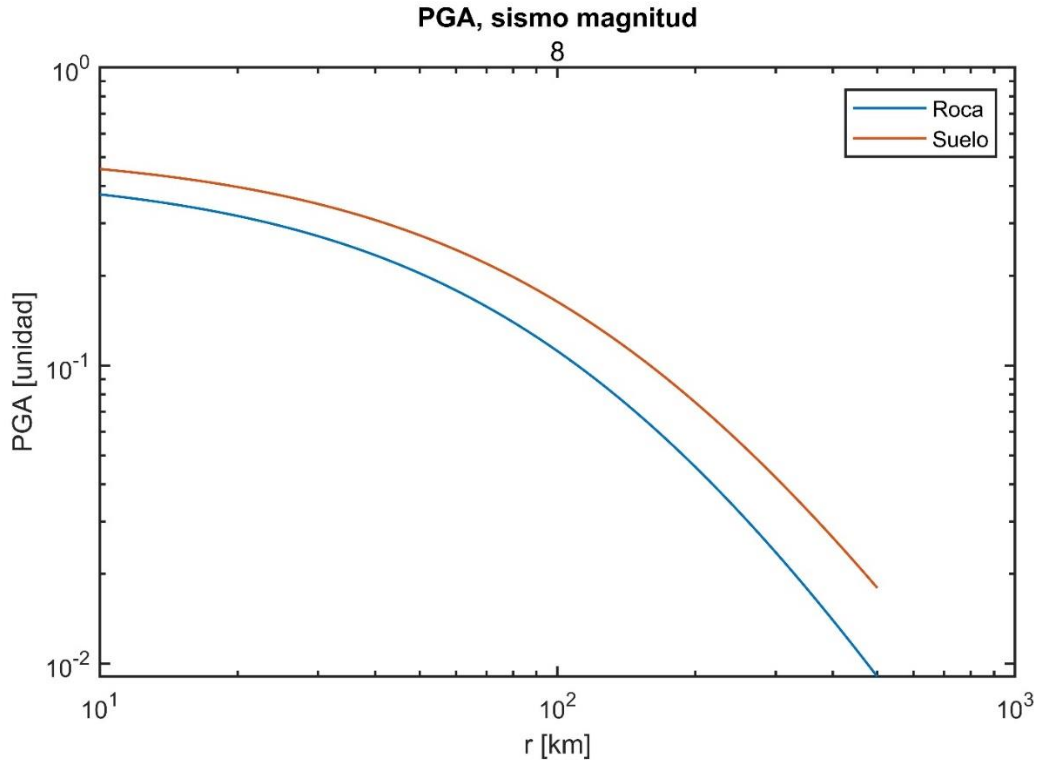


Figura 2: PGA vs distancia r, para Tn = 0[s] y Mw = 8.

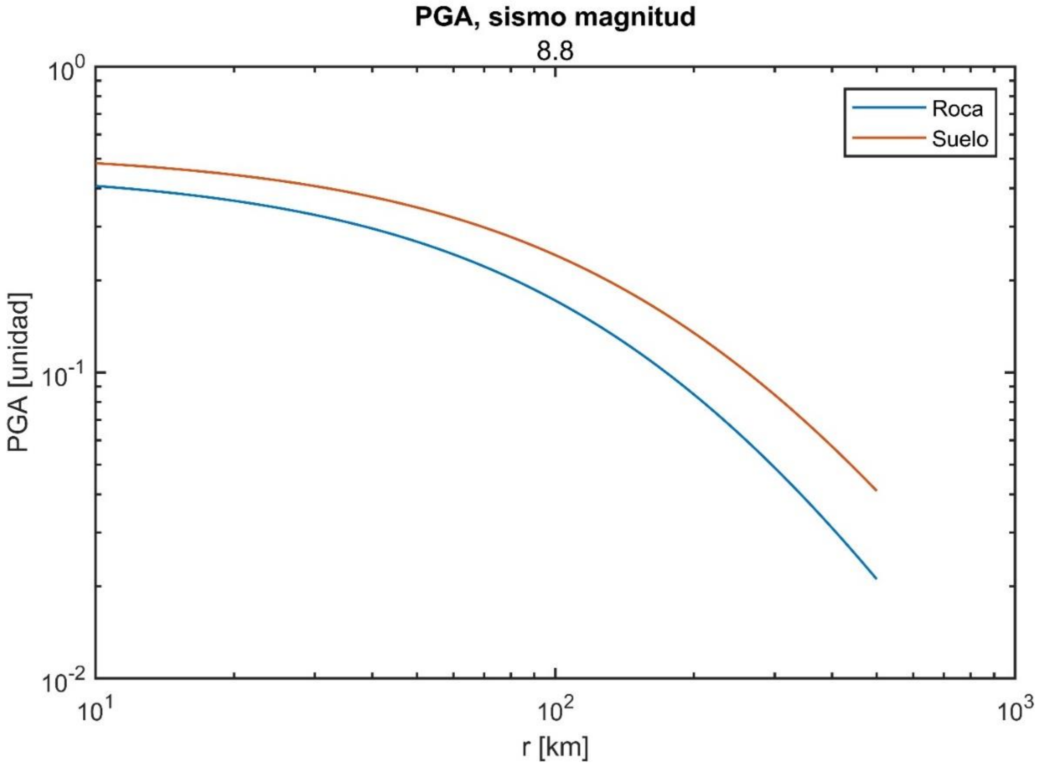


Figura 3: PGA vs distancia r, para Tn = 0 [s] y Mw = 8.8.

1.2 Parte (2)

Para este caso, se solicita lo mismo que la parte (1) pero para un periodo $T_n = 2[s]$ y un coeficiente de amortiguamiento de $\xi = 5\%$, con igual $Z_t = 0$. Nuevamente se determinan los coeficientes de la tabla 7.4 de Villaverde (2009), a continuación, se presentan de forma tabulada los coeficientes para roca y suelo:

Tabla 2: Coeficientes para un Tn = 2[s] para sitios en roca y suelo.

Coef. Tn=2 [s]	Sitios en roca	Sitios en suelo
C1	-4.511	-7.618
C2	-0.0089	-0.0235
C3	-2.033	-1.272
C4	1.65	1.65
C5	-0.1	-0.1

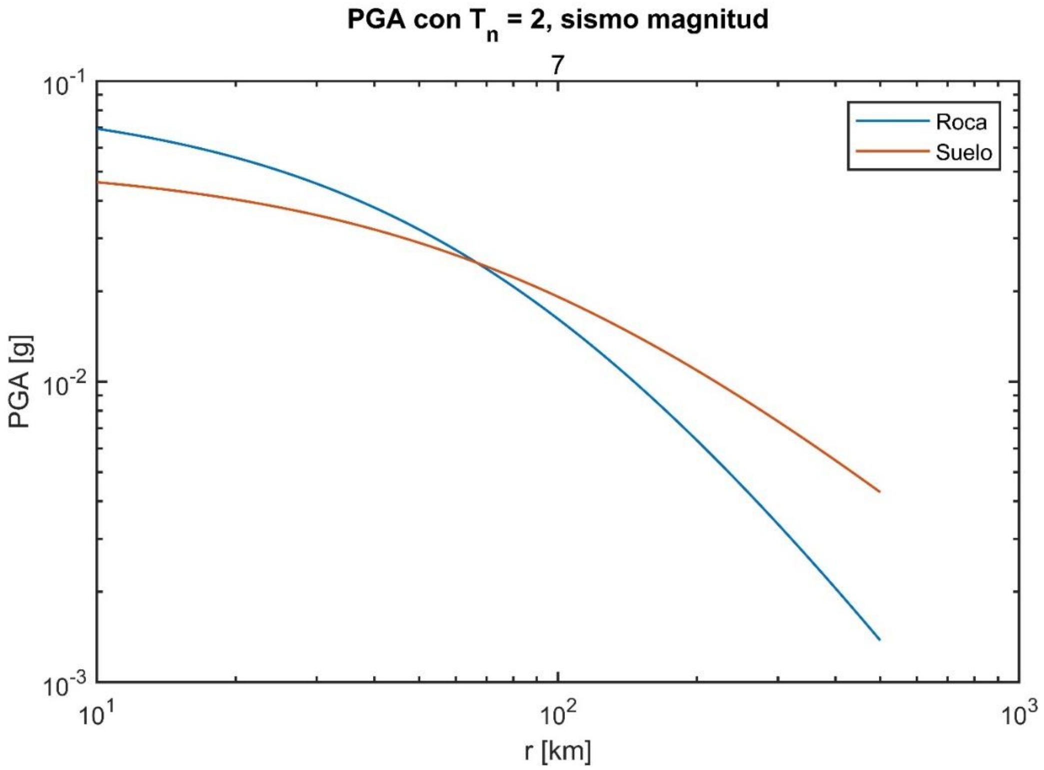


Figura 4: Aceleración espectral promedio vs distancia r, para Tn = 2[s] y Mw = 7.

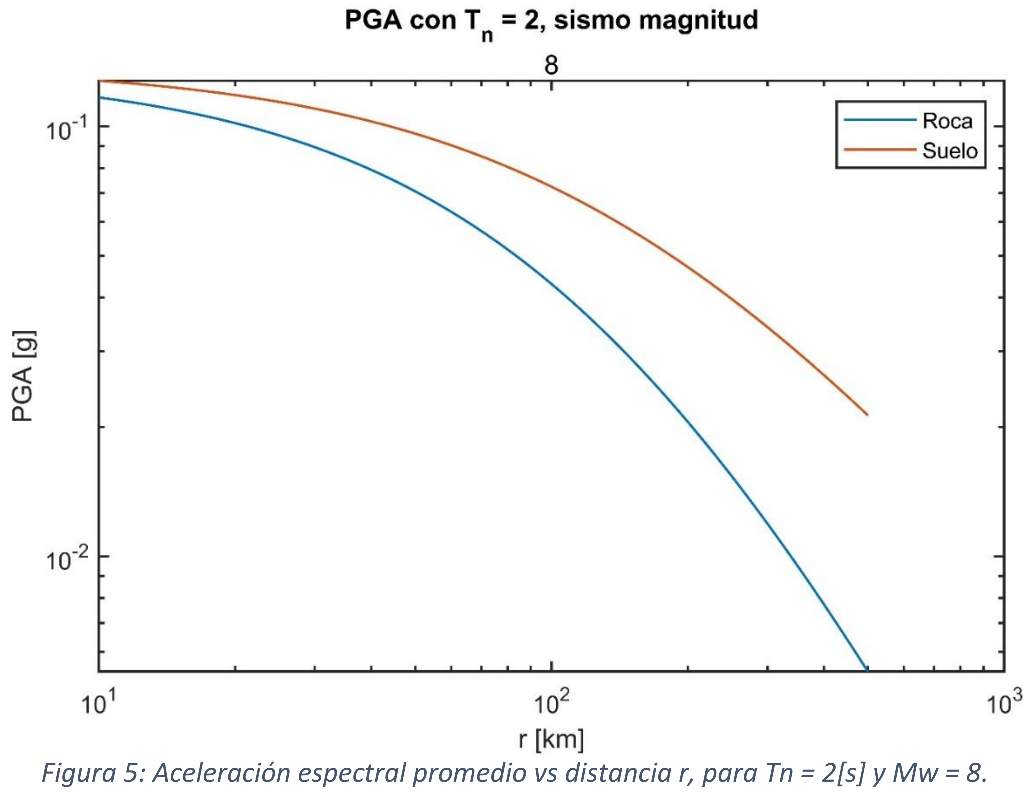


Figura 5: Aceleración espectral promedio vs distancia r, para Tn = 2[s] y Mw = 8.

