# Ventaneo de Higuchi en la detección de ondas primarias y la estimación de la magnitud del sismo

Presenta: Gonzalo Gálvez Coyt.

ggalvezcoyt@gmail.com.

OBJETIVO:

Detectar la presencia de las ondas primarias a partir del sismograma y estimar lo mejor posible la magnitud del sismo

**SERIES DE TIEMPO**

**METODO DE HIGUCHI**

**APLICACIÓN DEL VENTANEO DE HIGUCHI A SISMOGRAMAS**

**CONCLUSIONES**

# Series de Tiempo

Una forma de estudiar y caracterizar a un **sistema complejo** es mediante la medición de algunas de sus variables.

Es de esperar que estas mediciones $x_1, x_2, \ldots, x_N$ contengan parte de la información dinámica del sistema.

La secuencia de valores $x_1, x_2, \ldots, x_N$ es lo que se conoce comúnmente como **series de tiempo**.

Normalmente se denotada por:

$$x(i) \qquad i = 1, \ldots, N,$$

De acuerdo a lo anterior cualquier medición discreta de una variable física se puede considerar como una serie de tiempo.

# Método de Higuchi

I. A partir de la serie de tiempo $x(i)$ se obtienen las nuevas subseries $x^m{}_k\ (i)$

$$x_k{}^m; \quad x(m), x(m+k), x(m+2k), x(m+3k), \ldots, x\left(m+\left[\frac{N-m}{k}\right]k\right), \quad (m=1, 2, 3, \ldots, k)$$

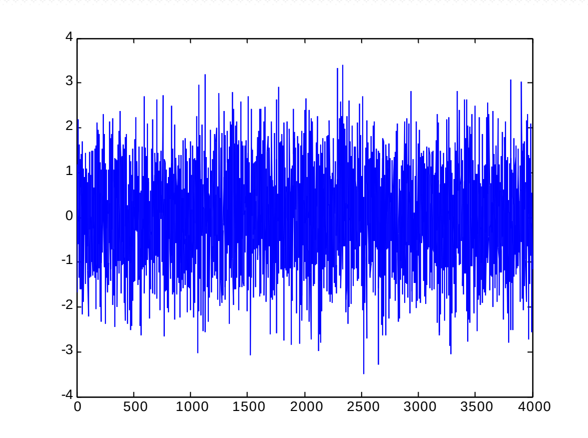
Donde $k$ y $m$ son cantidades enteras, $m$ representa el tiempo inicial y $k$ el ancho del intervalo y [ ] denota la parte entera.

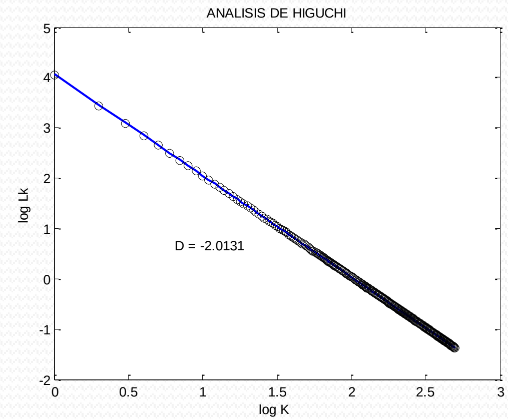
II. Se define la longitud de la serie $x^m{}_k(i)$ como:

$$L_m(k) = \left( \sum_{i=1}^{\left[\frac{N-m}{k}\right]} \left| x(m+ik) - x(m+(i-1)k) \right| \right) \frac{N-1}{\left[\frac{N-m}{k}\right]k^2}$$

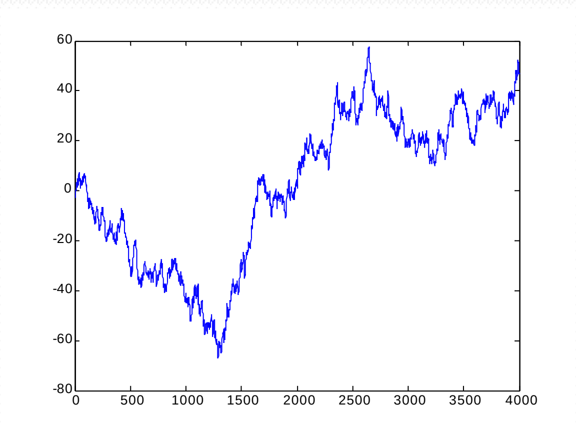
III. La longitud de la serie $L(k)$ para $x(i)$ se obtienen promediando todas las longitudes $L_m(k)$.

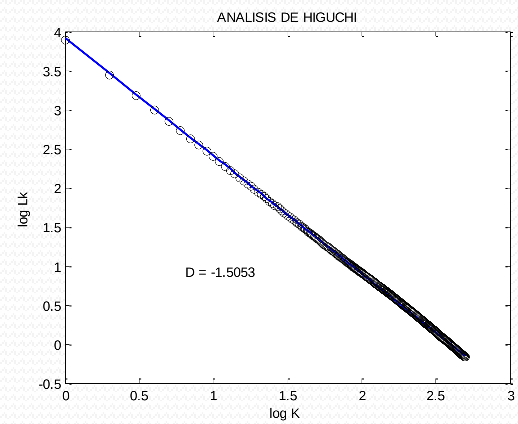
Si $L(k) \propto k^{-D}$ , esto es, se comporta como una ley de potencias, se tiene el exponente $D$ es la dimensión fractal de la serie.






