

# UNIVERSIDAD DE GRANADA



Departamento de Física Teórica y del Cosmos



DEPARTAMENTO DE FÍSICA TEÓRICA Y DEL COSMOS

# INSTITUTO ANDALUZ DE GEOFÍSICA Y PREVENCIÓN DE DESASTRES SÍSMICOS

## ***“Sistema para graficar registros sísmicos de 24 horas en segmentos de una hora y en días continuos”***

(System for plotting 24-hour seismic records in one-hour segments and on one continuous plot)

MANUAL DE USUARIO: VERSIÓN 1.0

## Autor:

Ligdamis A. Gutiérrez E. PhD.

**Volcán Masaya, Nicaragua**  
Foto por: Ligdamis A. Gutiérrez E.

*Granada, España 2021-2023*

# Índice General

|  |    |
|--|----|
| <u>1.- Introducción</u>  | 3  |
| <u>2.- Pantalla Inicial del Sistema</u>  | 4  |
| <u>2.1.- Elementos de la pantalla inicial</u>  | 6  |
| <u>3.- Interfaz principal</u>  | 7  |
| <u>3.1.- Elementos de la pantalla de análisis</u>  | 7  |
| <u>3.1.1.- Bloque de Selección de Registro, Magnitud y Limpieza de Entradas</u>  | 8  |
| <u>3.2.- Elementos del bloque de selección</u>   | 8  |
| <u>3.2.1.- Botón de Carga de Registro</u>  | 8  |
| <u>3.2.2. - Cuadro de entrada de datos de” Magnitud Mínima</u>   | 9  |
| <u>3.2.2.- Botón “Clean Inputs (Limpieza)</u>  | 11 |
| <u>4.- Bloque de Selección de tipo de filtro</u>   | 11 |
| <u>4.1.- Filtro Paso-Bajo (Lowpass)</u>  | 12 |
| <u>4.2.- Filtro Paso-Alto (Highpass)</u>   | 13 |
| <u>4.3.- Filtro Paso-Banda (Bandpass)</u>  | 14 |
| <u>5.- Bloque de Comandos Gráficos</u>   | 15 |
| <u>5.1.- Botón de Gráfica de 24 horas (Full day Chart)</u>   | 15 |
| <u>5.2.- Botón de Gráfica de día continuo (Continuos Day)</u>  | 16 |
| <u>6.- Bloque de Ruta, Regreso y Salida</u>  | 17 |
| <u>6.1.1.- Botón “Go Back”</u>   | 17 |
| <u>6.1.2.- Botón “Exit”</u>  | 18 |
| <u>6.1.3.- Área de presentación de la ruta del archivo</u>   | 18 |
| <u>7.- Resultados Gráficos de la selección de los Registros</u>  | 19 |
| <u>7.1.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado y gráfica de 24 horas</u>  | 19 |
| <u>7.1.1 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Bajo de 4 Hz y magnitud 6.5 Mw</u>  | 19 |
| <u>7.1.2 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Bajo de 4 Hz y magnitud 4.9 Mw</u>  | 20 |
| <u>7.1.3 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Alto de 8 Hz y magnitud 6.5 Mw</u>  | 21 |
| <u>7.1.4 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Alto de 8 Hz y magnitud 4.9 Mw</u>  | 22 |
| <u>7.1.5 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Banda con frecuencia mínima de 1 Hz, frecuencia máxima de 20 Hz y magnitud 6.5 Mw</u> | 24 |
| <u>7.1.6 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Banda con frecuencia mínima de 1 Hz, frecuencia máxima de 20 Hz y magnitud 4.9 Mw</u> | 25 |
| <u>7.2.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado y gráficas continuas</u>   | 26 |
| <u>7.2.1 Gráfica del Registro continuo con filtro Paso-Bajo de 4 Hz</u>  | 27 |
| <u>7.2.2 Gráfica del Registro continuo con filtro Paso-Alto de 8 Hz</u>  | 27 |
| <u>7.2.3 Gráfica del Registro con filtro Paso-Banda con frecuencia mínima de 1 Hz, frecuencia máxima de 20 Hz</u>                              | 27 |
| <u>8.- Barra de Herramientas de las gráficas (Librería Matplotlib)</u>   | 28 |
| <u>8.1.- Guardar las gráficas</u>  | 28 |
| <u>8.2.- Edición de los ejes e imágenes de las Gráficas</u>  | 30 |
| <u>CONCLUSIÓN</u>  | 33 |
| <u>Agradecimientos</u>   | 33 |
| <u>Anexo A</u>   | 34 |
| <u>A1.- Instalación de Python y librerías adicionales</u>  | 34 |
| <u>A1.1. Contenido del paquete de Instalación</u>  | 34 |
| <u>A1.2.- Instalación de Python en Windows</u>   | 34 |
| <u>A1.3.- Instalación de librerías adicionales</u>   | 35 |
| <u>A1.4 Instalación automática de las librerías en Windows a partir del PIP</u>  | 38 |
| <u>Anexo B</u>   | 39 |
| <u>Instalar librerías Python, para el correcto funcionamiento del sistema</u>  | 39 |