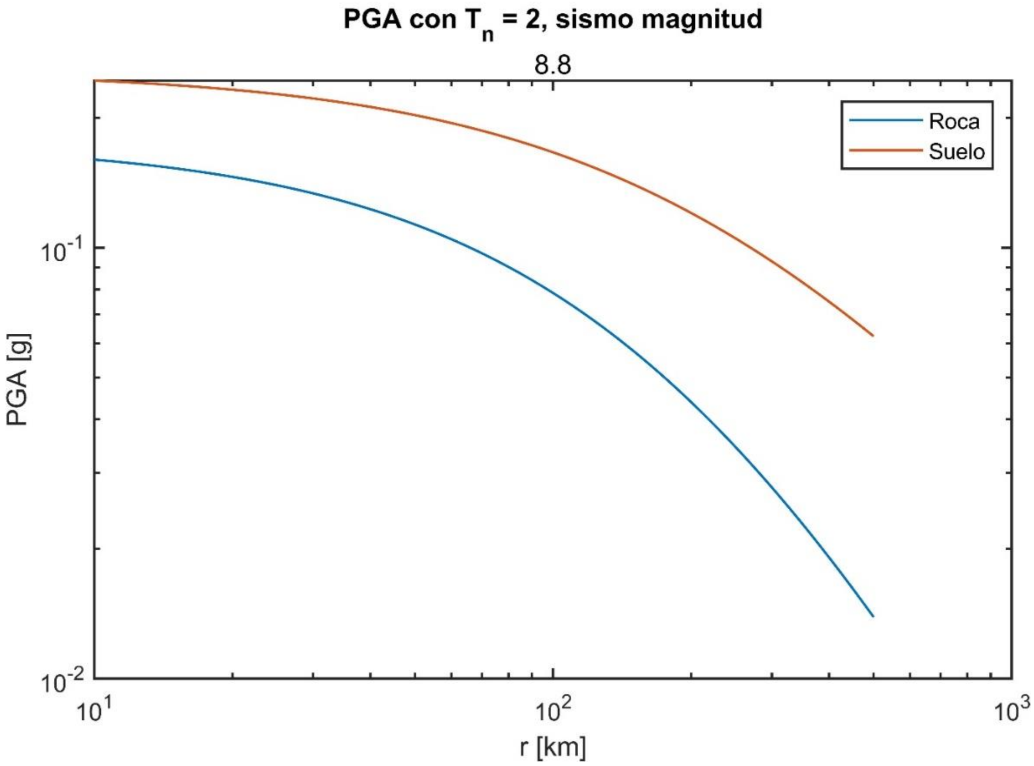


Figura 6: Aceleración espectral promedio vs distancia r, para Tn = 2[s] y Mw = 8.8.

En la figura 4 se observa que la roca comienza con una aceleración de roca mayor para luego cruzarse con la curva del suelo, esto puede deberse a que la roca posea un periodo natural cercano al estudiado por lo que ocurre una amplificación sísmica luego se cruzan ya que la tasa de decaimiento del PGA de la roca es mayor que la del suelo, lo que se traduce en una mayor pérdida de energía al poseer desplazamientos mas pequeños.

1.3 Parte (3)

Se solicita determinar el PGA para un sismo con una distancia $r = 20\ km$, una profundidad focal de 37 km, una magnitud $M_w = 8.8$ y una probabilidad de excedencia del 5%, tanto para roca como para suelo.

Los coeficientes utilizados son los mismos que en la parte (1) de esta pregunta, obtenidos de la tabla 7.5 de Villaverde (2009). De las ecuaciones propuestas por Youngs et al. se obtiene la media (*ln(y)* para ambos sitios) y la desviación (*sigma* para ambos sitios), cabe destacar que ambas corresponden a una distribución lognormal. La tabla 7.4 de Villaverde posee una nota la cual determina que la desviación estándar para magnitudes mayores a 8, es equivalente a la desviación de una magnitud igual a 8. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

Para sitios en roca:

$$ln(y) = -1.01$$
$$\sigma_{lnY} = 0.65$$

Para sitios en suelo:

$$ln(y) = -0.89$$
$$\sigma_{lnY} = 0.65$$

Para la obtención del PGA para ambos sitios, se utiliza la función disponible en Matlab *logninv*, la cual utiliza como variables de entrada la probabilidad de no excedencia, μ y σ. A partir de esta función y los valores obtenidos para ambos sitios se tienen los siguientes resultados:

$$PGA_{roca} = 1.06[g]$$
$$PGA_{suelo} = 1.19[g]$$

El PGA del registro de Concepción de la tarea 1 obtenido fue de 393.21 $[cm/s2]$ lo que es equivalente a 0.4 [g].

2. Pregunta 2

En esta pregunta se solicita estimar los parámetros para la relación de recurrencia no acotada entra la tasa anual promedio λ_m y la magnitud m. Para aquello se requiere que se utilice el catálogo de terremotos del USGS, utilizando los terremotos que haya en el catálogo desde el 10-05-1951 hasta el 13-04-2022, para el área delimitada por las coordenadas [N: -30.297; S: -51.454; E: -69.346; W: -78.75] que tengan magnitud igual o mayor a 4.0 y menores a 10.

2.1 Parte (1)

Se solicita para cada terremoto del catálogo, calcular el número de terremotos N_m que exceden o iguala su magnitud *m*, para todo el rango de magnitudes de los datos.

Para la realización, se trabajó con los datos en Excel, utilizando la herramienta contar.si() para contar la cantidad de terremotos de grado m (aquellos que existían) en la zona delimitada, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 3: número de terremotos Nm que exceden o igualan su magnitud m

m	Nm > m	m	Nm > m	m	Nm > m	m	Nm > m
4	10347	5	1347	6	175	7	15
4.1	9006	5.1	1095	6.1	146	7.1	11
4.2	7778	5.2	867	6.2	122	7.2	9
4.3	6543	5.3	669	6.3	95	7.4	7
4.4	5359	5.4	549	6.4	74	7.7	4
4.5	4363	5.5	446	6.5	63	7.8	3
4.6	3471	5.6	365	6.6	53	8	2
4.7	2741	5.7	299	6.7	45	8.3	1
4.8	2170	5.8	237	6.8	28		
4.9	1708	5.9	203	6.9	20		

2.2 Parte (2)

Se solicita realizar una regresión lineal entre log(N_m) y m, considerando solo los puntos dados por los terremotos del catálogo. La regresión lineal se realizó mediante una línea de tendencia de los datos en Excel, la cual se muestra a continuación:

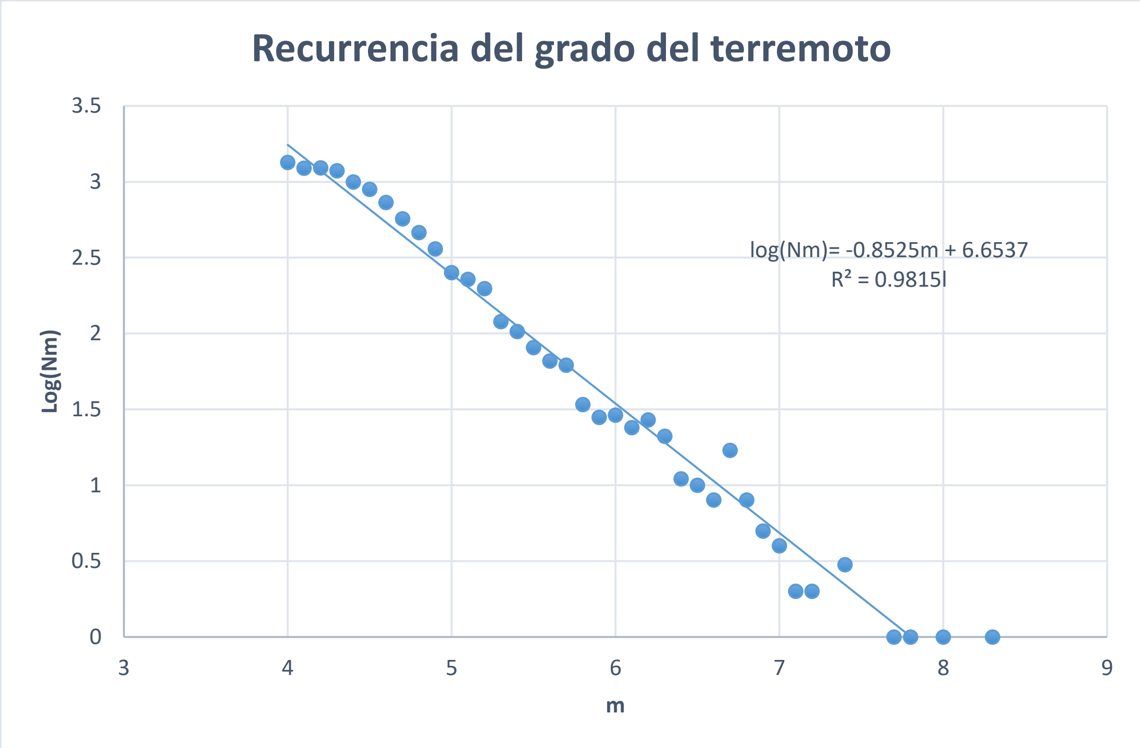


Figura 7: Regresión lineal entre log(Nm) y m.

Obteniéndose la siguiente ecuación:

$$log(N_m) = -0.8525m + 6.6537$$

2.3 Parte (3)

Se solicita calcular el periodo de tiempo Δt que cubren los datos. Para esto se realizó el siguiente calculo:

$$\Delta t = \frac{ultima.fecha - primera.fecha}{365} = \frac{12/04/2022 - 10/05/1951}{365} = 70.97$$

2.4 Parte (4)

Se solicita calcular la tasa anual de recurrencia y su ecuación no acotada a partir de la regresión del punto 2 como $\lambda_m = \overline{N_m}/\Delta t$, donde $\overline{N_m}$ es el estimador de N_m dado por la regresión lineal. Dada la ecuación obtenida de la regresión lineal y el periodo de tiempo Δt la tasa anual de recurrencia quedada dada por:

$$\lambda_m = \frac{10^{-0.8525m+6.6537}}{70.97}$$

2.5 Parte (5)

Se solicita graficar log(λ_m) vs m para los datos del punto 1 y los resultados de la ecuación no acotada de la parte (4). A continuación, se presenta el gráfico obtenido:

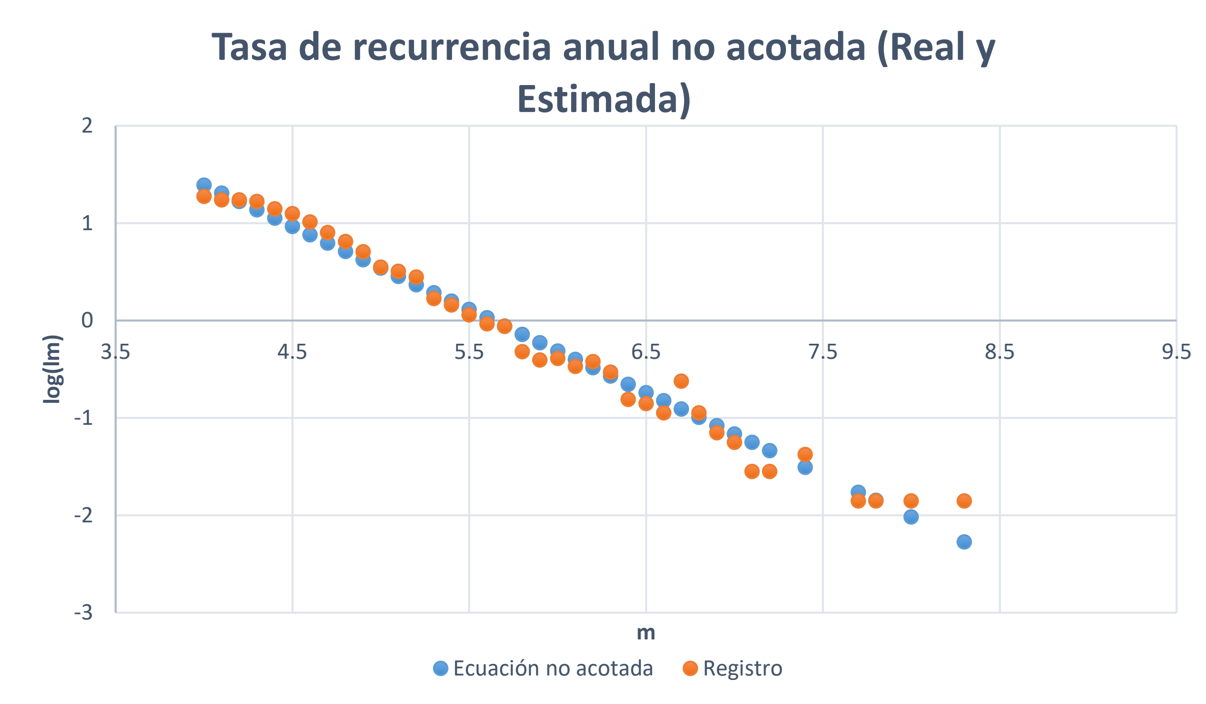


Figura 8: Tasa de recurrencia anual no acotada (Real y Estimada). Gráfico log(λ_m) vs m (registro) y ecuación no acotada de la parte (4).