Análisis de Higuchi del ruido blanco $D = 2.0131$

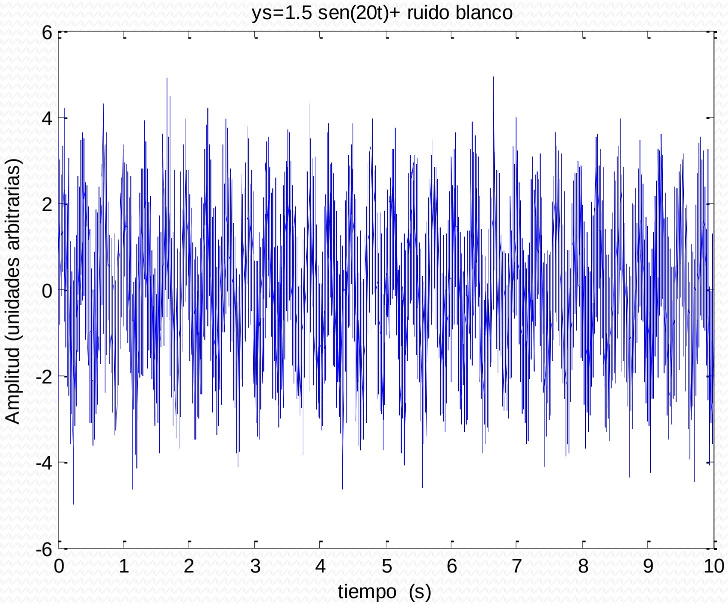


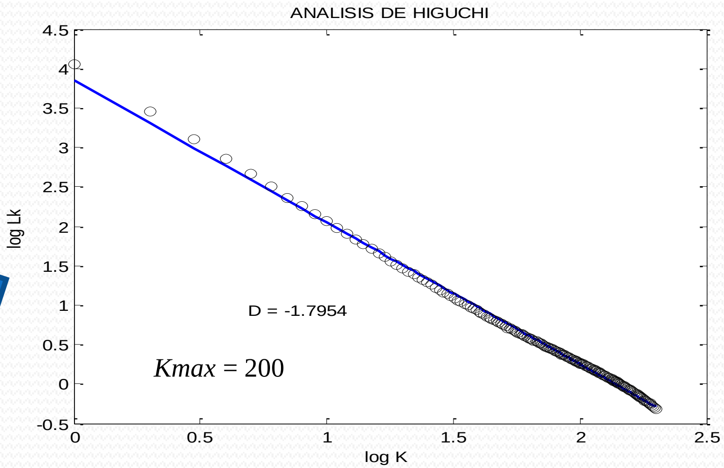


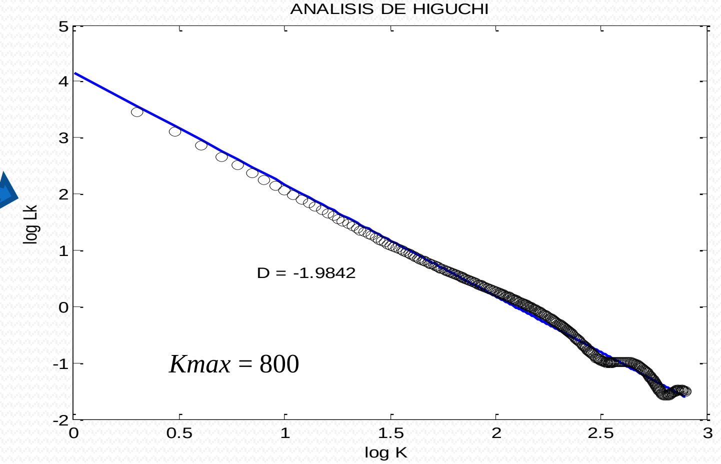

Análisis de Higuchi movimiento Browniano $D = 1.5053$

# Método de Higuchi aplicado a cuasi periódicas

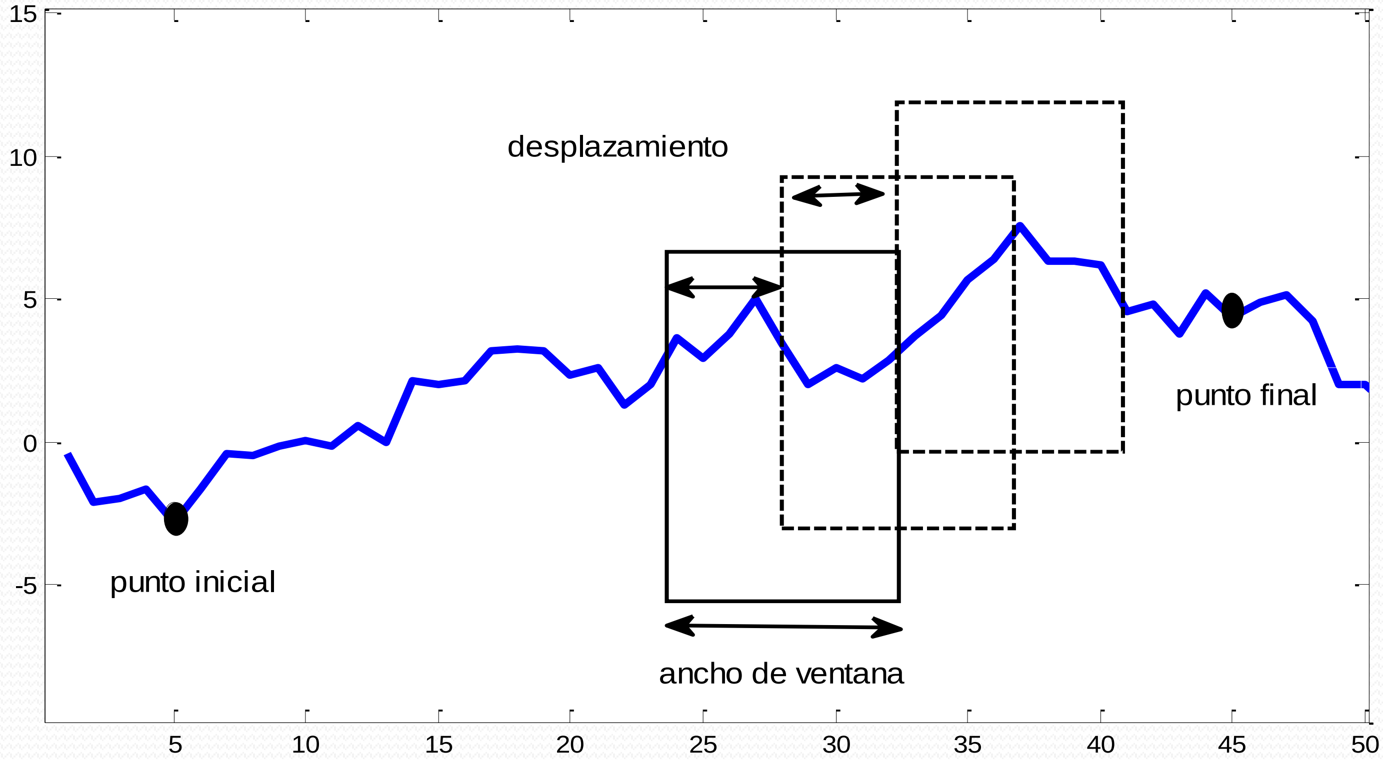
Serie periódica + ruido blanco