## 1.- Introducción

[Regresar al Índice](#)

El módulo de “*Sistema para graficar registros sísmicos de 24 horas en segmentos de una hora y en días continuos (System for plotting 24-hour seismic records in one-hour segments and on one continuous plot)*” constituye una interfaz sencilla y amigable, que permite una fácil y eficiente gestión de presentar registros completos de 24 horas en separaciones de una hora de duración. El programa también puede representar la gráfica del día completo. La interfaz principal dispone de una versión del sistema en inglés. En los anexos, se podrá encontrar información de la estructura de las carpetas y su contenido. El fácil acceso a dos posibilidades de obtener las gráficas de registros de un día (como son por ejemplo registros en formato MSEED) “*gráfica de 24 horas por hora*” y “*gráfica continua de las 24 horas*”, sumado a la posibilidad de establecer la magnitud preferente para desplegar terremotos de la red mundial FDSN (*International of Digital Seismograph Networks*), *siempre y cuando esta esté disponible en conexión* y con la capacidad de utilizar técnicas de filtros digitales, permite tener una herramienta automática fiable, de uso sencillo y rápido, que pueda ayudar al operador de los institutos de investigación y observatorios, separar un registro de un día completo, que ha sido almacenado como uno solo por los equipos, en un sismograma por horas, para de esta forma, poder identificar con mayor facilidad los eventos sísmicos que ocurren en un día en cada hora.

La aplicación, a través de las librerías incorporadas, permite la lectura de diversos formatos sísmicos como son: SAC, MSEED, GSE2, EVT, WAV entre otros. Pudiéndose aplicar a continuación, diversas técnicas de filtrado, dando de forma automática un valor añadido al conocimiento del operador, para determinar las ondas sísmicas con mayor rapidez y exactitud que de forma manual en un registro continuo.

La primera versión de este sistema, se compone de una sola interfaz, que abarca herramientas para el filtrado de la señal y los dos tipos de gráficas que pueden ser empleados “**24 horas (Full Day Chart)**” y “**Continua en una sola gráfica (Continuos Day)**”. El sistema, además, brinda la capacidad de poder almacenar los resultados gráficos en diversos formatos, tales como: PNG, JPG, EPS, PS, PDF, RAF, TIF, entre otros.

El sistema ha sido desarrollado en el lenguaje Python, versión 3.8.6. De esta manera, se incluyen una serie de librerías de libre acceso que trabajan en conjunción con Python, facultan el uso de herramientas gráficas y de análisis, otorgando sencillez en su uso e incrementando la potencia de cálculo para el usuario. Enumerando algunos de los principales elementos y librerías aquí utilizados, se encuentran los siguientes:

- **Matplotlib**: Para generar gráficos. (<https://matplotlib.org/stable/users/index.html>)
- **NumPy**: Para el cálculo numérico. (<https://numpy.org/doc/stable/user/quickstart.html>)
- **PyQt5**: Herramienta que enlaza con la biblioteca gráfica Qt5 en C++ (<https://pypi.org/project/PyQt5/>)
- **Obspy**: Para el procesamiento de datos sismológicos. (<https://docs.obspy.org/>)
- **Tkinter**: Interfaz gráfica de usuario GUI (<https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>)

Otra de las características principales del sistema es su definición como multiplataforma, es decir, que puede funcionar bajo diversas plataformas o sistemas operativos, tales como Windows (7, 8, 10), en versiones para 32 y 64 bits. Además de sistemas Linux, como Ubuntu, sistemas Mac, o Android para Tablets y móviles (previa adecuación de Python para estos dispositivos).