2.6 Parte (6)

Al observar el grafico de tasa de recurrencia anual no acotada (real-registro- y estimada-ecuación no acotada-) se puede notar que para valores cercanos a los iniciales de la regresión (grado 4) la tasa de recurrencia anual es mayor que la real, mientras que, para valores lejanos a los iniciales de la regresión, la tasa de recurrencia anual tiende a ser mayor que la estimada. A demás, se puede notar que a partir de una magnitud Mw = 6.5 en adelante se empieza a tener una menor cantidad de registros, por lo que se puede concluir que la muestra no es del todo representativa para mayores magnitudes, esto dado que se posee menos información en el registro al ir aumentando la magnitud. De la misma manera se puede deducir que la tasa de recurrencia anual disminuye con el aumento de magnitud.

3. Pregunta 3

3.1 Parte (a)

Se solicita determinar la función de densidad de probabilidad (Probability Density Function PDF) de la distribución de probabilidad de la distancia a la fuente r de una fuente con geometråia lineal, esta se dividirá en subcasos dependiendo del largo de la ruptura (ℓ).

i. Subcaso 1: $\ell \leq L_1 \leq L_2$
ii. Subcaso 2: $L_1 \leq \ell \leq L_2$
iii. Subcaso 3: $L_1 \leq L_2 \leq \ell$

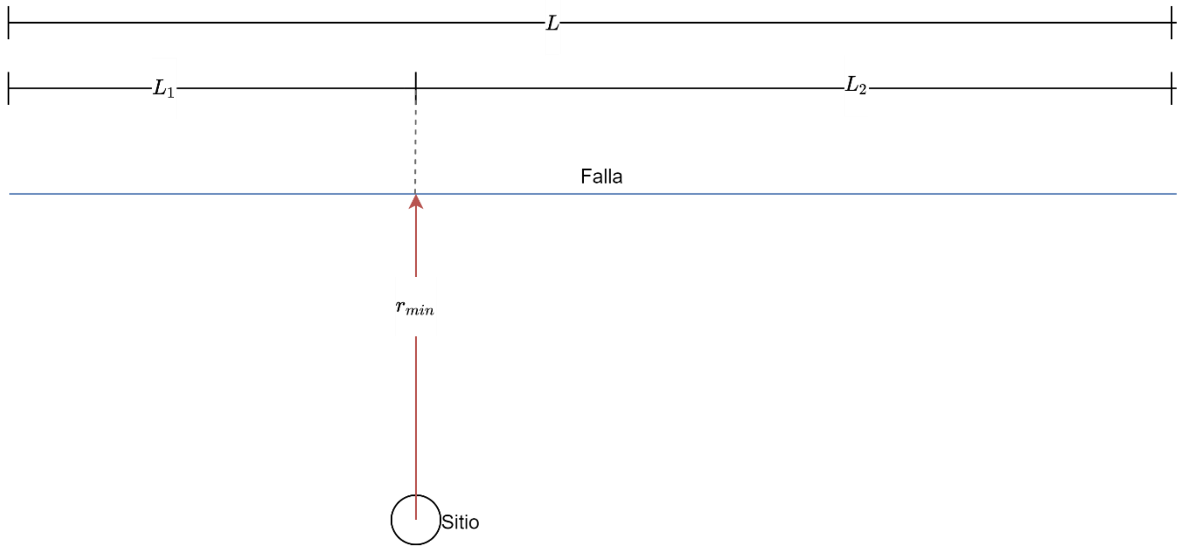


Figura 9: "Representación de una falla lineal"

Desde *Geotechnical Earthquake Engineering – Kramer 1996 se obtienen las siguientes ecuaciones (4.2), (4.3), (4.4)* se obtienen las expresiones:

$$f_{\mathbb{L}} \; \ell \; d\ell = f_{\mathbb{R}} \; r \; dr \qquad \text{(Se asume)} \quad (4.2)$$

$$\Rightarrow f_{\mathbb{R}} \; r \; = \left|\frac{dx}{dr}\right| f_{\mathbb{L}} \; \ell \qquad (4.3)$$

$$f_{\mathbb{R}} \; r \; = \frac{r}{L_f\sqrt{r^2 - r_{min}^2}} \qquad (4.4)$$

Y Teniendo en cuenta que

$$f_{\mathbb{X}} \; x \; := f_{\mathbb{L}} \; \ell \qquad (1)$$

$$f_{\mathbb{X}} \; x \; = \frac{1}{L - \ell} \qquad (2)$$

$$F_{\mathbb{X}} \; x \; = \int_0^x f_{\mathbb{X}} \; x \; dx = \int_0^x \frac{1}{L - \ell} dx = \frac{x}{L - \ell} \qquad (3)$$

Para Subcaso 1: $\ell \leq L_1 \leq L_2$

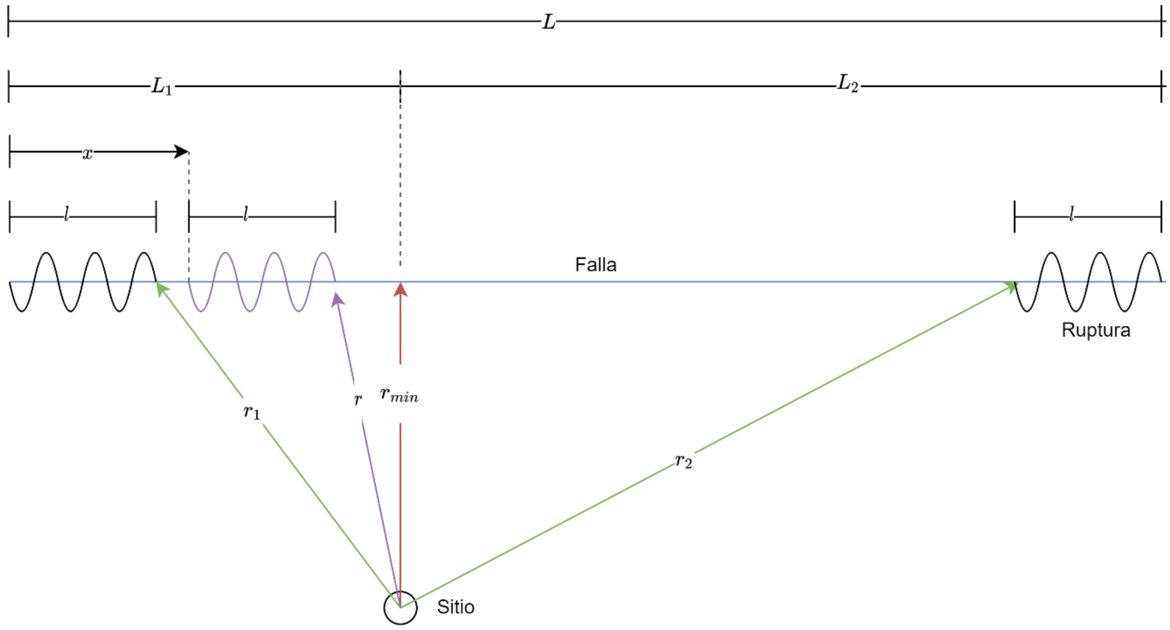


Figura 10: "Representación de la fuente sismogénica lineal (Falla), con rupturas de longitud menor a L₁ "

Subcaso 1.1:

$$0 \leq x \leq L_1 - \ell$$
$$\Rightarrow \; r_{min} \leq r \leq r_1$$
$$r^2 = r_{min}^2 + \left(L1 - \; \ell - x\;\right)^2 \Rightarrow x = L_1 - \ell - \sqrt{r^2 - r_{min}^2}$$
$$f_{\mathbb{R}}(r) = \left|\frac{dx}{dr}\right| f_{\mathbb{X}}(x) = \left|-\frac{2r}{2\sqrt{r^2 - r_{min}^2}}\right| \frac{1}{L-\ell} = \frac{r}{(L-\ell)\sqrt{r^2 - r_{min}^2}}$$

Subcaso 1.2:

$$L_1 - l \leq x \leq L_1$$
$$\Rightarrow r = r_{min}$$
$$f_{\mathbb{R}}(r) = \int_{L_1-\ell}^{L1} f_{\mathbb{X}}(x)\, dx = \frac{\ell}{L-\ell}$$

Subcaso 1.3:

$$L_1 \leq x \leq 2L_1 - \ell$$
$$\Rightarrow r_{min} \leq r \leq r_1$$
$$r^2 = r_{min}^2 + (x - L_1)^2 \Rightarrow x = L1 + \sqrt{r^2 - r_{min}^2}$$
$$f_{\mathbb{R}}(r) = \left|\frac{dx}{dr}\right| f_{\mathbb{X}}(x) = \left|\frac{2r}{2\sqrt{r^2 - r_{min}^2}}\right| \frac{1}{L-\ell} = \frac{r}{(L-\ell)\sqrt{r^2 - r_{min}^2}}$$

Subcaso 1.4:

$$2L_1 - \ell \leq x \leq L - \ell$$
$$\Rightarrow r_1 \leq r \leq r_2$$
$$r^2 = r_{min}^2 + (x - L_1)^2 \Rightarrow x = L_1 + \sqrt{r^2 - r_{min}^2}$$
$$f_{\mathbb{R}}(r) = \left|\frac{dx}{dr}\right| f_{\mathbb{X}}(x) = \left|\frac{2r}{2\sqrt{r^2 - r_{min}^2}}\right| \frac{1}{L-\ell} = \frac{r}{(L-\ell)\sqrt{r^2 - r_{min}^2}}$$

Juntando todos los subcasos 1:

$$f_{\mathbb{R}}\;r \quad = \begin{cases} \dfrac{\ell}{L-\ell} & r = r_{min} \quad \mathbf{1.2} \\ \dfrac{r}{L-\ell\;\sqrt{r^2-r_{min}^2}} & r_{min} \leq r \leq r_1 \quad \mathbf{1.1\ y\ 1.3} \\ \dfrac{r}{L-\ell\;\sqrt{r^2-r_{min}^2}} & r_1 \leq r \leq r_2 \quad \mathbf{1.4} \end{cases}$$

Subcaso 2: $L_1 < \ell < L_2$

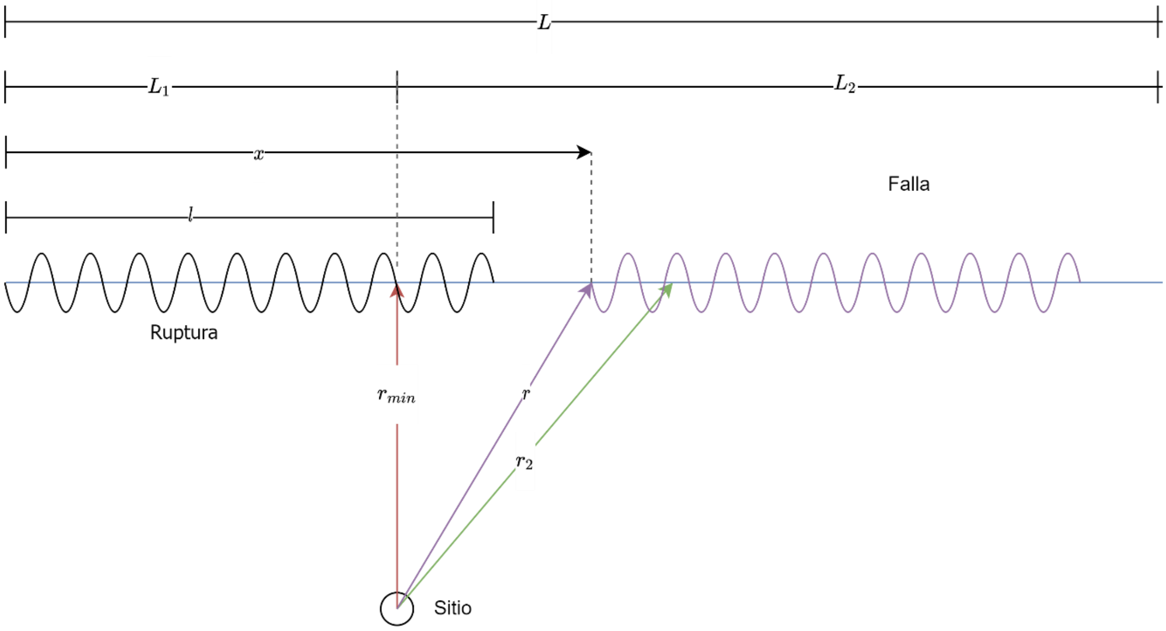


Figura 11 Subcaso 2 donde el largo de la ruptura supera a L1:

Subcaso 2.1

$$0 \leq x \leq L_1$$
$$r = r_{min}$$
$$f_{\mathbb{R}}\;r \;= \int_0^{L1} f_{\mathbb{X}}\;x\;dx = \frac{L_1}{L-\ell}$$

Subcaso 2.2

$$L_1 \leq x \leq L_2 - \ell$$
$$r_{min} \leq r \leq r_2$$
$$r^2 = r_{min}^2 + \;x - L_1\;^2 \Rightarrow x = L_1 + \sqrt{r^2 - r_{min}^2}$$
$$f_{\mathbb{R}}\;r \;= \left|\frac{dx}{dr}\right| f_{\mathbb{X}}\;x \;= \left|\frac{2r}{2\sqrt{r^2-r_{min}^2}}\right| \frac{1}{L-\ell} = \frac{r}{L-\ell\;\sqrt{r^2-r_{min}^2}}$$

Finalmente, juntando todos los subcasos 2:

$$f_{\mathbb{R}}\ r \quad = \begin{cases} \dfrac{L\_1}{L-\ell} & r = r_{min} \quad \mathbf{2.1} \\ \dfrac{r}{L-\ell\ \sqrt{r^2 - r_{min}^2}} & r_{min} \leq r \leq r_2 \quad \mathbf{2.2} \end{cases}$$

Subcaso 3:

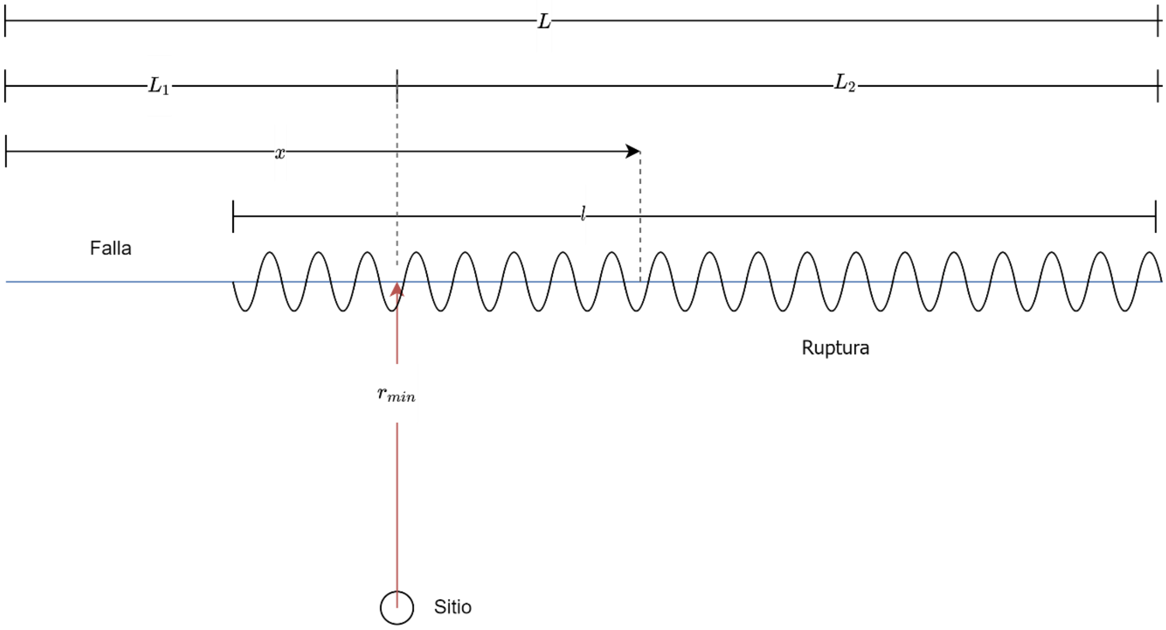


Figura 12: Subcaso 3, donde el largo de la ruptura supera a L2

$$f_{\mathbb{R}}\ r \quad = \begin{cases} 0 & r \neq r_{min} \\ 1 & r = r_{min} \end{cases}$$

3.2 Parte (b)

Para determinar la Magnitud máxima posible en la falla, se debe considerar una ruptura lo más grande posible, del tamaño de la falla.

$$\ell = L = 96.7[km]$$

Reemplazando este valor de longitud de la ruptura en la falla en la ecuación para falla tipo *Strike-Slip* de la tabla 4.1 del libro de Kramer.

$$M_w = 5.16 + 1.12Log(\ell)$$

$$M_{w.max} = 7.38$$

3.3 Parte (c)

Se pide determinar los largos de ruptura promedio asociados a 0.95, 0.85, 0.80 y 0.7 del Momento máximo posible.

Tabla 4: Momentos máximos posibles

$\%M_{wmax}$	
0.95M.max	7.01
0.85M.max	6.28
0.8M.max	5.91
0.7M.max	5.17

Luego los largos de ruptura promedio que generan las magnitudes presentadas anteriormente:

Tabla 5: Largos de ruptura promedio asociados a los momentos máximos posibles.

Largos de ruptura (ℓ) [km]	
$\ell(0.95M.max)$	43.72
$\ell(0.85M.max)$	12.43
$\ell(0.8M.max)$	6.62
$\ell(0.7M.max)$	1.88

3.4 Parte (d)

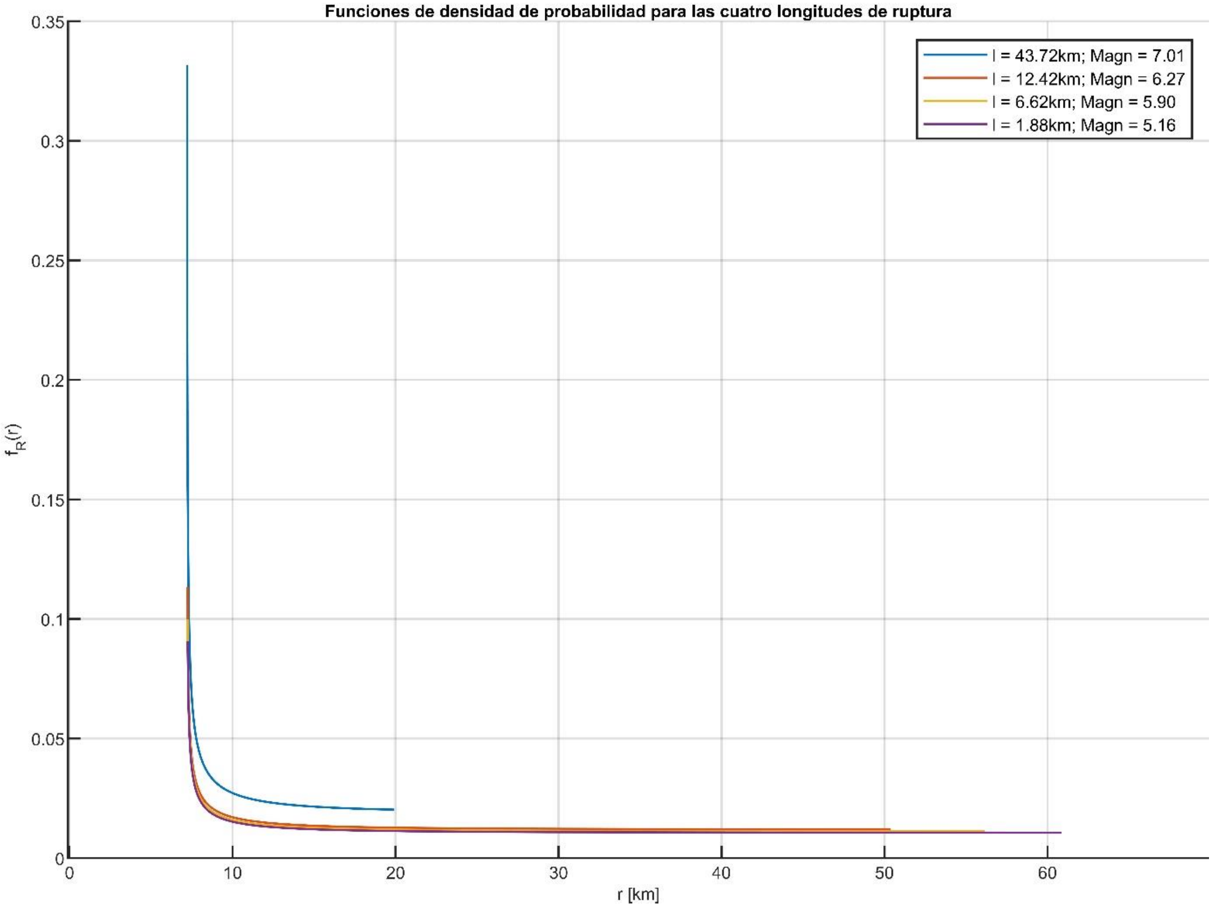


Figura 13: Funciones de densidad de probabilidad para las cuatro longitudes de ruptura.

3.5 Parte (e)

Se requiere realizar un histograma de las distancias de ruptura para un sismo de magnitud igual

Se requiere para el caso con el largo de ruptura asociado al 70% de M_{max} aproximar numéricamente $f_R(r)$ utilizando histogramas de acuerdo con el método visto en clases. Se solicita aproximar $f_R(r)$ utilizando 3 discretizaciones distintas para la falla: $\Delta x = 0.1km; 1km; 2km$, y 3 agrupaciones distintas de la distancia para categorizar los casilleros del histograma $\Delta R = 1km; 2.5km; 5km.$

A continuación, se presentan los histogramas normalizados para cada amplitud de intervalo de distancias, en conjunto con la curva de PDF obtenida en la *sección D*:

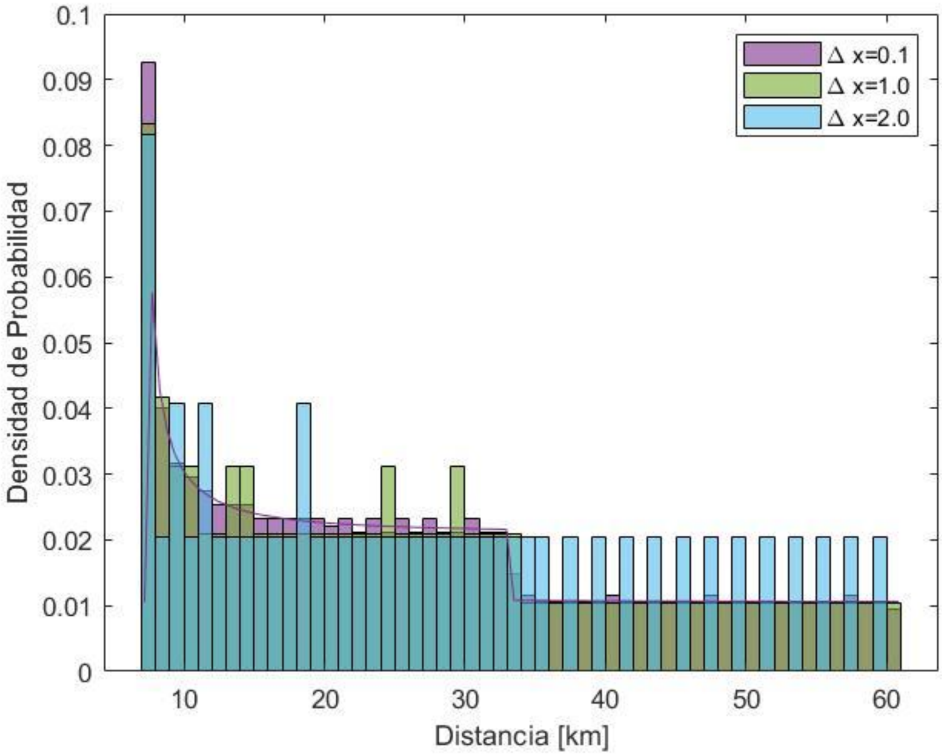


Figura 14: Histogramas para un Delta R de 1 km.