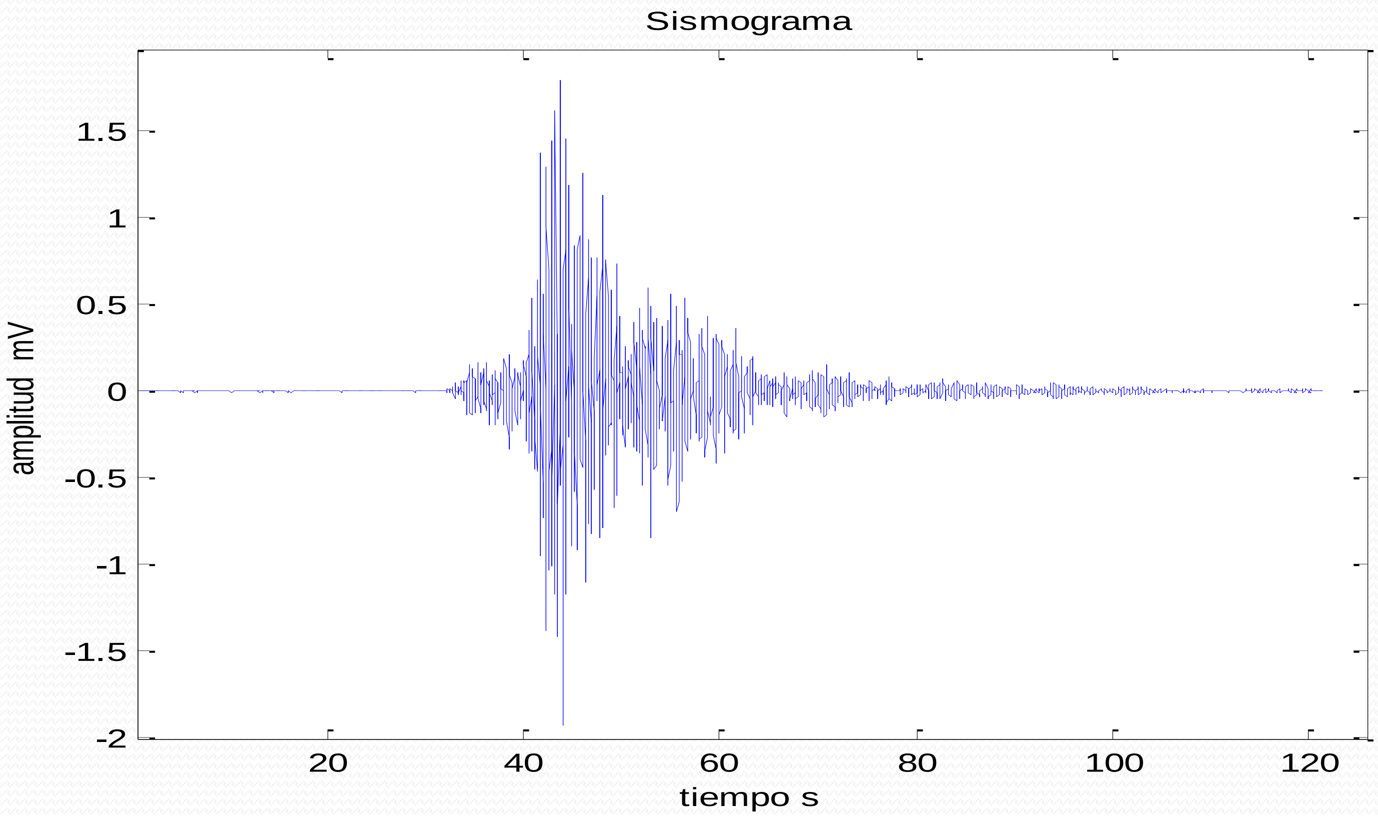



# Método de Ventaneo

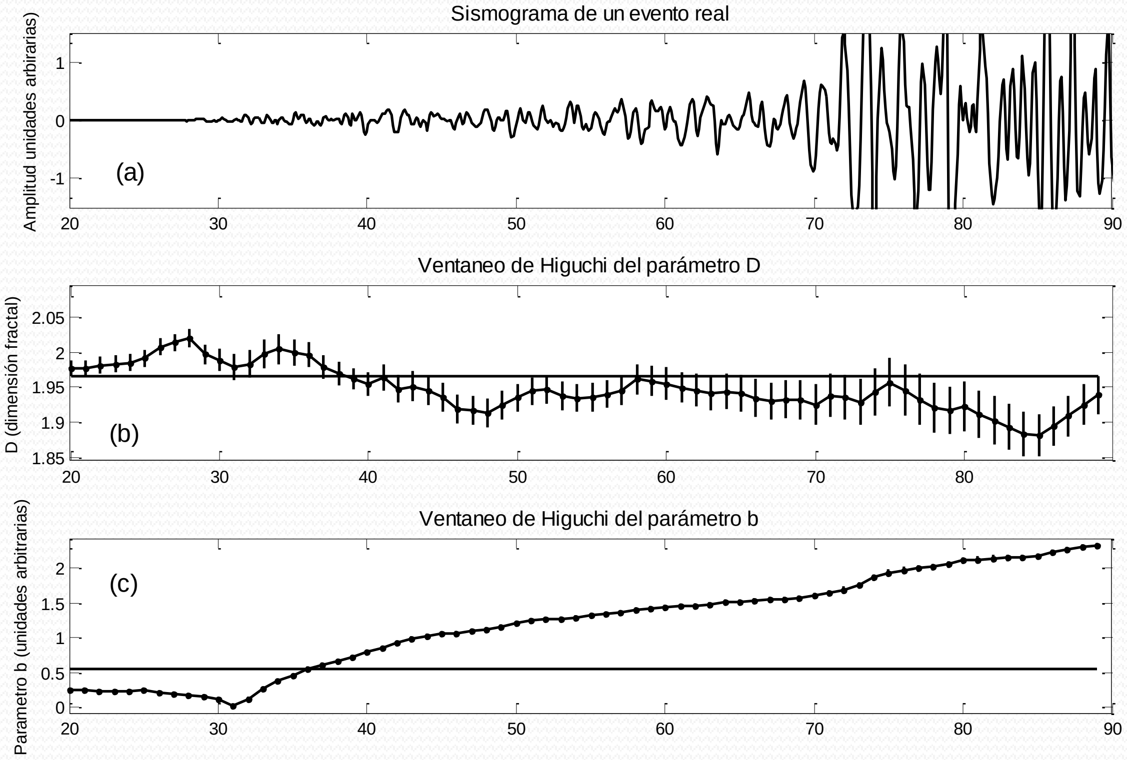


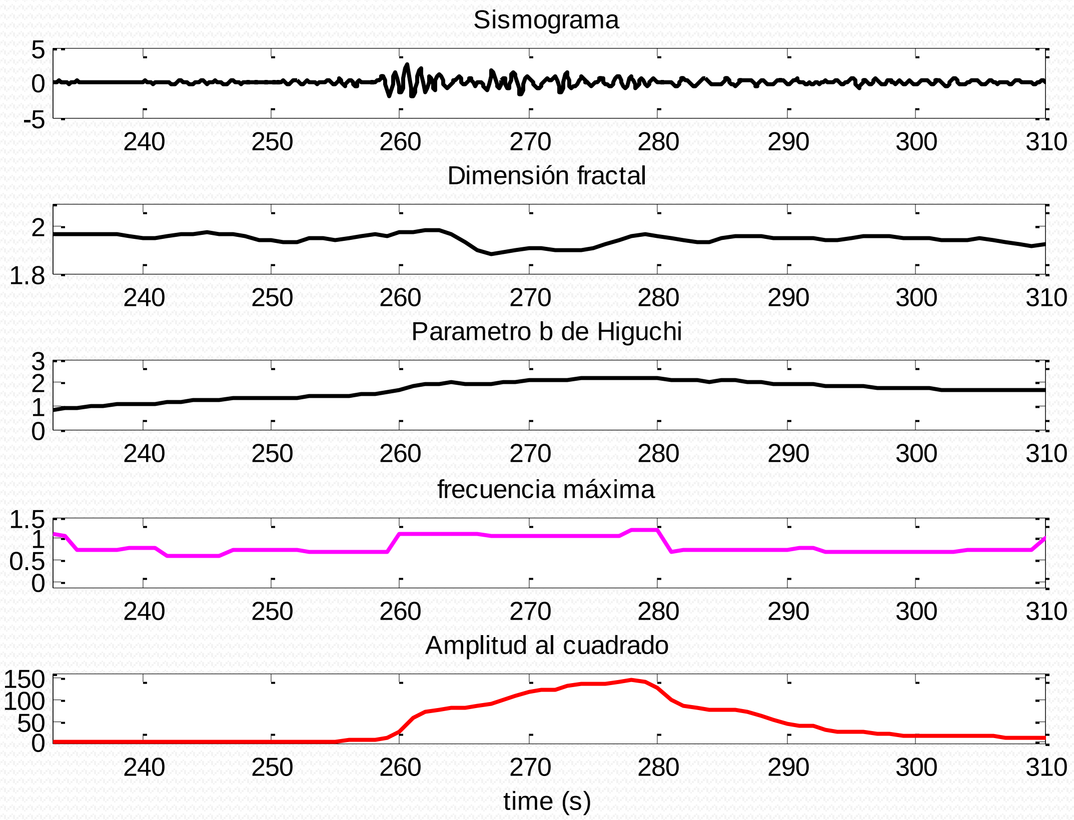
# APLICACIÓN DEL VENTANEO DE HIGUCHI PARA ANALIZAR SISMOGRAMAS



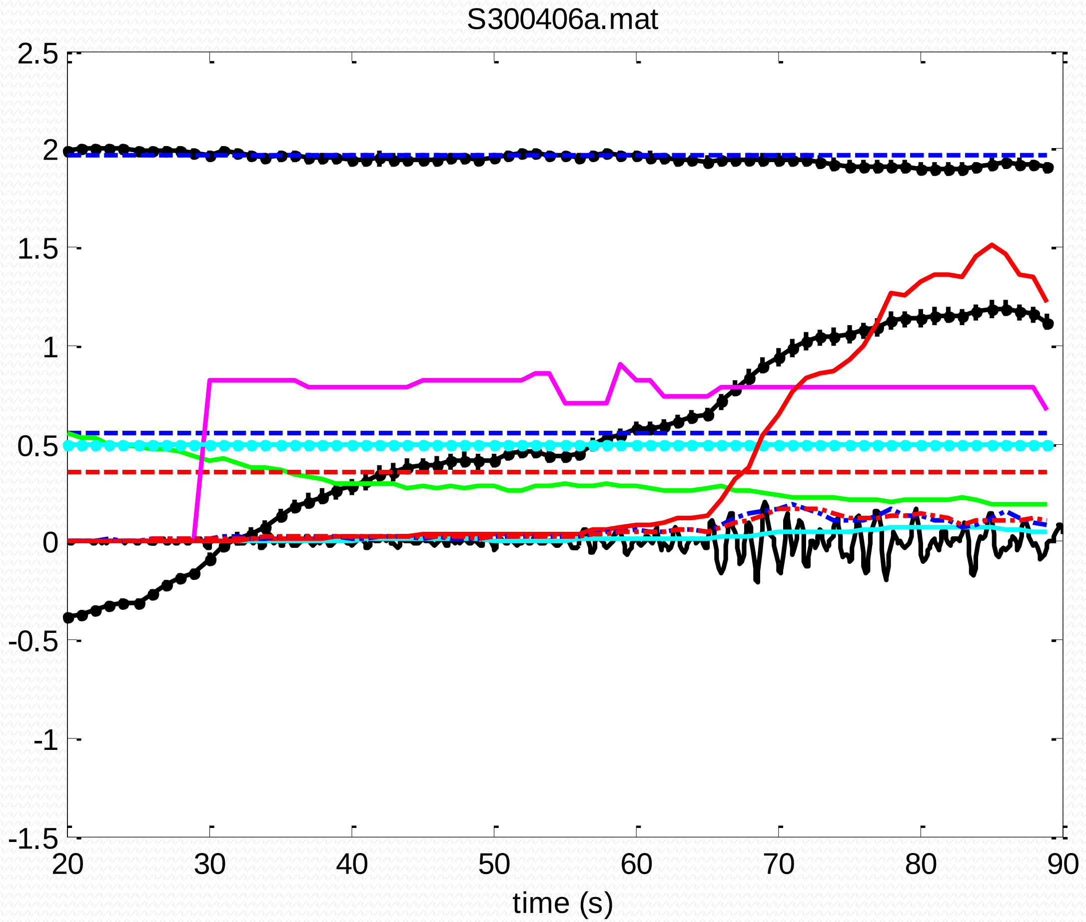

Sismograma para un evento de magnitud apreciable