En los anexos de este mismo documento (*al igual que en los ficheros Readme.txt e Initials\_requirements.txt*), se podrá acceder a los aspectos generales de la instalación en sistemas Windows y Linux, así como establecer las pautas necesarias de la instalación de los programas principales y las librerías adicionales que Python requiere, para ejecutar correctamente los programas desarrollados en su entorno.

## 2.- Pantalla inicial del Sistema

En los anexos de este documento y en el fichero “README.txt” adjunto en la carpeta “Documentos” se presentan las instrucciones para la instalación del sistema en Windows (*El proceso en sistemas Linux es similar*). Básicamente hay que realizar dos acciones:

- Copia de la carpeta “Set\_tools\_System\_1\_1” en “Mis documentos” de Windows.
- Copia del fichero “Set\_tools\_System\_1\_1.bat” en el escritorio de Windows.

Asimismo, están las instrucciones para instalar las librerías de Python necesarias en el sistema. Una vez copiado “Set\_tools\_System\_1\_1.bat” en el escritorio, se debe de dar clic derecho e indicar: “Ejecutar como administrador”.



Fig. 1 Ventana emergente al dar clic derecho del ratón al fichero “Days\_1.bat”

En la pantalla que se abre, dar clic en el botón “*Si/Yes*”, cuando pregunte “*Desea permitir que esta aplicación realice cambios en su ordenador*”. Este es un mensaje de advertencia. Sin embargo, la aplicación no realiza ningún cambio. Por lo que se debe de confiar en su ejecución.

Al dar clic a “*SI/Yes*”, se abre la siguiente ventana de comandos, que indica la bienvenida al sistema.

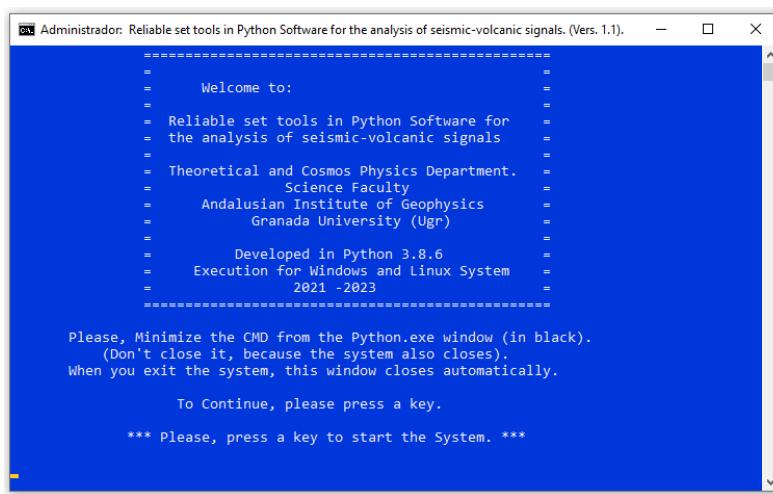


Fig. 2 Pantalla de Bienvenida e instrucciones para carga del sistema.

Después de leer lo que indica la ventana, solo se debe de proceder a presionar cualquier tecla, para acceder a la pantalla inicial del sistema. El sistema ya debe estar previamente copiado en “*Mis documentos*” e instaladas las librerías adicionales. Con esto, el fichero “Set\_tools\_System\_1\_1.bat” tiene todas las instrucciones de carga del programa.

La pantalla inicial del sistema es “[Menu.py](#)”. Se visualiza cuando se presiona cualquier tecla en la pantalla de Bienvenida. Adicionalmente, se presenta la ventana o “consola de comando” de Python, similar a la siguiente:

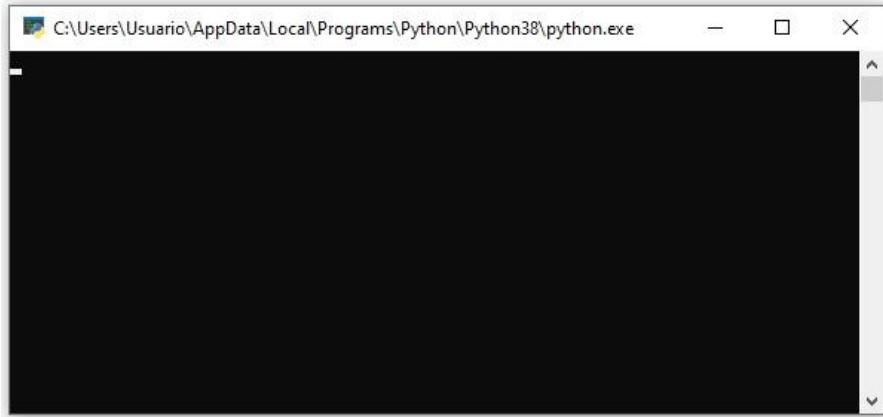


Fig. 3 Pantalla de consola (CMD) de Python (*Se debe de minimizar*)

Para que no obstruya la visión, se puede y es conveniente “[minimizar](#)” dicha pantalla. “[No](#)” hay que cerrarla, ya que esto también cerraría la ventana de inicio del sistema. Al salir, finalizados los trabajos con el sistema, esta ventana se cierra automáticamente. La pantalla inicial “[Menu.py](#)” de presentación del sistema, es la siguiente:



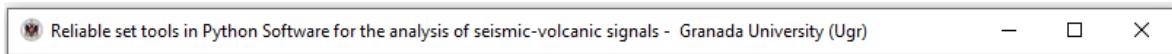
**NOTA:** Al pulsar o dar clic al botón del módulo, se cierra la ventana de inicio y se abre la ventana del módulo (dependiendo de la memoria del PC esto tarda un poco. Es recomendable disponer de al menos 8 GB de memoria en el sistema, 16 GB sería lo ideal.).

Fig. 4 Pantalla Menú principal. Resultado se observa el módulo a trabajar. Módulo 3 (*Plotting 24-hour Seismic records*)

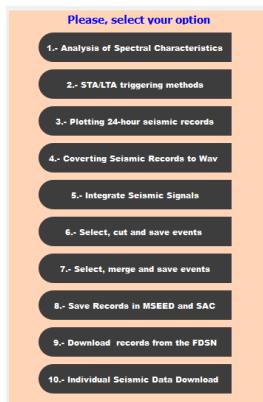
## 2.1.- Elementos de la pantalla inicial

Como se observa en la figura anterior, la pantalla inicial o de presentación, es una ventana sencilla, que está compuesta por:

- a) la barra superior de herramienta con la información básica del módulo.
- b) En la parte izquierda se presentan 10 botones de ejecución o de comandos de llamada a cada módulo del sistema.
- c) En la parte inferior un botón de comando que permite la salida del sistema.
- d) Además se presentan: una imagen de fondo, que representa un volcán (*Masaya de Nicaragua*), tres imágenes con los logotipos de la Universidad de Granada, el Instituto Andaluz de Geofísica y el departamento de física teórica y del cosmos.
- a) En la parte superior se encuentra visible el icono de la Universidad, el título del módulo y la reseña a la Universidad de Granada (Ugr).



- b) En la parte izquierda se presentan 10 botones de ejecución o de comandos de llamada a cada módulo del sistema. Cuando se coloca el puntero del ratón (mouse), sobre cada uno de los botones quedan resaltados en blanco, para indicar que está siendo seleccionado. Al pulsar o dar clic a dicho botón, se cierra la ventana de inicio del menú y se abre la ventana del módulo indicado (*dependiendo de la memoria del PC esto tarda un poco*).



- c) En la parte inferior se observan un botón de comandos: Exit (Salir). Cuando se coloca el puntero del ratón (mouse), sobre cada uno de los botones, se presenta un texto que indica la acción de dicho botón (salida Sistema, Inicio Sistema).



Si se pulsa o da clic al botón de “Salir”, se presenta una ventana que pregunta al usuario, si está seguro de abandonar el sistema.

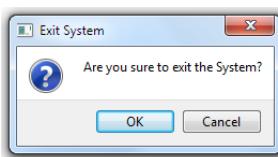


Fig. 5 Caja de texto que indica si se desea salir del sistema.