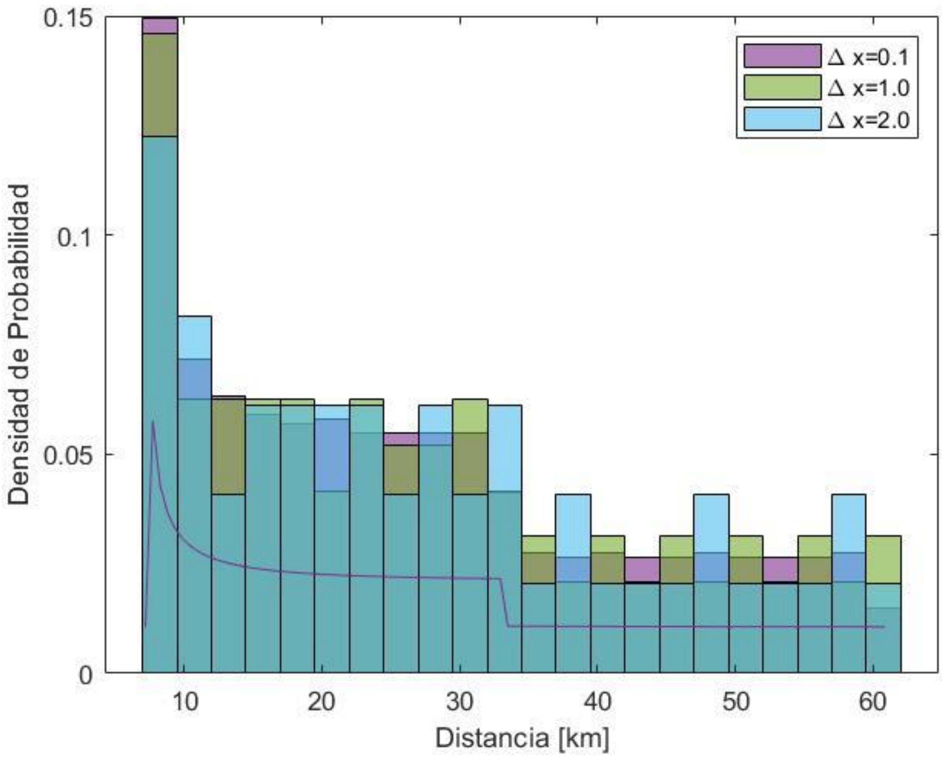


Figura 15: Histogramas para un Delta R de 2.5 km

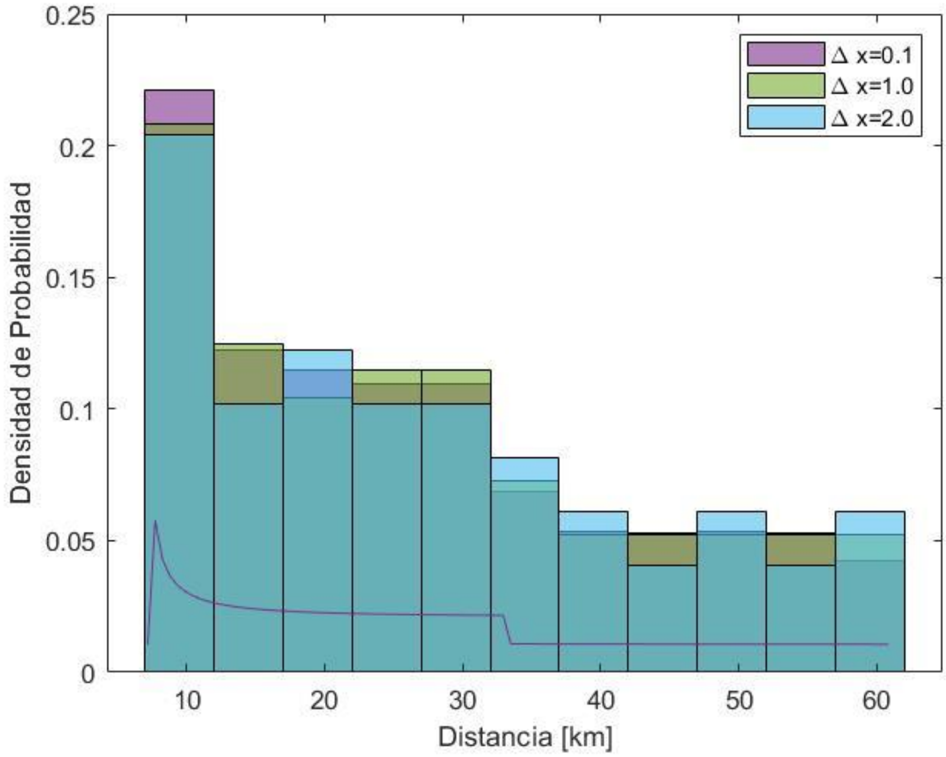


Figura 16: Histogramas para un Delta R de 5 km

Al comparar los gráficos anteriores, se puede observar un aumento en la precisión a menores intervalos de distancias tanto para R como de x, eso se representa en la cercanía del primer grafico (Figura 14) con la curva de la función PDF.