# Ventaneo de Higuchi del sismograma

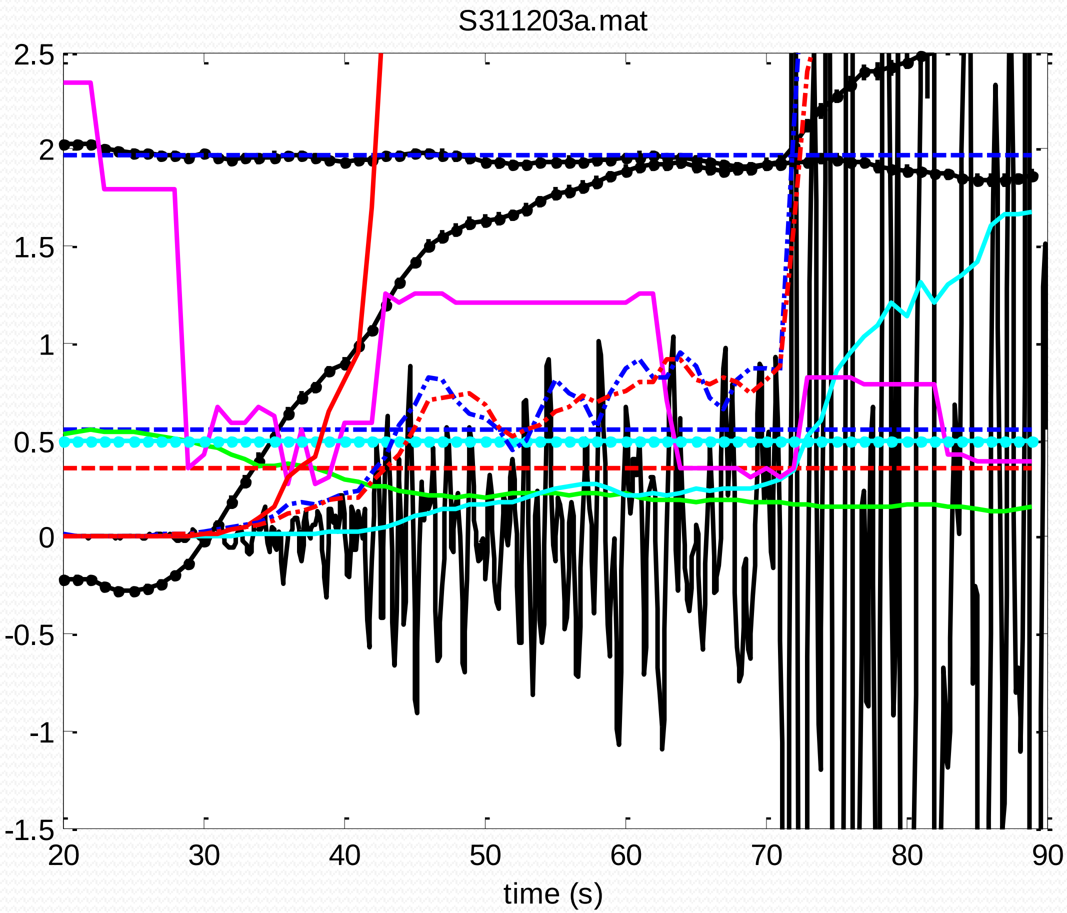




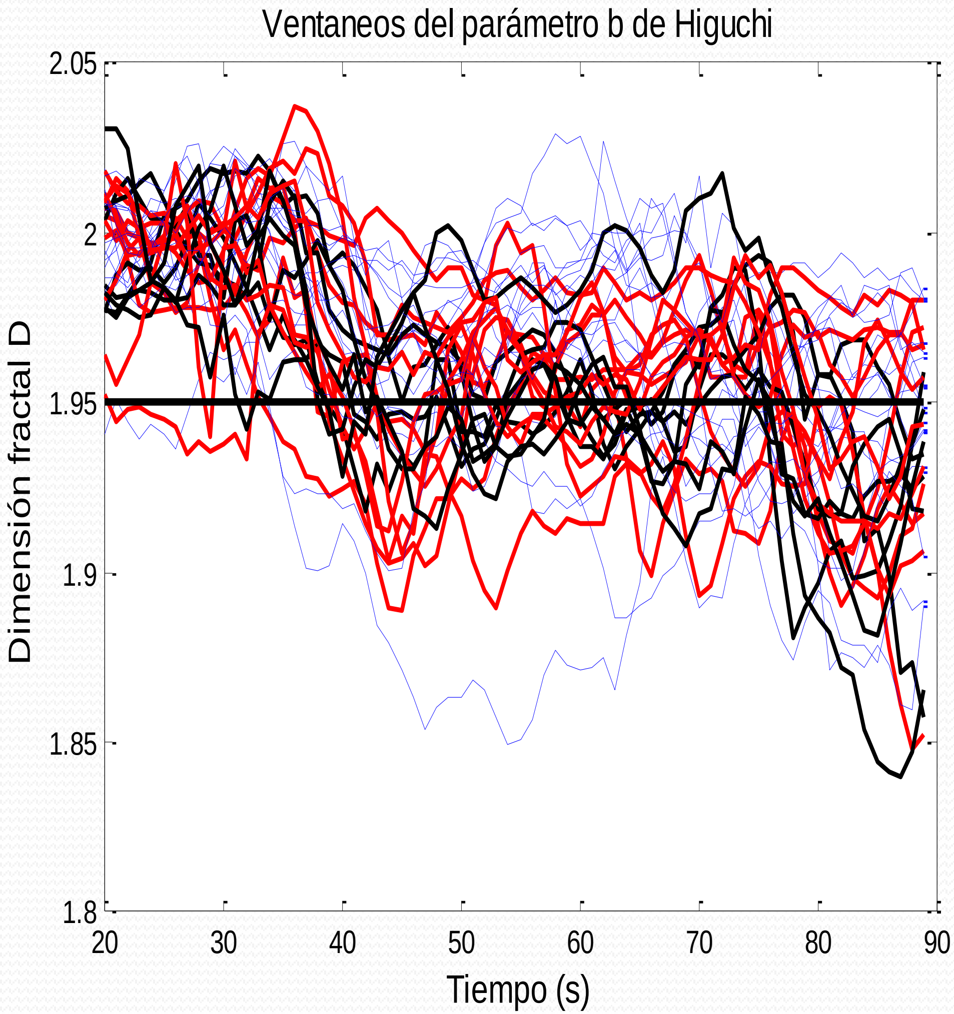

Ventaneo de algunos parámetros de interés para un sismograma

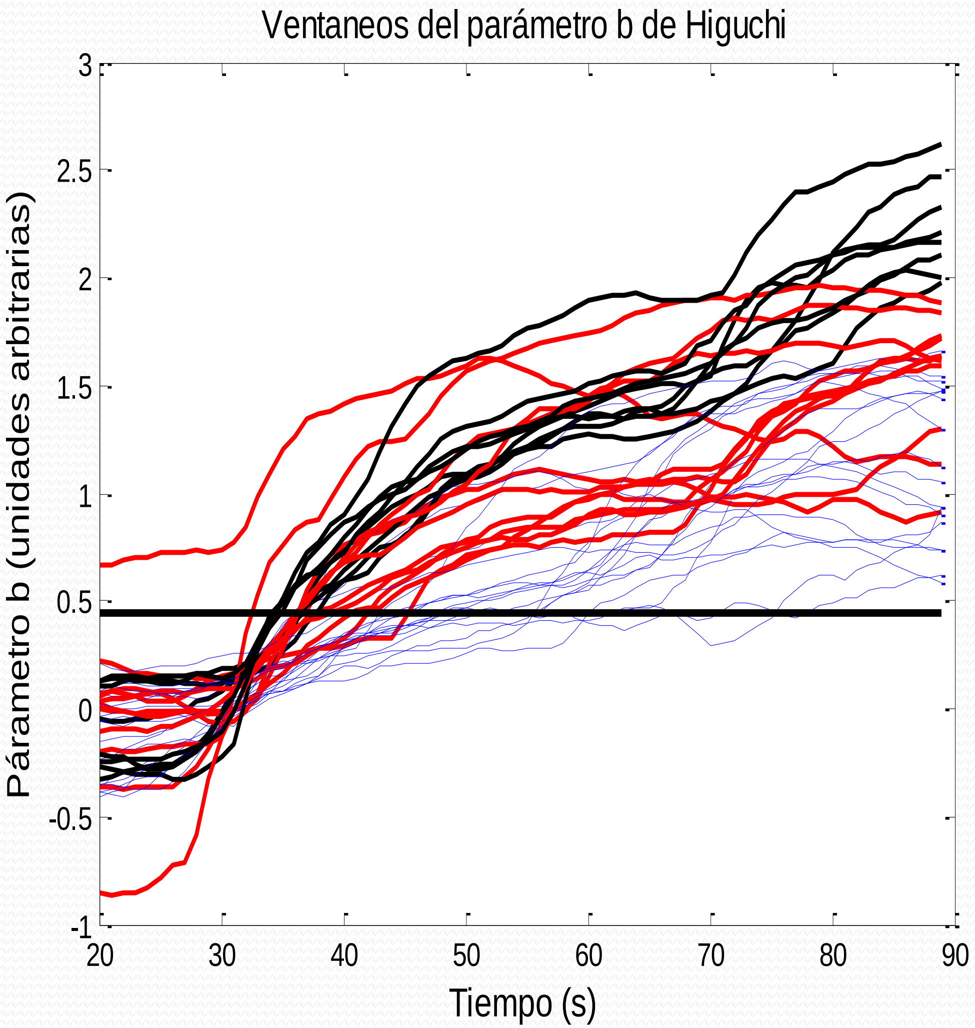


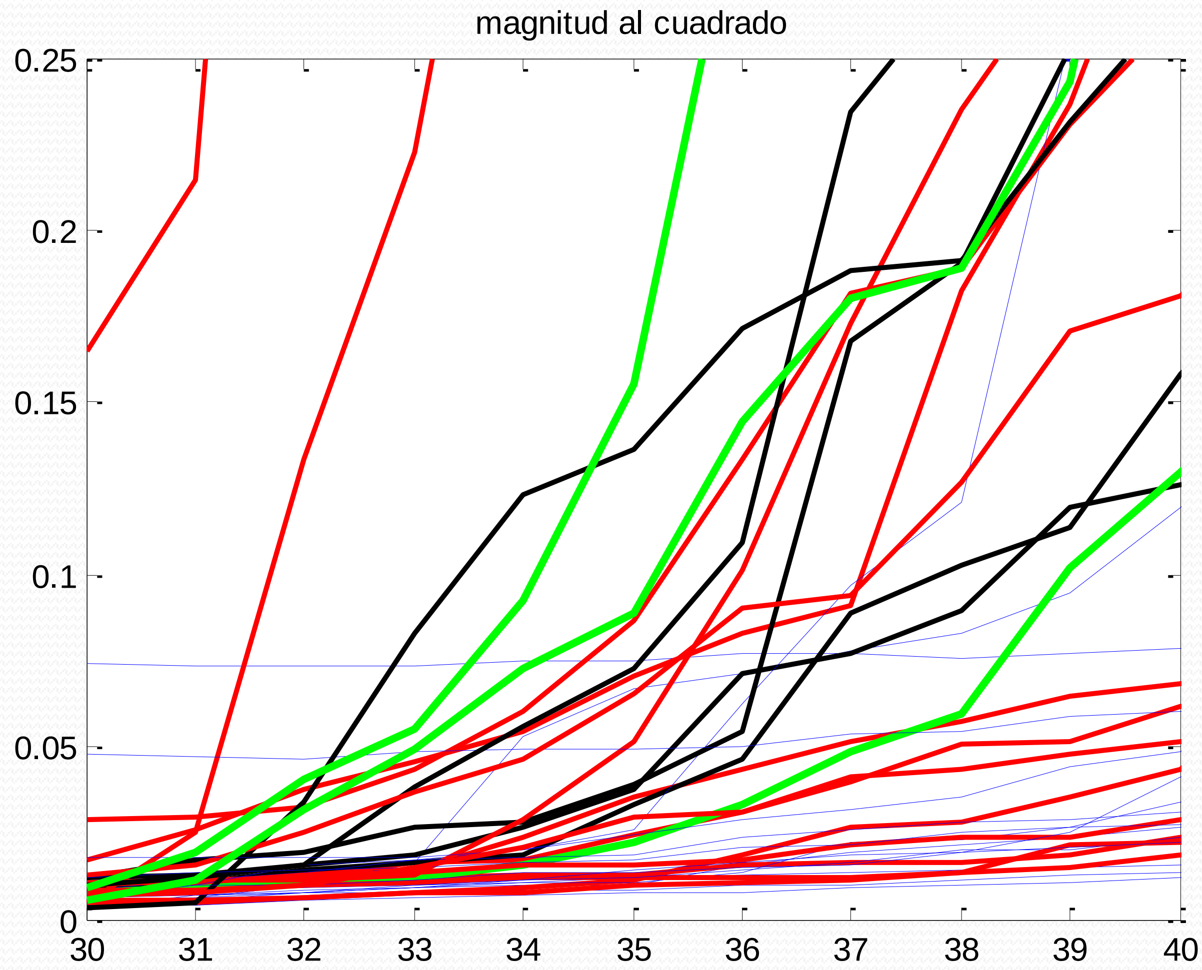

Ejemplo de ventaneo total sismo CHICO




Ejemplo de ventaneo total sismo GRANDE