En caso de dar “OK”, se cierra la pantalla y se completa la salida del sistema. En caso de dar clic a “cancelar”, se continúa en la pantalla inicial del menú.

### 3.- Interfaz Principal.

Al dar clic a la opción del “*Menú*” (Cfr. Fig. 4), se accede a la “*pantalla de análisis*” es la interfaz principal del módulo, donde se realizan las actividades que componen las herramientas de lectura de registros, selección de la magnitud y gráficos de las señales sísmicas. Dicha pantalla se compone de las siguientes partes:

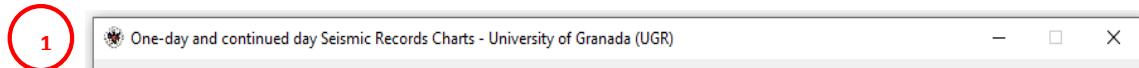


Fig. 6 Elementos de la Pantalla de análisis del sistema.

- 1) Área de Título
- 2) Bloque de Selección de Registro, Magnitud y Limpieza de Entradas:
  - a) Botones de comando: Load Record, Clean Input,
  - b) Entrada de Datos (Magnitud Mínima), por defecto se encuentra en 6.5 al inicio.
- 3) Bloque de Filtros.
- 4) Bloque de Comandos Gráficos. Botones de comando: Full day Chart (Gráfico de día completo), Continuous Day (Día continuo).
- 5) Bloque de Ruta, Regreso y Salida.
  - a) Ruta de ubicación física del registro a analizar,
  - b) Botones de comandos (*Go Back/Retroceso, Exit/Salida*).

La interfaz principal inicialmente se encuentra configurada, como se observa en la imagen, para presentar un tipo de filtro “paso-bajo” (Lowpass), con la correspondiente casilla de entrada de datos “Frecuencia Hz (Frequency)” activa, y una magnitud momento (Mw) mínima de 6.5.

La pantalla se conforma de diversos elementos para su utilización. En la parte superior se observa; Nombre del programa, ícono y nombre de la Universidad como título (1).



Los elementos que integran la pantalla principal se detallan a continuación.

#### 3.1.- Elementos de la pantalla de análisis

Aparte del número (1), se han distribuido los 4 elementos de la pantalla de análisis en tres bloques principales que se enumeran del (2-5) en los círculos rojos.

### 3.1.1.- Bloque de Selección de Registro, Magnitud y Limpieza de Entradas.

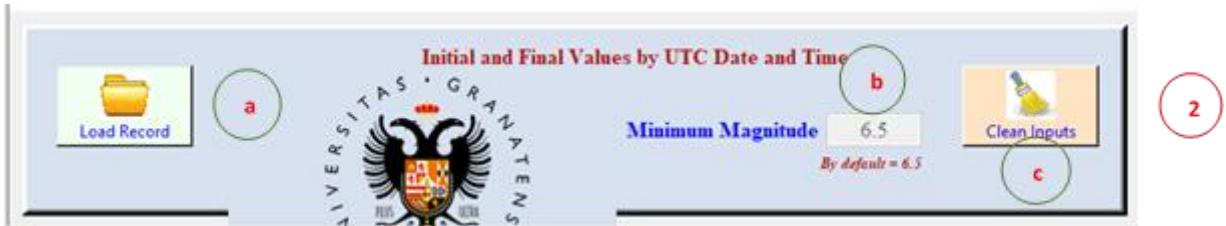


Fig. 7 Bloque de elementos de selección. En los círculos verdes: a) Botón de comando: Load Record, b) Entrada de datos: Magnitud mínima (por defecto = 6.5), c) Botón de comando: Clean Input.

### 3.2.- Elementos del bloque de selección.

Este bloque, lo configuran (*círculos verdes de la figura anterior*) en primer lugar, la sección que agrupa los botones de acción para cargar el registro y limpieza de datos: a) Botones de comando: Load Record (a), Clean Input. (c) Además, de la entrada de la magnitud mínima (b).

Al colocar el puntero del ratón sobre los dos botones de acción, un mensaje muestra las acciones que realizan.