4. Anexos

Publish de MATLAB

Contents

Inicializar

```
clear variables
close all
clc
```

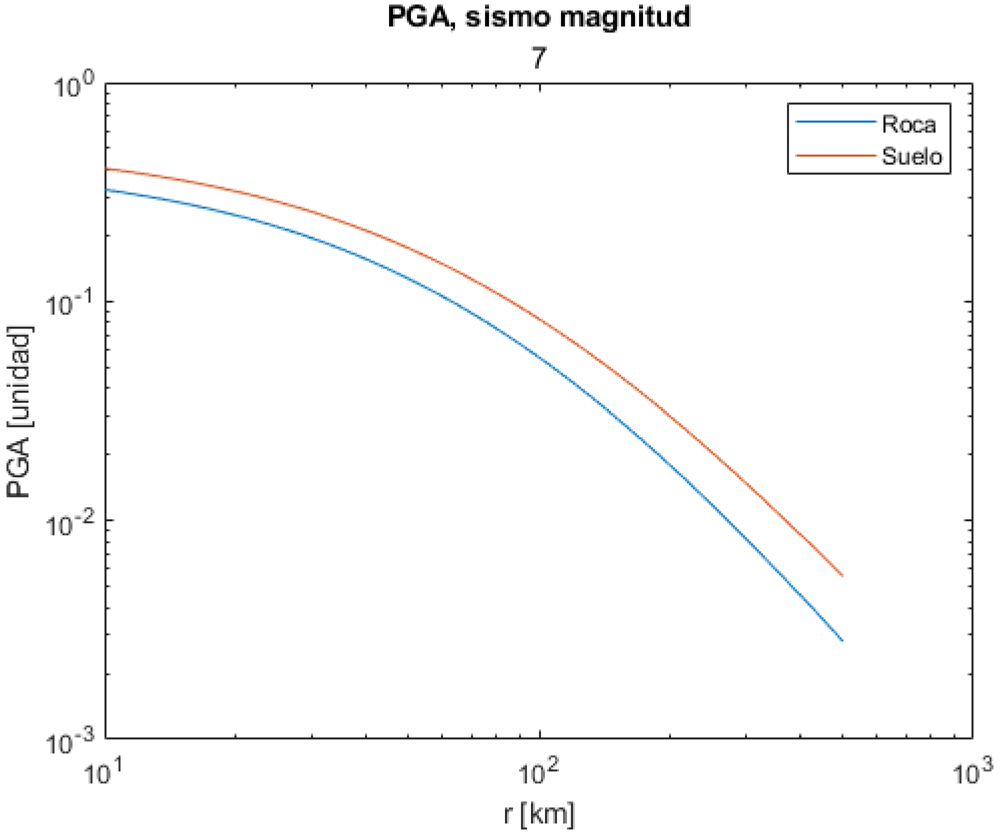
P1

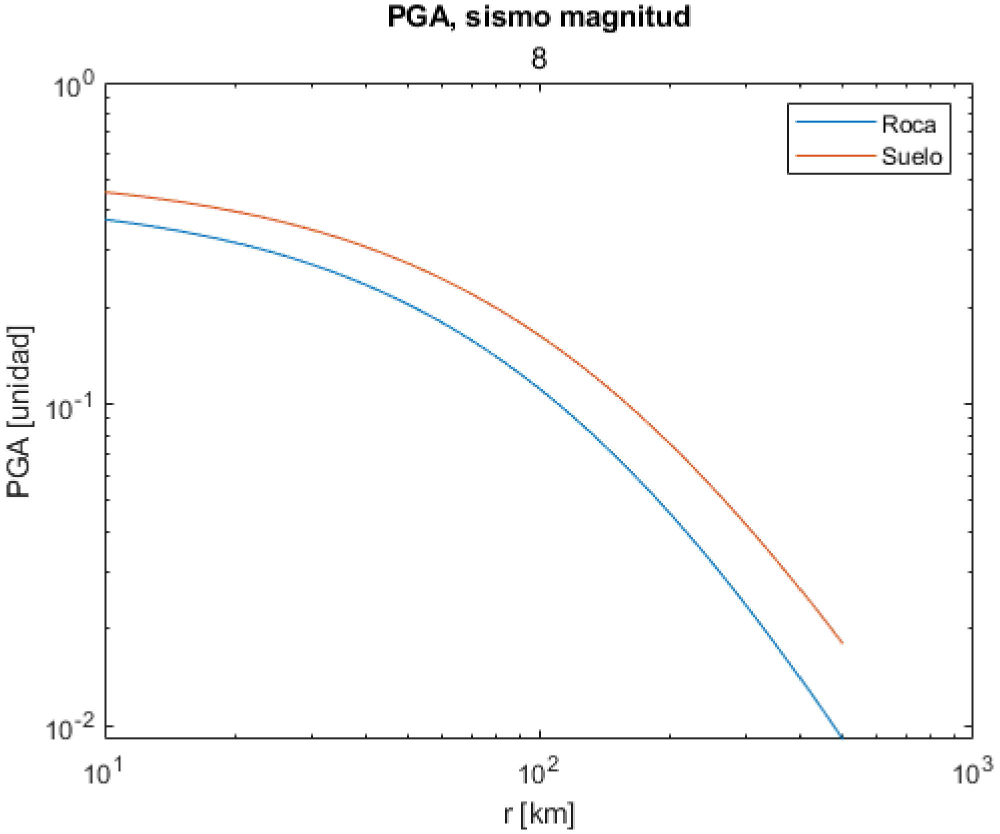
P1.1

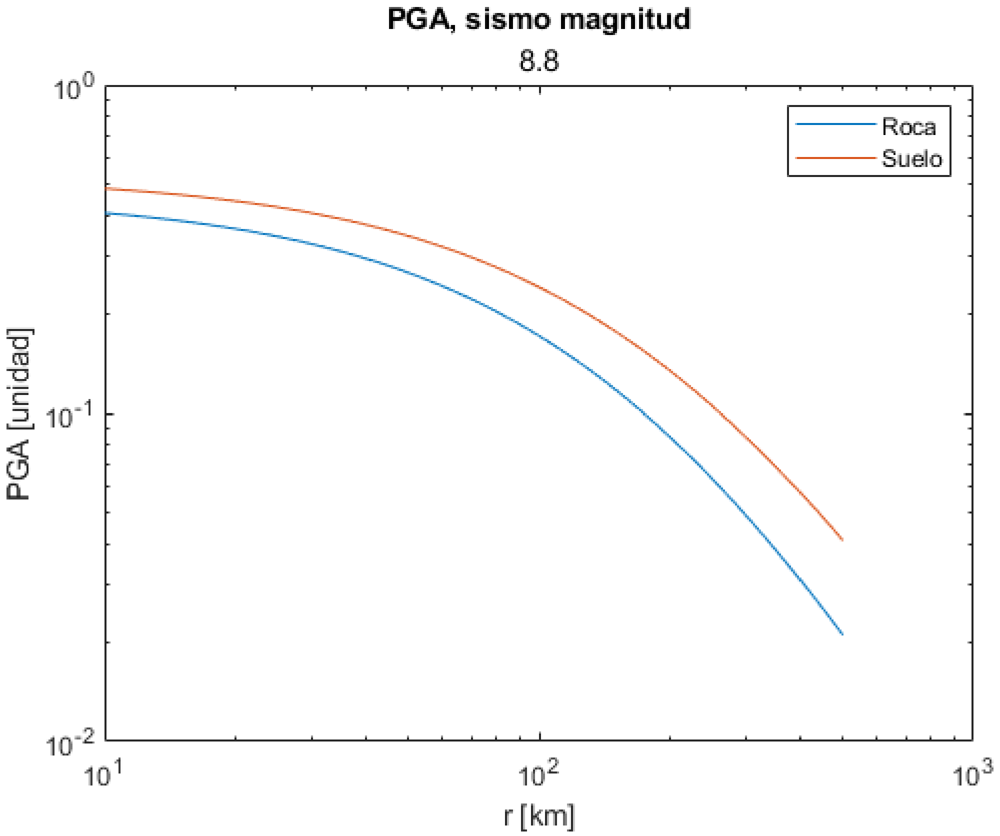
Graficar PGA promedio esperado para un terremoto tipo interplaca vs la distancia r, con las condiciones H = 37 km; r = 10:1:500; Mw = [7.0;8.0;8.8] Comparar resultados

```
C1_rock = 0.00;


C2_rock = 0.00;


C3_rock = -2.552;


C4_rock = 1.45; % * Standard deviation for magnitud greater than 8 is equal to the value for magnitud equal to 8
C5_rock = -0.1; % *

% Para suelo (soil)
C1_soil = 0.00;
C2_soil = 0.00;
C3_soil = -2.329;
C4_soil = 1.45;
C5_soil = -0.1;

Zt_var = 0;
H_var = 37;
Mw_vector = [7.0; 8.0; 8.8];
r = (10:1:500).';

for Mw = 1:3
   Mw_var = Mw_vector(Mw,1);
   for r_var = 1:length(r)
      puntos_rock(r_var,Mw) = exp(0.2418 + 1.414*Mw_var + C1_rock + C2_rock*(10-Mw_var)^3 + C3_rock*log(r(r_var,1) + 1.7818*exp(0.544*Mw_var)) + 0.00607*H_var + 0.3846*Zt_var);
      puntos_soil(r_var,Mw) = exp(-0.6687 + 1.438*Mw_var + C1_soil + C2_soil*(10-Mw_var)^3 + C3_soil*log(r(r_var,1) + 1.097*exp(0.617*Mw_var)) + 0.00648*H_var + 0.3643*Zt_var);
   end
%     fprintf('Mw %f Roca \n',Mw_var)
```

```
    figure
    loglog(r,puntos_rock(:,Mw))
    hold on
    loglog(r,puntos_soil(:,Mw))
    xlabel('r [km]')
    ylabel('PGA [unidad]')
    title('PGA, sismo magnitud', Mw_var)
    legend('Roca','Suelo')
    hold off
%     fprintf('Mw %f Suelo \n',Mw_var)
%     figure
%     loglog(r,puntos_soil(:,Mw))
%     xlabel('r [km]')
%     ylabel('PGA suelo[unidad]')
%     title('PGA para suelo, sismo magnitud', Mw_var)
end
```


PGA, sismo magnitud
7
Roca
Suelo
PGA [unidad]
10^0
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^1
10^2
10^3
r [km]


PGA, sismo magnitud
8
Roca
Suelo
PGA [unidad]
10^0
10^{-1}
10^{-2}
10^1
10^2
10^3
r [km]

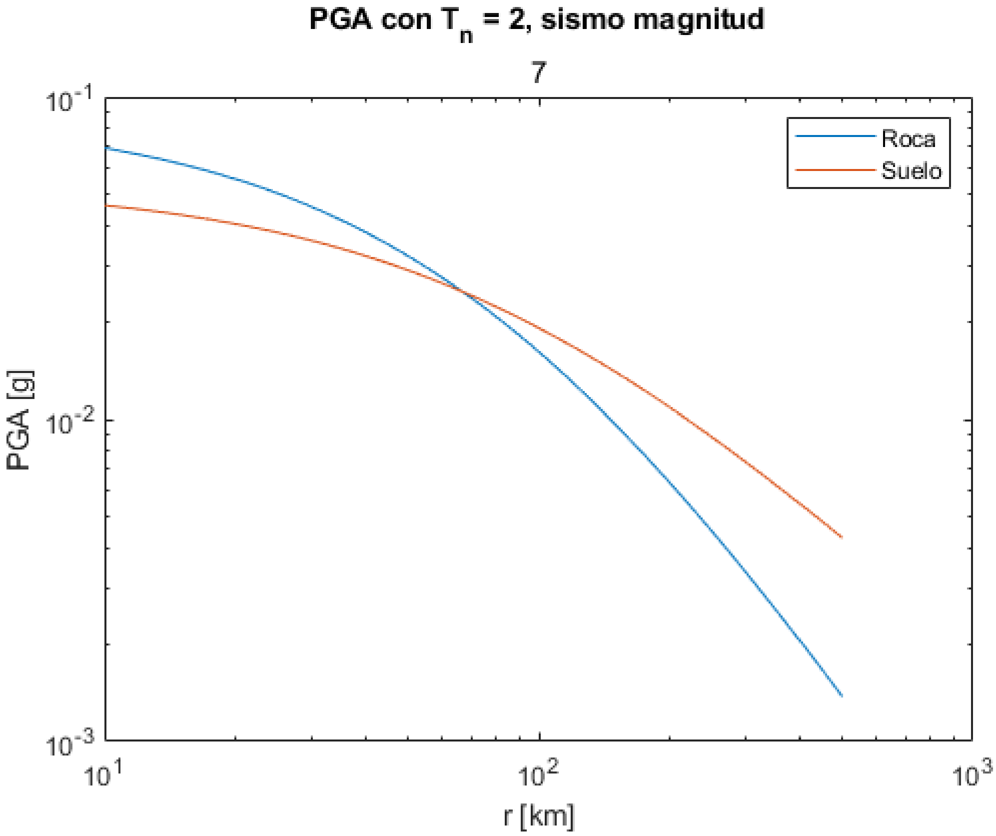


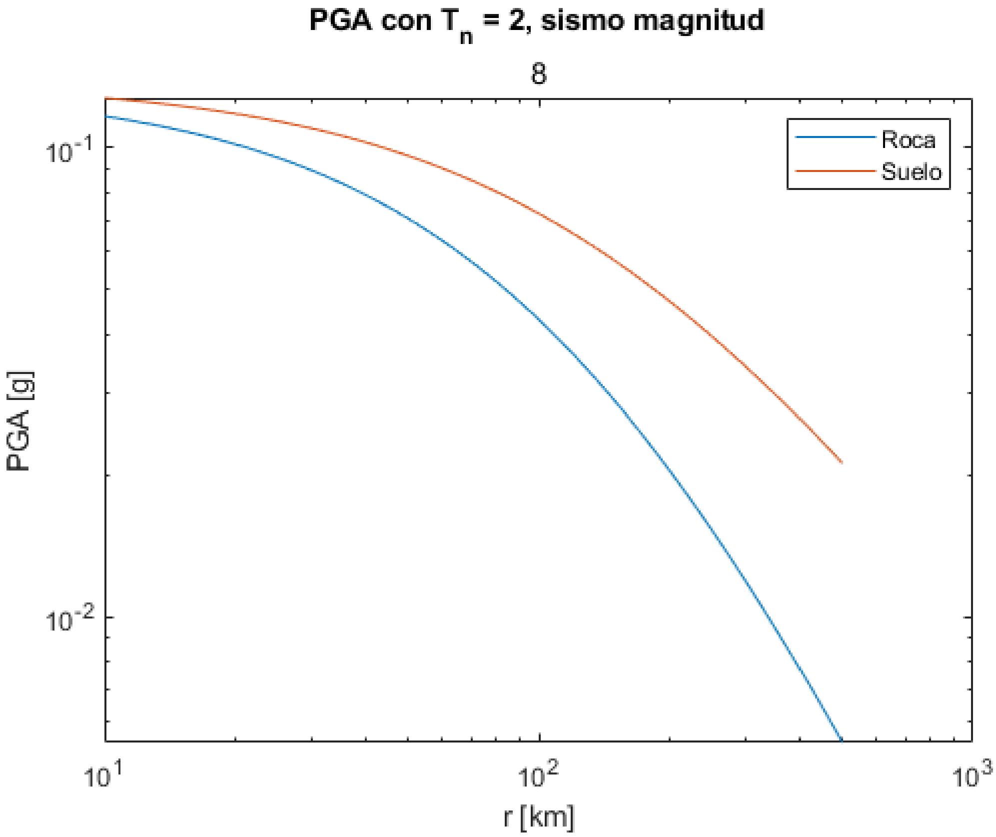
P1.2

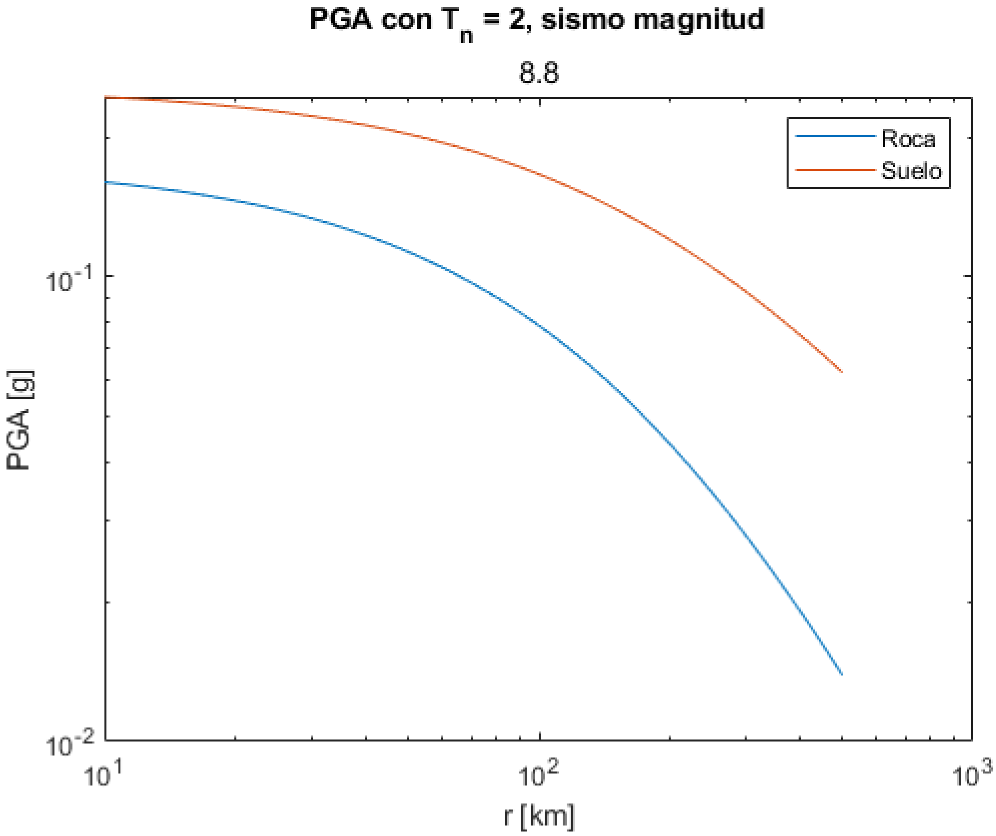
Para un periodo de $T_n = 2.0[sec]$ y un amortiguamiento de $\xi = 0.05$

```
% Para roca
C1_rock = -3.328;
C2_rock = -0.0080;
C3_rock = -2.1070;
C4_rock = 1.55;
C5_rock = -0.1;

% Para suelo
C1_soil = -6.433;
C2_soil = -0.0164;
C3_soil = -1.290;
C4_soil = 1.55;
C5_soil = -0.1;

for Mw = 1:3
   Mw_var = Mw_vector(Mw,1);
   for r_var = 1:length(r)
      puntos_rock(r_var,Mw) = exp(0.2418 + 1.414*Mw_var + C1_rock + C2_rock*(10-Mw_var)^3 + C3_rock*log(r(r_var,1) + 1.7818*exp(0.544*Mw_var)) + 0.00607*H_var + 0.3846*Zt_var);
      puntos_soil(r_var,Mw) = exp(-0.6687 + 1.438*Mw_var + C1_soil + C2_soil*(10-Mw_var)^3 + C3_soil*log(r(r_var,1) + 1.097*exp(0.617*Mw_var)) + 0.00648*H_var + 0.3643*Zt_var);
   end
%     fprintf('Mw %f Roca \n',Mw_var)

   figure
   loglog(r,puntos_rock(:,Mw))
   hold on
   loglog(r,puntos_soil(:,Mw))
   xlabel('r [km]')
   ylabel('PGA [g]')
```

```
    title('PGA con T_n = 2, sismo magnitud', Mw_var)
    legend('Roca','Suelo')
    hold off

%     fprintf('Mw %f Suelo \n',Mw_var)
%     figure
%     loglog(r,puntos_soil(:,Mw))
%     xlabel('r [km]')
%     ylabel('PGA suelo[unidad]')
%     title('PGA para suelo, sismo magnitud', Mw_var)
end
```