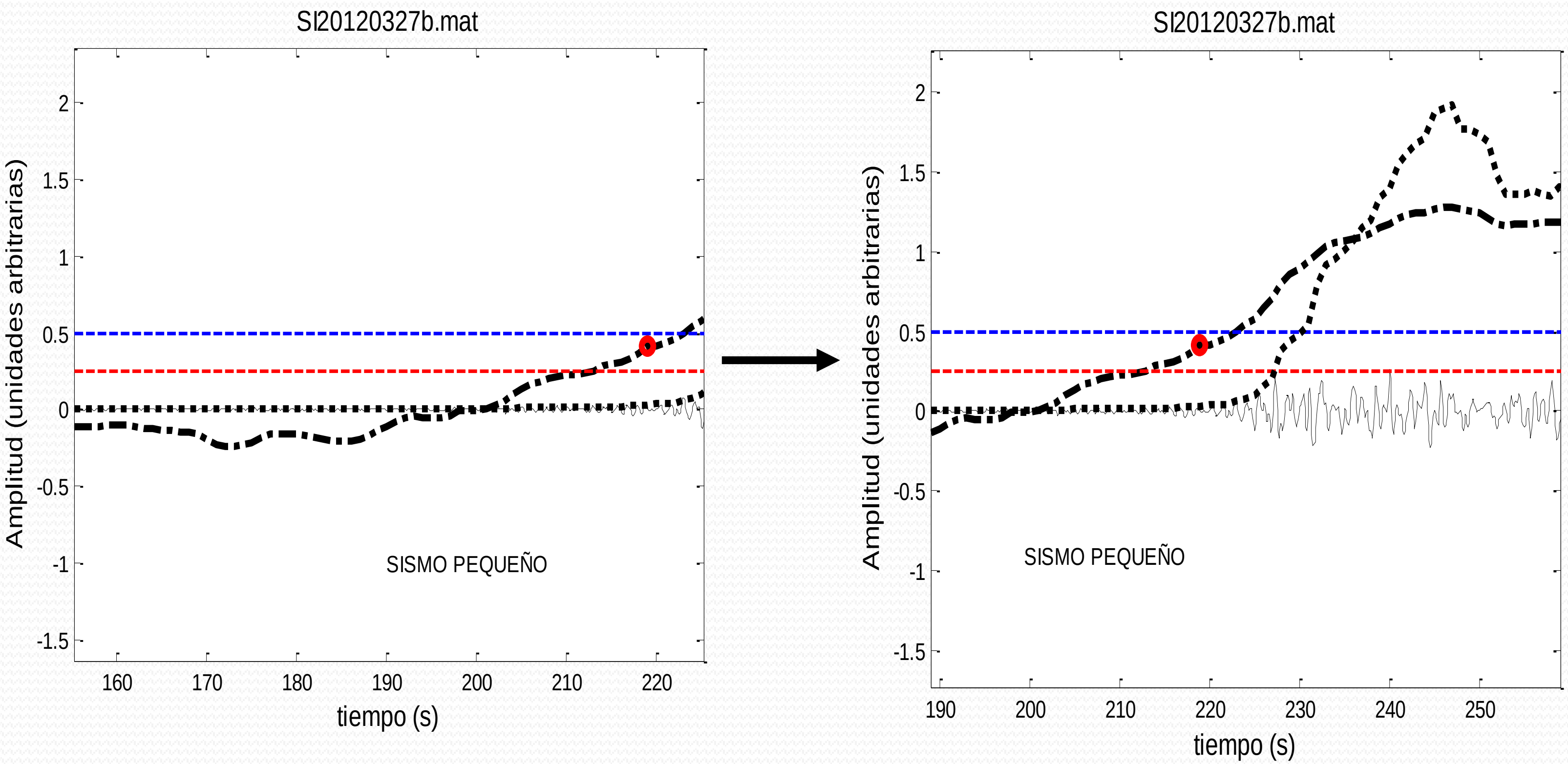

Ventaneos del parámetro b de Higuchi
Dimensión fractal D
Tiempo (s)
2.05
2
1.95
1.9
1.85
1.8
20
30
40
50
60
70
80
90

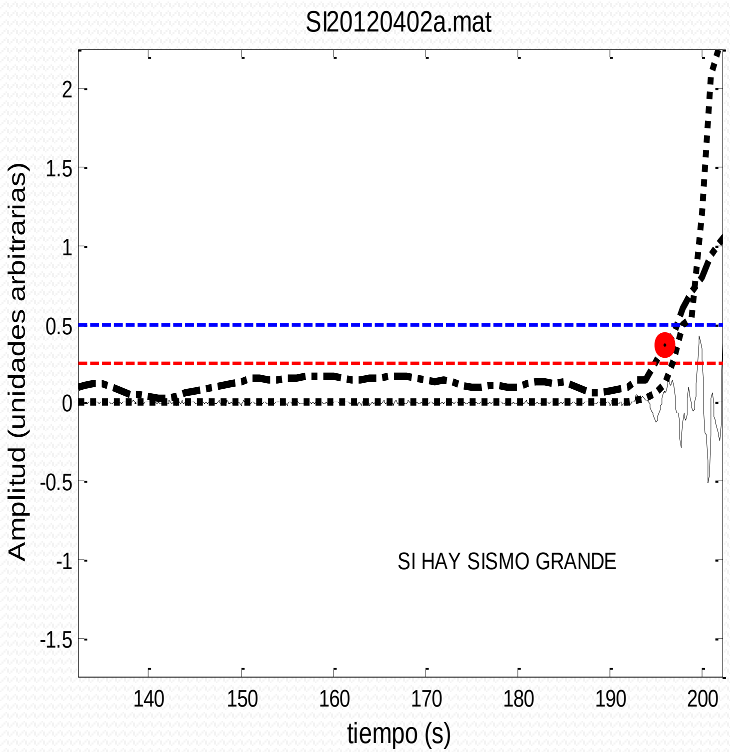

Ventaneos del parámetro b de Higuchi
Párametro b (unidades arbitrarias)
Tiempo (s)
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
20
30
40
50
60
70
80
90