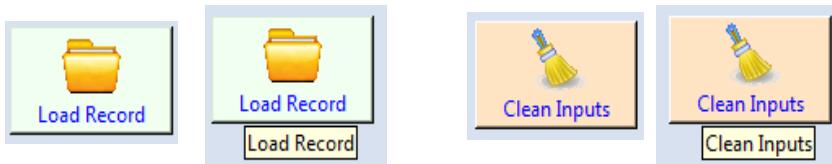


Fig. 8 Botones de Registro y Limpieza de datos. Se observa los mensajes de acción en cada botón.

Como se observa, el botón de “*Load Record*” (Carga Registro), realiza la búsqueda y carga de los registros sísmicos de diversos formatos. El botón de “*Cleaning*” (Limpieza), limpia o borra los elementos de entrada, además de cerrar los gráficos existentes y dejar la pantalla de análisis como al inicio, preparada para una nueva búsqueda y un nuevo análisis de los eventos sísmicos.

#### 3.2.1.- Botón de Carga de Registro.



La acción del botón de “*Load Record*” (Carga Registro), permite al hacer clic, abrir una ventana de explorador (*por defecto, se encuentra el camino en el directorio raíz “C” del PC*), presentando las opciones de los diversos tipos de formatos a buscar y permitiendo realizar dicha búsqueda en el directorio del ordenador. Esto se observa en la siguiente pantalla. La casilla de entrada de datos de “Magnitud mínima” inicialmente se encuentra inactiva, al dar clic a este botón de carga, dicha casilla se activa para poder modificar el valor por defecto.

### 3.2.2. – Cuadro de entrada de datos de” Magnitud Mínima”.

b



Fig. 9 Pantalla de Selección de entrada de datos de magnitud mínima.

Inicialmente, este cuadro de entrada de datos está desactivado y con un valor por defecto de 6.5 (medidos en grados “*Magnitud momento*” (Mw)), como se observa en la figura. La entrada de datos de este cuadro se activa, al dar clic en el botón de carga de registros, que es cuando se puede modificar dicha magnitud.

Este dato funciona para el registro de 24 horas, debido a que, al presentar un valor menor, por ejemplo, de 4.9, el sistema se conecta vía remota con un servidor de datos de la red mundial FDSN, para obtener los y marcar los terremotos de esa magnitud o similares que han sido detectados en cada instante de tiempo por los sensores. La representación de estos datos, depende si el servidor en ese momento se encuentra disponible, en caso contrario no aparecerá ninguna marca en la gráfica resultante. En cambio, para el registro continuo, el dato de magnitud es irrelevante, por lo que no se necesita y la figura final aparecerá independientemente del valor que se le otorgue a dicha casilla.

Existen tres validaciones de entradas de datos para este objeto.

- a) Si no se introduce ningún valor en el cuadro dejándolo vacío, cuando se quiere representar un registro de 24 horas. Lo que produce una ventana que indica dicho error, para que el usuario pueda ingresar un valor válido.

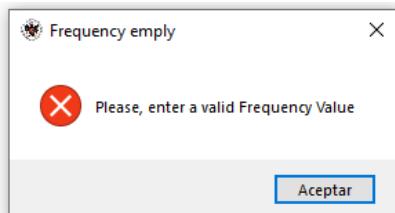


Fig. 10 Pantalla de Validación de entradas vacías en el cuadro de datos de “Magnitud Mínima”.

- b) Si al introducir un valor de una magnitud, esta es igual o mayor a 10. Lo que produciría otro error.

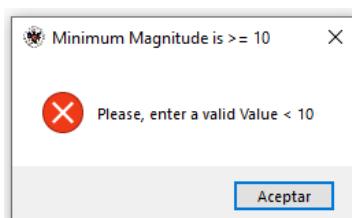


Fig. 11 Pantalla de Validación de entradas de magnitud mayor o igual a 10 grados (Mw).

- c) La tercera validación es la de entradas inválidas, letras o caracteres en vez de números (Cfr. Parte (2) de las Figuras: 17, 19, 21).