PGA con T_n = 2, sismo magnitud
7
Roca
Suelo
PGA [g]
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{1}
10^{2}
10^{3}
r [km]


PGA con T_n = 2, sismo magnitud
8
Roca
Suelo
PGA [g]
10^{-1}
10^{-2}
10^{1}
10^{2}
10^{3}
r [km]



P1.3

```
disp('P1.3')

Mw_var = 8.8;
r_var = 20; %km

% Para roca (rock)
C1_rock = 0.00;
C2_rock = 0.00;
C3_rock = -2.552;
C4_rock = 1.45; % * Standard deviation for magnitud greater than 8 is equal to the value for magnitud equal to 8
C5_rock = -0.1; % *

% Para suelo (soil)
C1_soil = 0.00;
C2_soil = 0.00;
C3_soil = -2.329;
C4_soil = 1.45;
C5_soil = -0.1;

Zt_var = 0;

lny_rock = (0.2418 + 1.414*Mw_var + C1_rock + C2_rock*(10-Mw_var)^3 + C3_rock*log(r_var + 1.7818*exp(0.544*Mw_var)) + 0.00607*H_var + 0.3846*Zt_var);
lny_soil = (-0.6687+1.438*Mw_var + C1_soil + C2_soil*(10-Mw_var)^3 + C3_soil*log(r_var + 1.097*exp(0.617*Mw_var))+0.00648*H_var + 0.3643*Zt_var);

disp('Para sitios en roca')
fprintf('ln(y)= %f \n', lny_rock)
disp('Para sitios en suelo')
fprintf('ln(y)= %f \n', lny_soil)
sigma_rock = C4_rock + C5_rock*8.0; %desv. estandar para mag. mayores a 8, es equiv. a de la mag. 8.
sigma_soil = C4_soil + C5_soil*8.0;
```

```
fprintf('sigma_rock = %f \n', sigma_rock)
fprintf('sigma_soil = %f \n', sigma_soil)

PGA_rock = logninv(0.95,lny_rock,sigma_rock);
PGA_soil = logninv(0.95,lny_soil,sigma_soil);

fprintf('PGA_rock = %f \n',PGA_rock)
fprintf('PGA_soil = %f \n',PGA_soil)
```

P1.3

Para sitios en roca

ln(y)= -1.009701

Para sitios en suelo

ln(y)= -1.030598

sigma_rock = 0.650000

sigma_soil = 0.650000

PGA_rock = 1.061257

PGA_soil = 1.039310

P2

Está en Excel completa

P3

P3.a

Definir fRM(r)

```
r_min = 7.2; % km
L1 = 34.4; % km
L2 = 62.3; % km
L = 96.7; % km

% Definr fRM(r)
% La vamos a definir en función de 'l' para que quede con los subcasos
syms r l
% fRM(r,l) = piecewise( ...
%     and(l<L1,L1<L2),piecewise(r == r_min,l/(L-l),and(r<r1,r>r_min),2*(L1-l)/(L-l),and(r<r2,r>r1),(L-2*L1)/(L-l)), ...
%     and(L1<l,l<L2),piecewise(r==r_min,L1/(L-l),and(r2>r,r>r_min),(L2-l)/(L-l)), ...
%     and(l>L2,L2>L1),1);

% % l<L1,L1<L2
% r11 = (r_min^2+(L1-l)^2)^0.5;
% r12 = (r_min^2+(L2-l)^2)^0.5;
%  fRM1  =  piecewise(r  ==  r_min,l/(L-l),and(r<=r11,r>r_min),r/((L-l)*sqrt(r^2-r_min^2)),and(r<=r12,r>r11),r/((L-
l)*sqrt(r^2-r_min^2)));
% % L1<l<L2
% r22 = (r_min^2+(L2-l)^2)^0.5;
% fRM2= piecewise(r==r_min,L1/(L-l),and(r22>=r,r>=r_min),r/((L-l)*sqrt(r^2-r_min^2)));
% % L1<L2<l
```

```
% fRM3 = piecewise(r==r_min,1,~(r==r_min),0);
```

P3.b

En Excel

```
Mmax = 7.38;                           % Magnitud de momento máxima (con L = 96.7) que la falla es capaz de producir
```

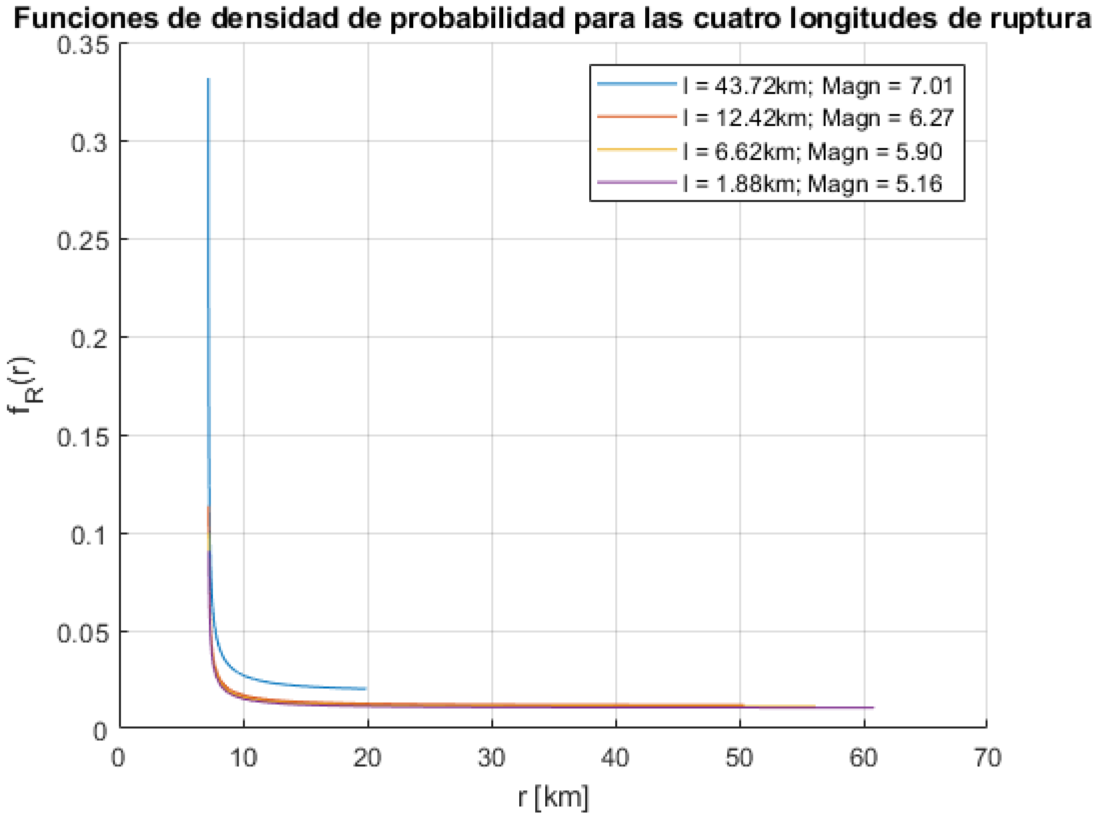
P3.c

En Excel

```
l_vals = [43.72; 12.43; 6.62; 1.882]; %km
% magn = [0.95*Mmax; 0.85*Mmax; 0.8*Mmax;0.7*Mmax];
```

P3.d

```
for i = 1:length(l_vals)
    l = l_vals(i,1);
    l_val = l;
    if and(l_val<=L1,l_val<=L2)
        r1(i,1) = (r_min^2+(L1-l)^2)^0.5;
        r11 = r1(i,1);
        r2(i,1) = (r_min^2+(L2-l)^2)^0.5;
        r12 = r2(i,1);
        fRr(i,1) = piecewise(r == r_min,l/(L-l),and(r<=r11,r>r_min),r/((L-l)*sqrt(r^2-r_min^2)),and(r<=r12,r>r11),r/((L-l)*sqrt(r^2-r_min^2)));
    elseif and(l_val>L1, l_val<L2)
        r2(i,1) = (r_min^2+(L2-l)^2)^0.5;
        r22 = r2(i,1);
        fRr(i,1)= piecewise(r==r_min,L1/(L-l),and(r22>=r,r>=r_min),r/((L-l)*sqrt(r^2-r_min^2)));
    elseif l_val>=L2
        fRr(i,1) = piecewise(r==r_min,1,~(r==r_min),0);                % Coordenada 1 es fR(r), no tiene ni r1 ni r2
    end
end

clear l_val r11 r12 r22

figure
hold on
grid on
for i = 1:length(l_vals)
    fplot(fRr(i,1),[r_min r2(i,1)])
end
xlabel('r [km]')
ylabel('f_{R}(r)')
title('Funciones de densidad de probabilidad para las cuatro longitudes de ruptura')
legend('l = 43.72km; Magn = 7.01','l = 12.42km; Magn = 6.27','l = 6.62km; Magn = 5.90','l = 1.88km; Magn = 5.16')
```