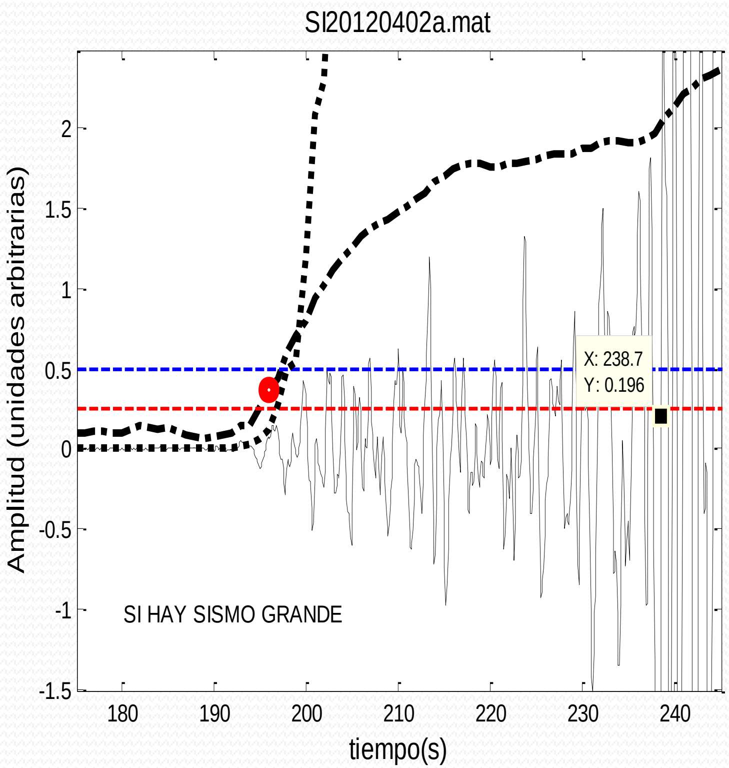


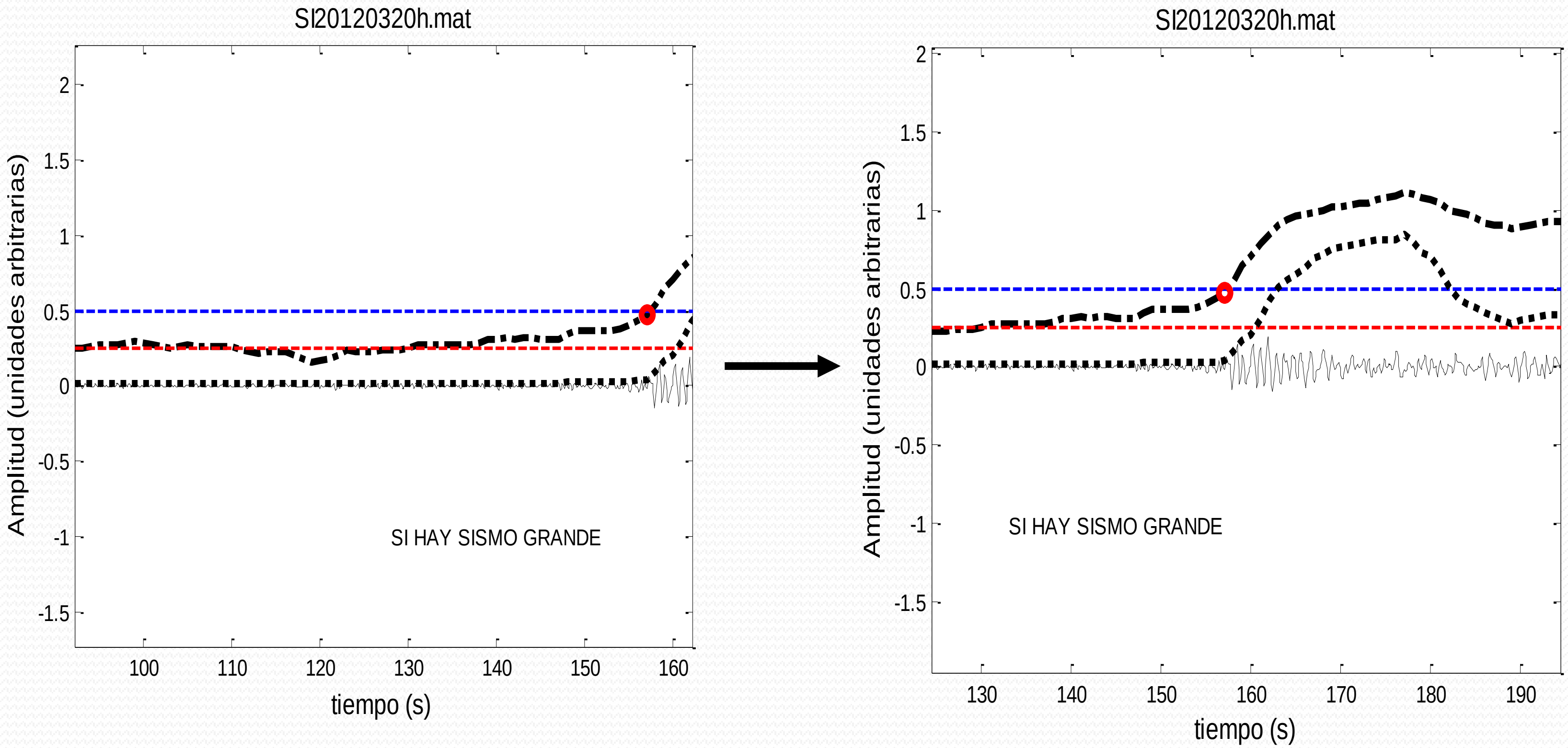
magnitud al cuadrado
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

# Alarma sísmica




SI20120402a.mat
Amplitud (unidades arbitrarias)
tiempo (s)
SI HAY SISMO GRANDE
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
140
150
160
170
180
190
200


SI20120402a.mat
Amplitud (unidades arbitrarias)
tiempo(s)
SI HAY SISMO GRANDE
X: 238.7
Y: 0.196
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
180
190
200
210
220
230
240


SI20120320h.mat
Amplitud (unidades arbitrarias)
tiempo (s)
SI HAY SISMO GRANDE
SI20120320h.mat
Amplitud (unidades arbitrarias)
tiempo (s)
SI HAY SISMO GRANDE

# CONCLUSIONES

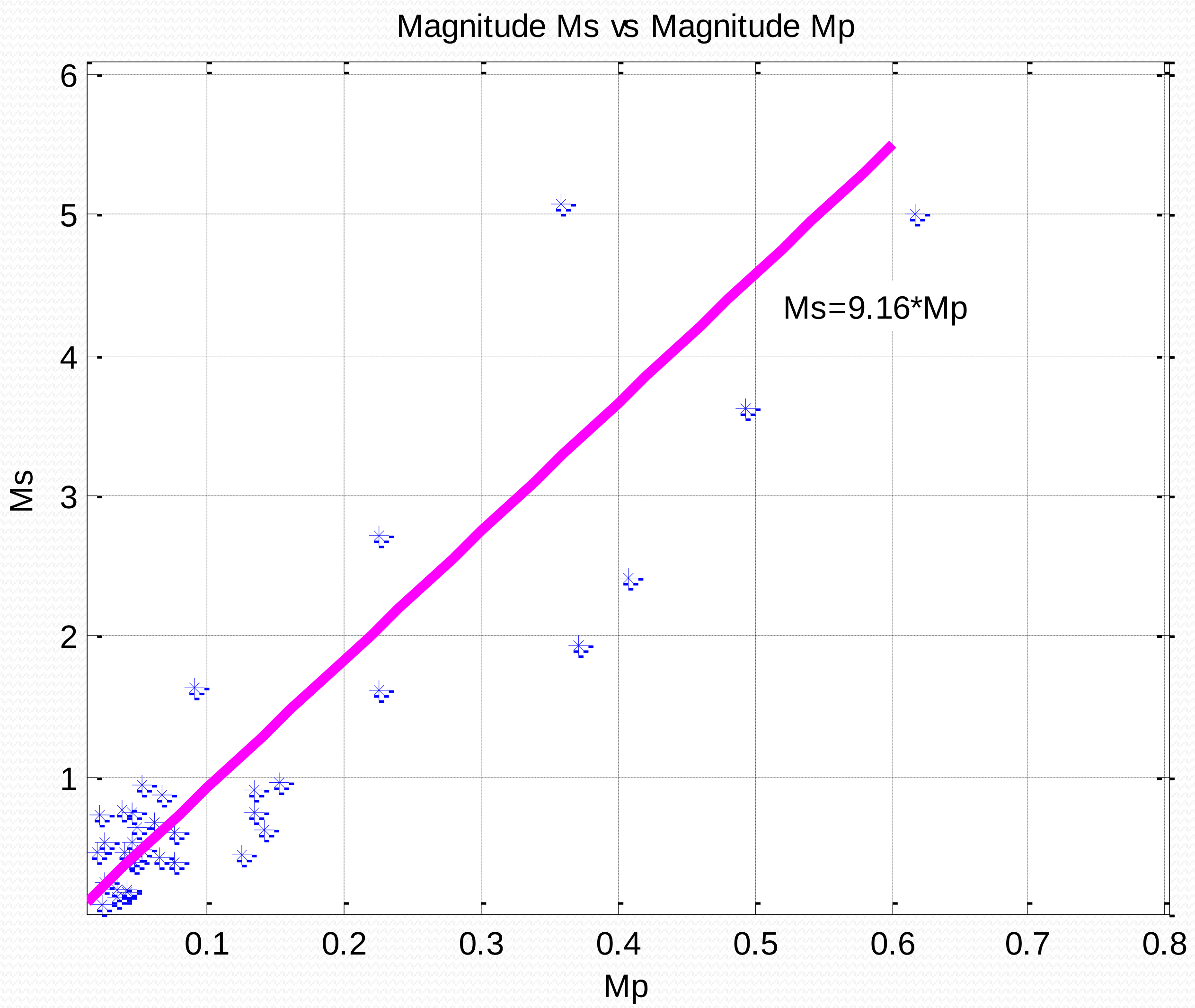
Cambios apreciables en el parámetro *b* y otros, resultan ser en muchos casos indicativos de presencia de las ondas primarias.

Existe un buen número de sismos cuyo comportamiento similar, permite establecer un criterio para tener una ALARMA SÍSMICA.

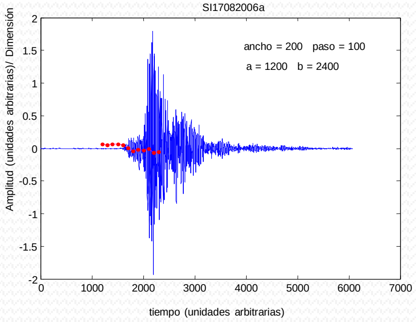
A pesar de que no se ha podido resolver el problema para todos los casos, se ha logrado un buen avance.