Al dar clic al botón de Carga del Registro (*Load Record*), se presenta lo siguiente:

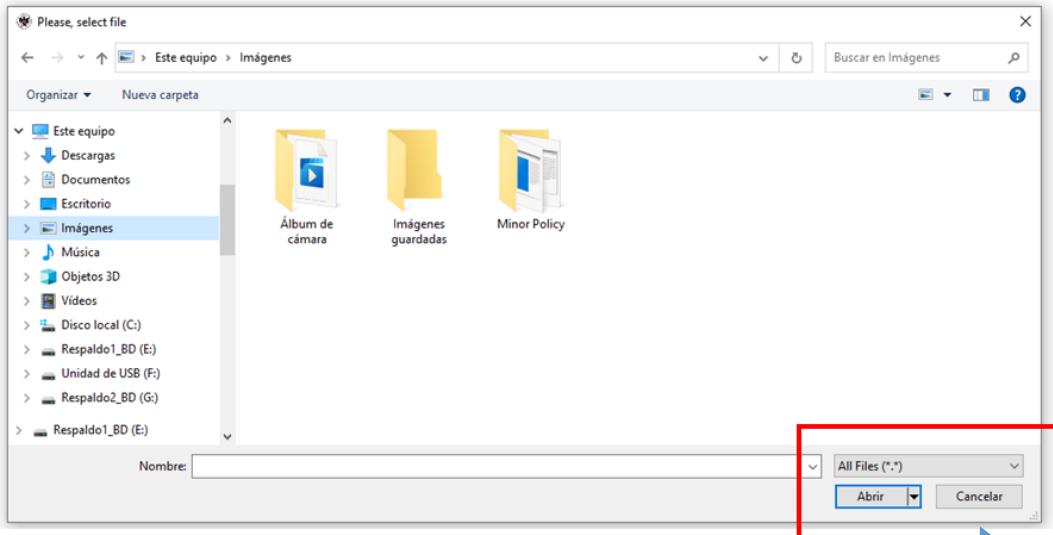


Fig. 12 Pantalla de Selección de Registros.

En esta pantalla (*El Idioma lo determina el sistema operativo*), se seleccionan los registros de acuerdo al formato (**cuadro rojo**) que se desee (SAC, MSEED, GSE2, EVT, etc.), por defecto se encuentra dispuesto en “Todos los archivos (All Files). Esto es posible a través de la librería de lectura de formatos sísmicos “**Obspy**”.

Una vez seleccionados, se da clic al botón de “**Abrir**” y este se cargará a la pantalla de análisis. En caso contrario se da clic al botón de “**Cancelar**” y la acción regresa a la pantalla de análisis. El proceso de selección de un registro se observa en la siguiente pantalla

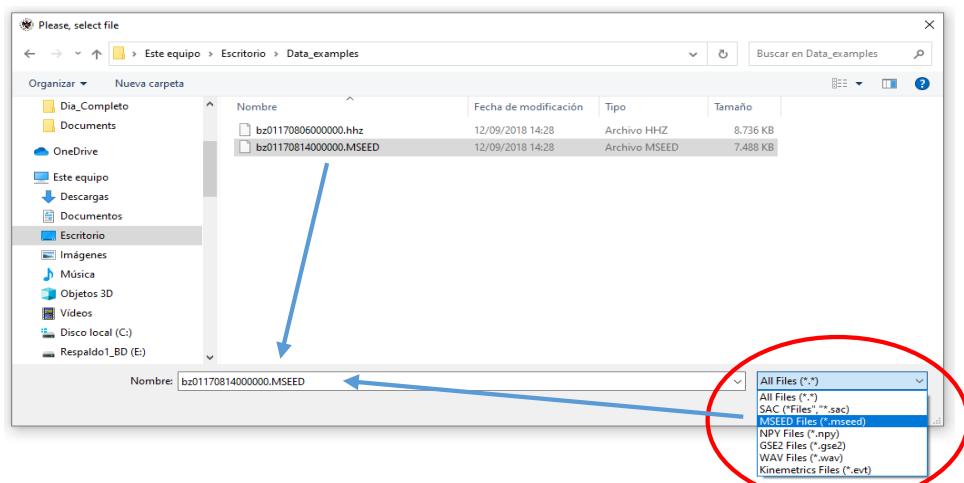


Fig. 13 Pantalla ejemplo de Selección de un registro de formato “MSEED”.

En la pantalla se observa en la parte inferior derecha, señalado mediante el círculo rojo, desplegados mediante la flecha, la lista de los tipos de formatos sísmicos más generales soportados y/o utilizados en observatorios e institutos a nivel mundial (*SAC, MSEED, GSE2, WAV, EVT*).