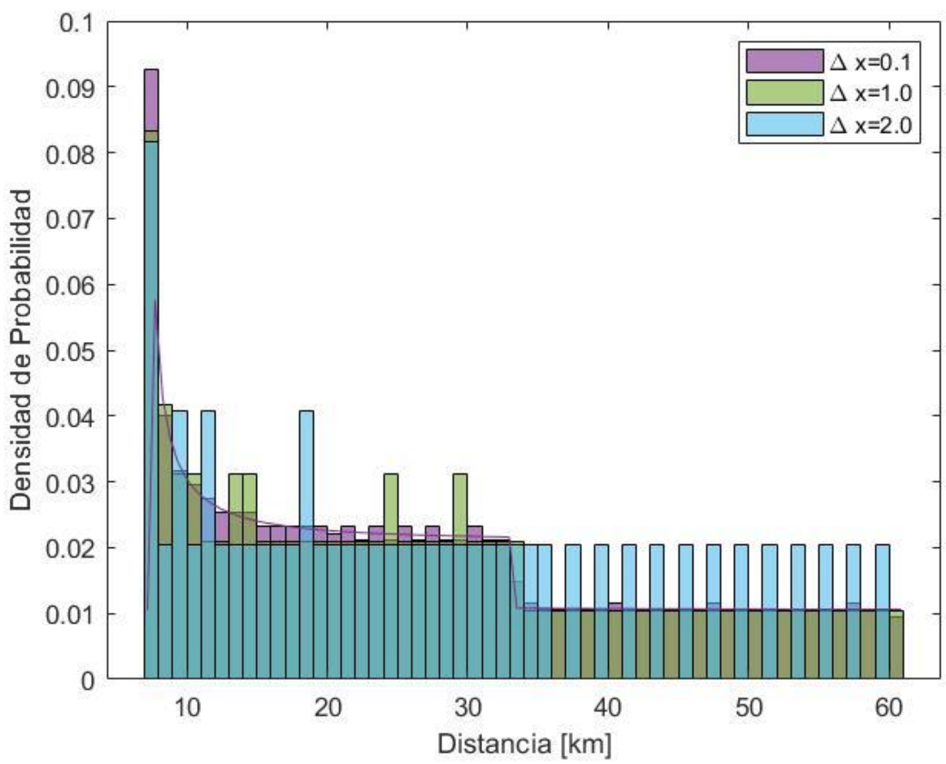
P3.e

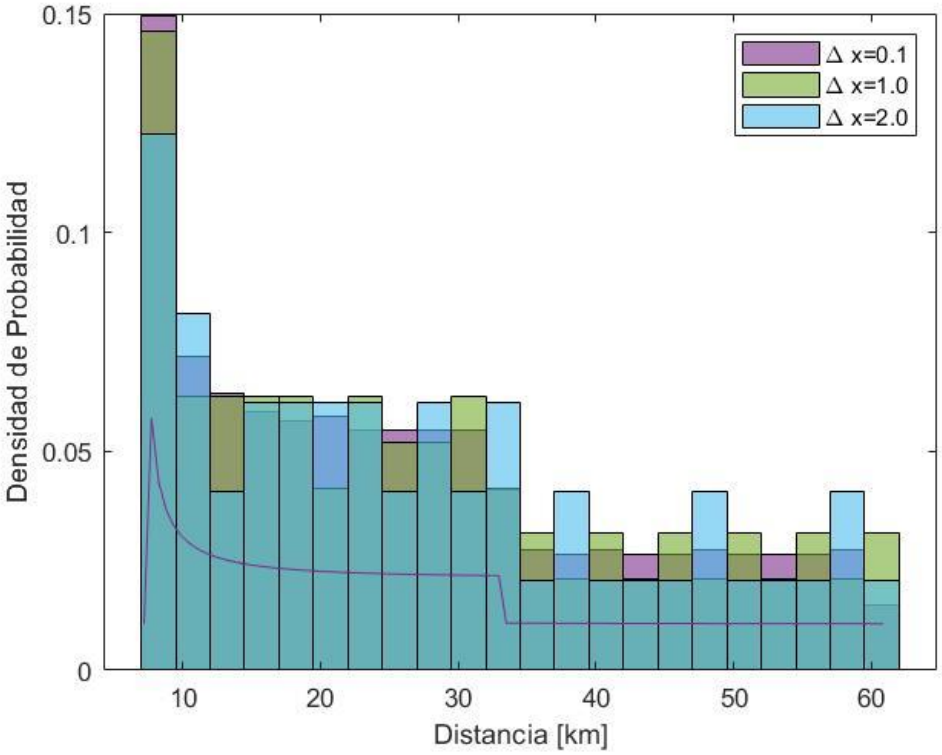
```
% Para el caso de ruptura asociado a 0.7Mmax  => l = 1.882km
% Aproximar fR(r) numéricamente utilizando histogramas

% 1. Dividir la falla en segmentos de longitud dx
Dx = [0.1; 1; 2]; %km
% Para cada división, calcular la distancia ri asociada

% pos_x = zeros(L/min(Dx),L/min(Dx));
x_0 = 0;

for i = 1:length(Dx)
   for j = 1:L/Dx(i,1)
      pos_x(j,i) = x_0 + Dx(i,1)*j;
   end% Columna 1 contiene posición x cada 0.1, columna 2 cada 1km, columna 3 cada 2km
end
% Determinamos ri para cada segmento
for i = 1:length(Dx)
   for j = 1:length(pos_x(:,i))
      if pos_x(j,i) < L1
         ri(j,i) = sqrt((L1 - pos_x(j,i))^2 + r_min^2);
      end
      if pos_x(j,i) > L1
         ri(j,i) = sqrt((pos_x(j,i) - L1)^2 + r_min^2);
      end
   end
end

% Determinamos cantidad de veces que se repite un ri dentro del rango R

DR = [1;2.5;5]; % km
r2max = (r_min^2 + L2^2)^0.5;
R_0 = r_min;
```

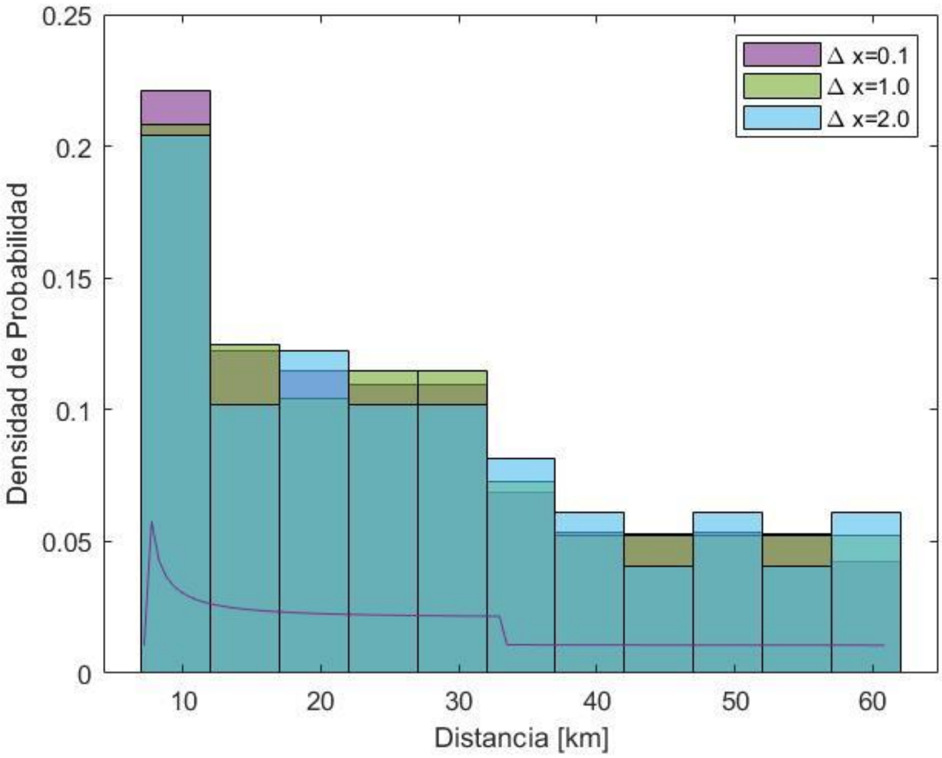
```
for i = 1:length(DR)
   for j = 1:round(r2max/DR(i,1))
      R_range(j,i) = R_0 + DR(i,1)*(j-1);                    %Creo un rango de R+DR.... R+DR...
      if i == 1
         R_range1(j,1) = R_0 + DR(i,1)*(j-1);
      elseif i == 2
         R_range2(j,1) = R_0 + DR(i,1)*(j-1);
      elseif i == 3
         R_range3(j,1) = R_0 + DR(i,1)*(j-1);
      end
   end
end

% disp('Se muestra R_range')
% disp(R_range)

R_frec  =  zeros(length(R_range),length(Dx));                                   %  Inicializo  matriz  de
zeros(Rango_R1,Rango_R2,Rango_R3), pero nos quedamos con el mayor
frecs1 = zeros(length(R_range1),length(Dx));
frecs2 = zeros(length(R_range2),length(Dx));
frecs3 = zeros(length(R_range3),length(Dx));
for i = 1:length(DR)                              % Para cada Dx, justo calza también con para cada DR
   for j = 1:length(Dx)                        % Para cada Rango_R, no pasa nada si partimos de
      for k = 1:length(R_range(:,i))-1                       % Para cada largo del Dx asociaso
         for t = 1:length(ri(:,j))
            if i == 1
               if and(ri(t,j) > R_range(k,i), ri(t,j) < R_range(k+1,i))
                     frecs1(k,j) = frecs1(k,j) + 1;
               end
            elseif i == 2
               if and(ri(t,j) > R_range(k,i), ri(t,j) < R_range(k+1,i))
                     frecs2(k,j) = frecs2(k,j) + 1;
               end
            elseif i== 3
               if and(ri(t,j) > R_range(k,i), ri(t,j) < R_range(k+1,i))
                     frecs3(k,j) = frecs3(k,j) + 1;
               end
            end
         end
      end
   end
end

% Graficamos
for i = 1:length(DR)
   for j = 1:length(Dx)
      if i == 1
         for k = 1:length(frecs1(:,j))
            if ~(frecs1(k,j) == 0)
               if j ==1
                  frecs11_new(k,1) = frecs1(k,j);
               elseif j == 2
                  frecs12_new(k,1) = frecs1(k,j);
               elseif j == 3
                  frecs13_new(k,1) = frecs1(k,j);
               end
            end
         end
      elseif i == 2
         for k = 1:length(frecs2(:,j))
            if ~(frecs2(k,j) == 0)
               if j ==1
                  frecs21_new(k,1) = frecs2(k,j);
               elseif j == 2
                  frecs22_new(k,1) = frecs2(k,j);
               elseif j == 3
```

```
                    frecs23_new(k,1) = frecs2(k,j);
                end
            end
        end

    elseif i == 3
        for k = 1:length(frecs3(:,j))
            if ~(frecs3(k,j) == 0)
                if j ==1
                    frecs31_new(k,1) = frecs3(k,j);
                elseif j == 2
                    frecs32_new(k,1) = frecs3(k,j);
                elseif j == 3
                    frecs33_new(k,1) = frecs3(k,j);
                end
            end
        end
    end
  end
end

figure
myhist11 = histogram(frecs11_new.',R_range1);
hold on
myhist12 = histogram(frecs12_new.',R_range2);
myhist13 = histogram(frecs13_new.',R_range3);
myhist11.Normalization = 'pdf';
myhist12.Normalization = 'pdf';
myhist13.Normalization = 'pdf';
xlabel('r')
ylabel('f_R(r)')
legend('Dx = 0.1', 'Dx = 1', 'Dx = 2')
hold off

figure
myhist21 = histogram(frecs21_new.',R_range1);
hold on
myhist22 = histogram(frecs22_new.',R_range2);
myhist23 = histogram(frecs23_new.',R_range3);
myhist21.Normalization = 'pdf';
myhist22.Normalization = 'pdf';
myhist23.Normalization = 'pdf';
xlabel('r')
ylabel('f_R(r)')
legend('Dx = 0.1', 'Dx = 1', 'Dx = 2')
hold off

figure
myhist31 = histogram(frecs21_new.',R_range1);
hold on
myhist32 = histogram(frecs22_new.',R_range2);
myhist33 = histogram(frecs23_new.',R_range3);
myhist31.Normalization = 'pdf';
myhist32.Normalization = 'pdf';
myhist33.Normalization = 'pdf';
xlabel('r')
ylabel('f_R(r)')
legend('Dx = 0.1', 'Dx = 1', 'Dx = 2')
hold off

% for i = 1:length(Dx)
%     for j = 1:length(R_range(:,i))
%         if ~(R_range(j,i) == 0)
%             if i == 1
%                 R_range_new1(j,1) = R_range(j,i);
%             elseif i == 2
```

```
%                R_range_new2(j,1) = R_range(j,i);
%            elseif i == 3
%                R_range_new3(j,1) = R_range(j,i);
%            end
%        end
%        if ~(R_frec(j,i) == 0)
%            if i == 1
%                R_frec_new1(j,1) = R_frec(j,i);
%            elseif i == 2
%                R_frec_new2(j,1) = R_frec(j,i);
%            elseif i == 3
%                R_frec_new3(j,1) = R_frec(j,i);
%            end
%        end
%    end
%    figure
%    hold on
%    grid on
%    hist1 = histogram(R_frec_new1.',R_range_new1)
%    hist2 = histogram(R_frec_new2.',R_range_new2)
%    hist3 = histogram(R_frec_new3.',R_range_new3)
%    hist1.Normalization = 'pdf';
%    hist2.Normalization = 'pdf';
%    hist3.Normalization = 'pdf';
%    xlabel('r [km]')
%    ylabel('f_{R}(r)')
%    hold off
% end
%
% %table(R_range,R_frec)
```







Published with MATLAB® R2021b