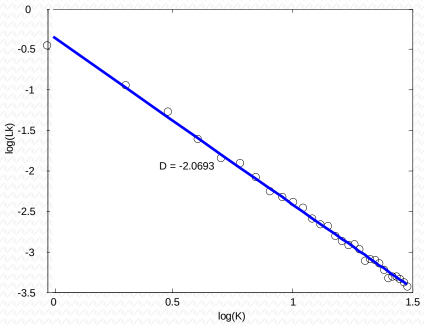
# GRACIAS POR SU ATENCIÓN

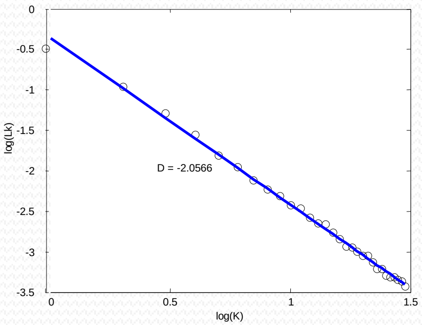
# Comparación entre magnitud Mp y Ms

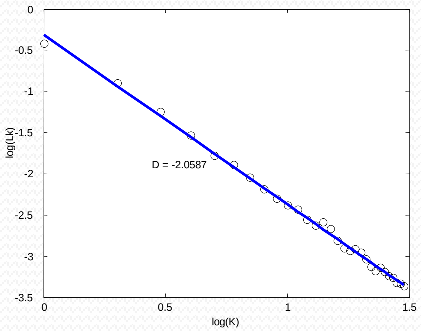


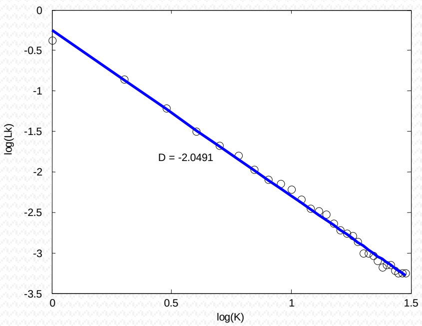
# Secuencia de ventaneo de Higuchi

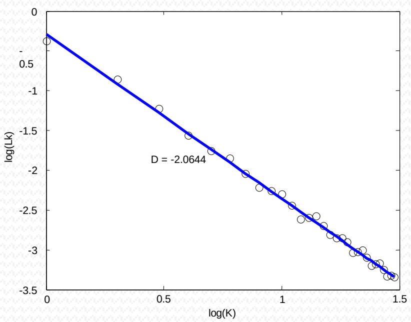


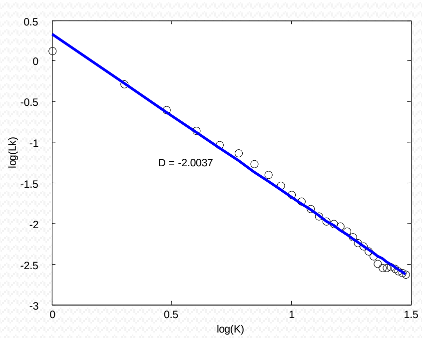



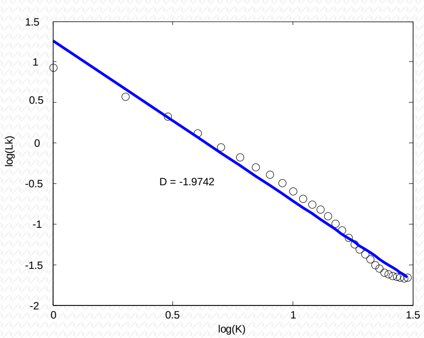



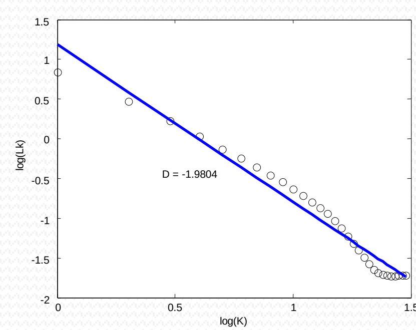



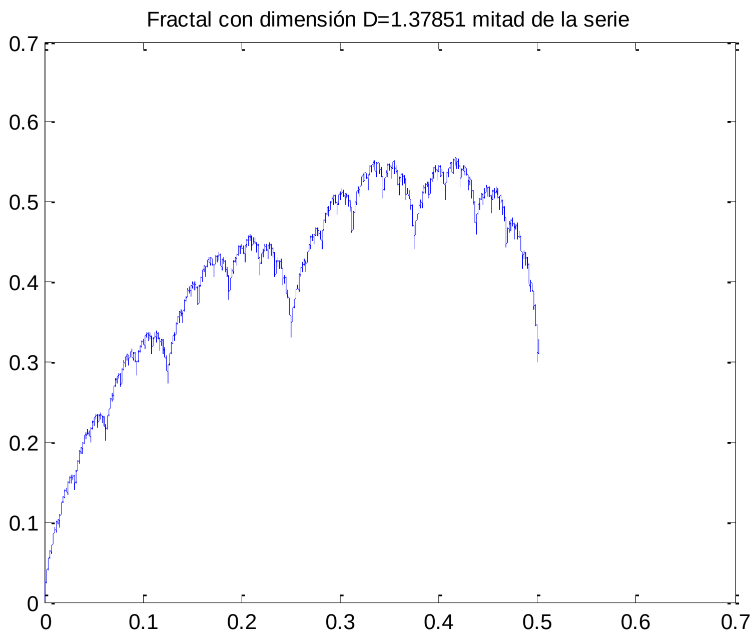



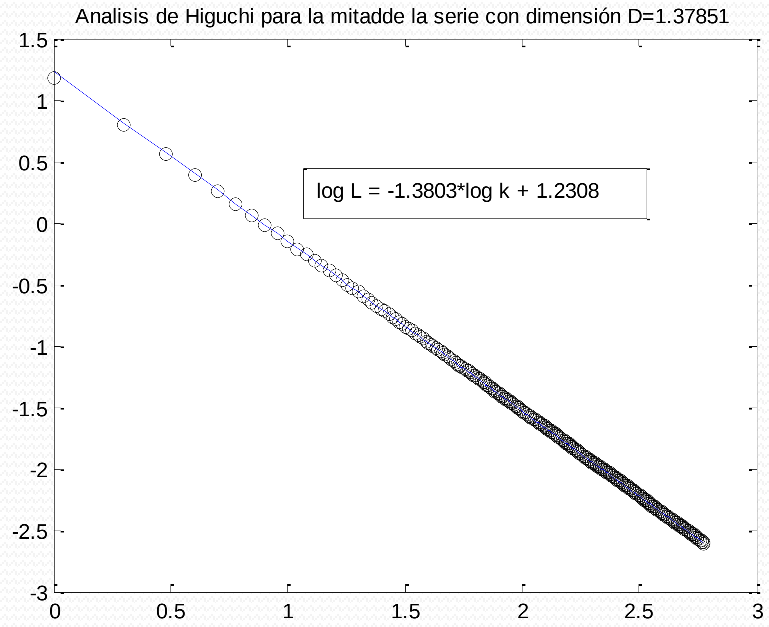



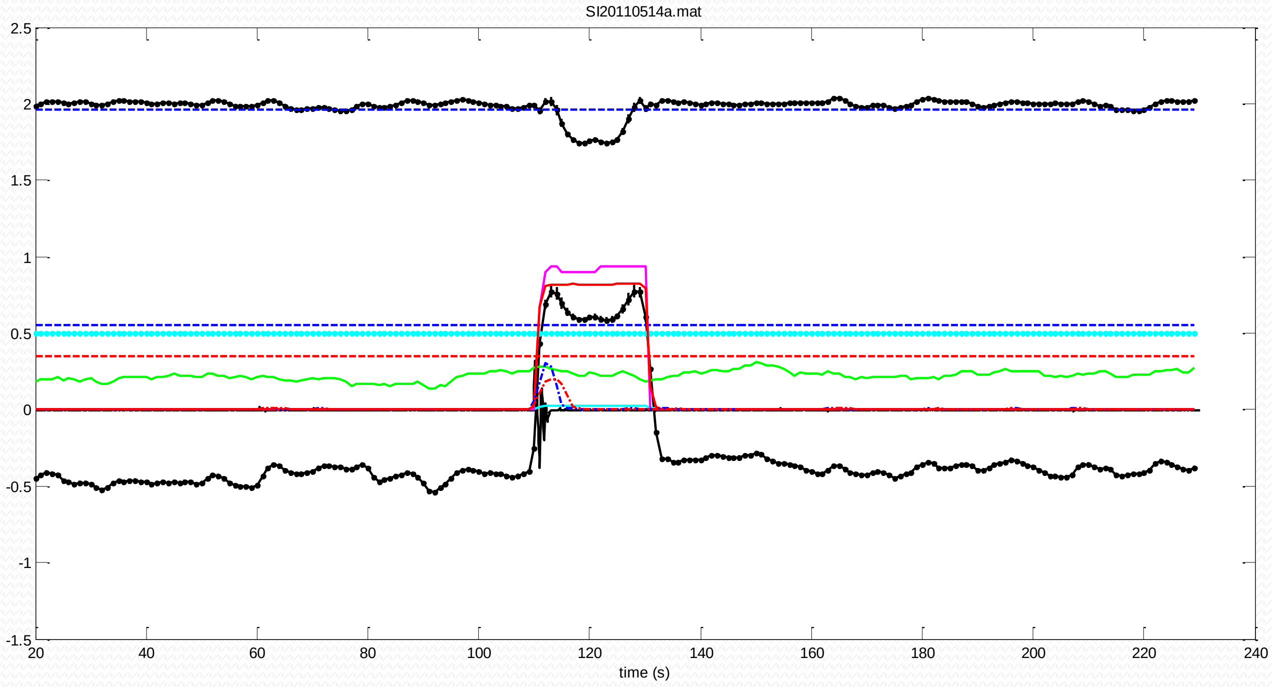



(a)




(b)

(a) Mitad de la serie monofractal $\mathrm{D} = 1.37851$ con $N = 50000$. (b) Análisis de Higuchi de la mitad serie monofractal a) obteniéndose $D_H = 1.3828$,



SI20110514a.mat
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
time (s)

# Fractales

Mandelbrot definió a los fractales como los objetos cuya distribución de frecuencia del tamaño satisface una ley de potencias de la forma:

$$N_i \approx r_i^{-D}$$

Donde $N_i$ es el número de objetos y $r_i$ es la longitud característica.

El exponente $D$ es la dimensión fractal.

La dimensión fractal de un objeto se puede determinar a partir de la ecuación

$$D = \frac{\ln(N)}{\ln(1/r)}$$

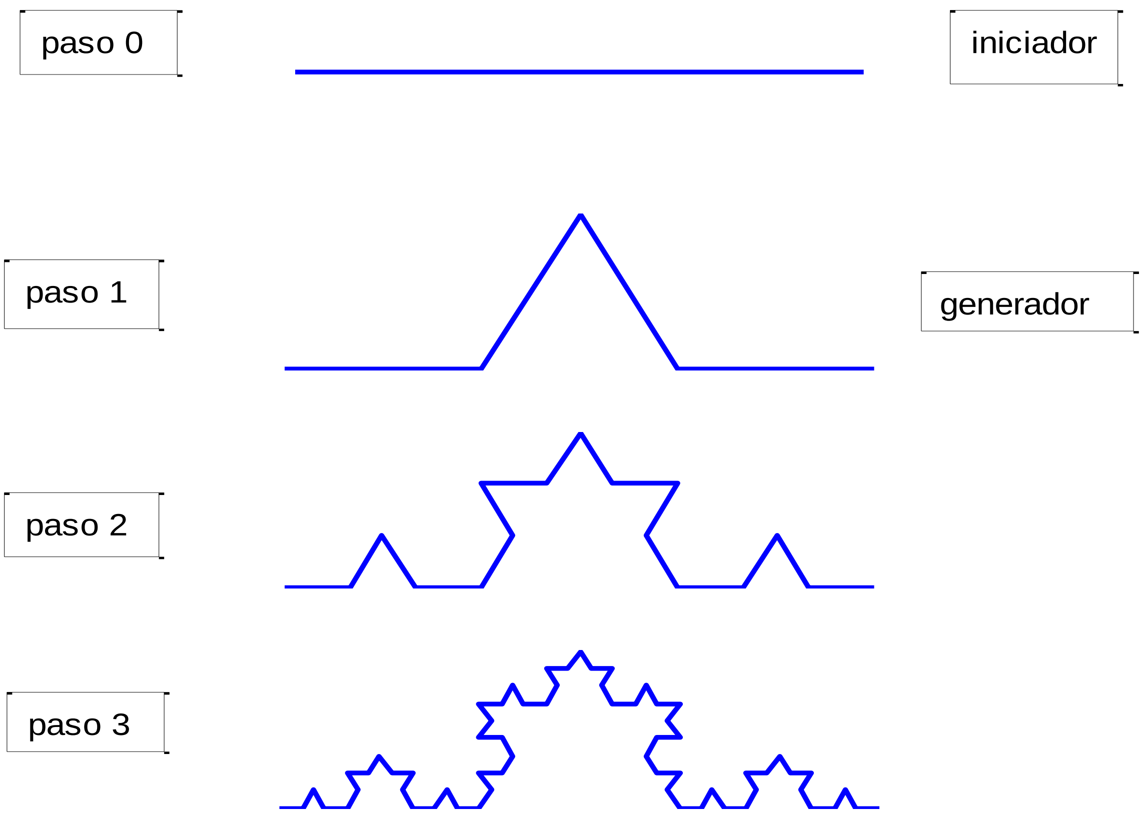
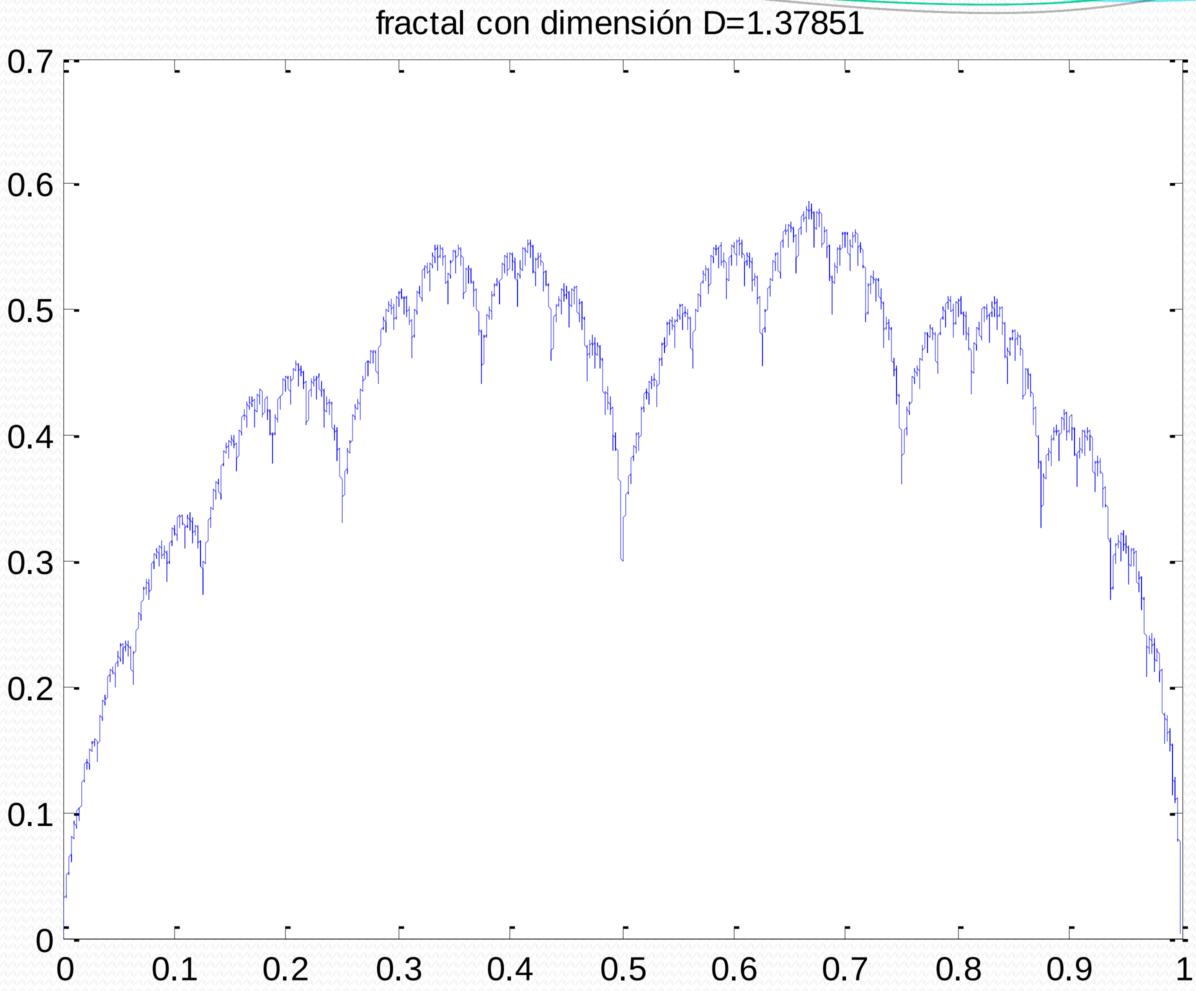



Ilustración de los primeros pasos en la construcción de la curva de Koch. En cada etapa el número de lados en la figura aumenta 4 respecto a la anterior.

$$D = \ln(4) / \ln(3) = 1.2618$$




Serie monofractal con, $D$ =1.37851

# Transformada de Fourier

Utilizando la trasformada de Fourier es posible obtener las frecuencias importantes contenidas en una señal

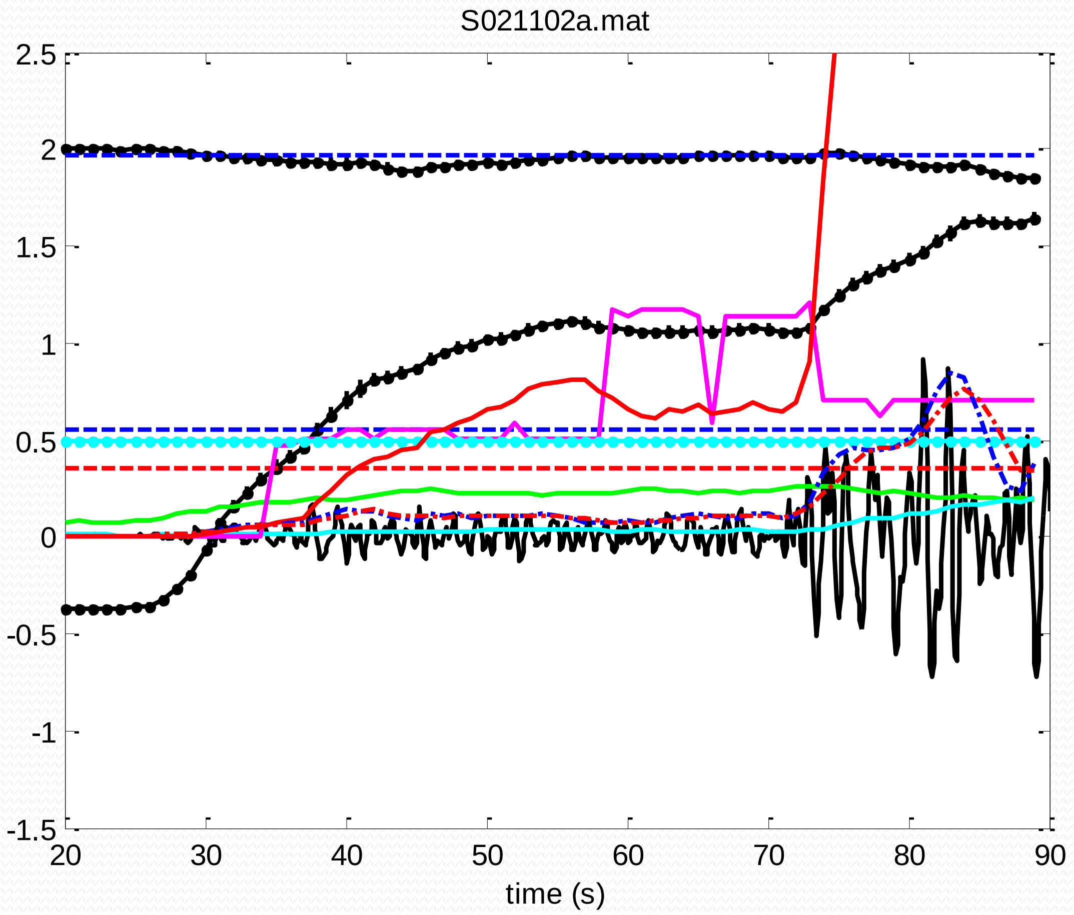
$$X(\omega) = \sum_{n=1}^{N} x(n)\, e^{i\,\omega\, n}$$

donde

$$\omega = \frac{2\,\pi}{N} = 2\,\pi\ f$$

# Energía de la señal o Amplitud al cuadrado

$$E = \sum_{n=1}^{N} x(n)^2$$




Ejemplo de ventaneo total sismo MEDIANO