Al seleccionar un determinado tipo, se presentan los registros de acuerdo a dicho formato. Ejemplo: los archivos “MSEED”. Al dar clic al registro que se desee, como se observa, este se coloca en el cuadro “Nombre”. En este momento es cuando se da clic al botón que se presentó en la pantalla anterior “Abrir”, lo que hace que cargue, la dirección o ruta “Path”, de la ubicación física del registro en el sistema. Dicha ruta se presentará en el cuadro “File Path to Load (Ruta Archivo)”, situado en la parte inferior de la pantalla de análisis.

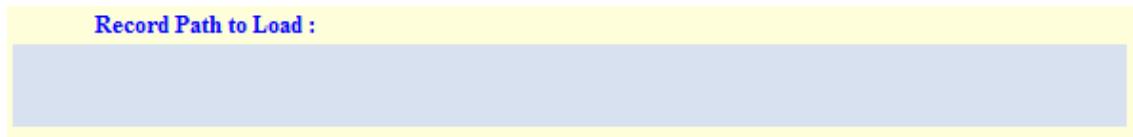
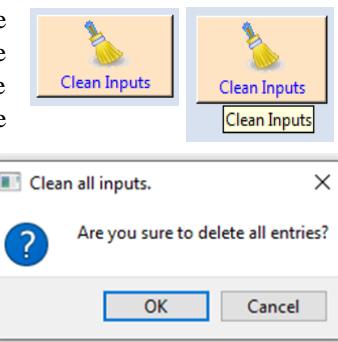


Fig. 14 Cuadro de ruta de archivo, que presenta la ubicación del registro.

Este es un aspecto importante, ya que de ello depende que posteriormente se pueda ubicar el archivo físico donde está almacenado el registro en el ordenador, para así ser analizado. En caso de que el archivo sea inválido, no se encuentre, o que los parámetros sean erróneos, se presentará una ventana de validación que lo indicará (Cfr. Parte (2) de las Figuras: 17, 19, 21).

### 3.2.3.- Botón “*Clean Inputs* (Limpieza)”.

Al dar clic en este botón, se borran todas las entradas en la pantalla. Se limpiarán los cuadros de texto de entrada de datos y de la ruta o carpeta donde se almacenará el registro a descargar y borrará todas las entradas que en ese momento se encuentren activas y con datos. Se restaura los valores iniciales de la interfaz principal (Cfr. Fig. 6). Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función. Al dar clic al botón, se presenta una ventana que pregunta al usuario, si está seguro de eliminar los ingresos de datos. En caso positivo, borra todas las entradas y deja la interfaz a su forma inicial. Caso contrario, continúan las actuales entradas en la interfaz.



### 4.- Bloque de Selección de tipo de filtro.



Fig. 15 Selección de tipo de filtro mediante “botones de selección (RadioButton)” marcados por los círculos verdes (a,b,c). Inicialmente se encuentra seleccionado el filtro “Paso-Bajo”, que activa la casilla de Frecuencia (Frequency).

En la figura anterior, se observa el bloque que determina los diversos tipos de filtros disponibles para analizar los registros. Aquí se ubican, como se puede observar, el cálculo de filtros más utilizados: *Paso-Bajo* (*Lowpass*), *Paso-Alto* (*Highpass*), y *Paso-Banda* (*Bandpass*). Al seleccionar cada uno de estos elementos, se activará una o varias de las casillas situadas en la parte inferior de la imagen, que corresponden a las entradas de datos para realizar los cálculos. En el valor inicial [a] “[a] “*Lowpass* (*Paso-Bajo*)”, al igual que la casilla “Frequency (Frecuencia), están activos al inicio del programa.

#### 4.1.- Filtro Paso-Bajo (*Lowpass*)<sup>1</sup>.



Fig. 16 Ejemplo Selección de tipo Paso Bajo (*Lowpass*). En el círculo rojo la entrada “Frecuencia”. Al seleccionar tanto el tipo Paso-Bajo como Paso-Alto, las casillas de las entradas Frecuencia Mínima y Frecuencia Máxima se desactivan.

Este es el tipo que por defecto está activo al iniciar el programa, al igual que la casilla de frecuencia en Hz. (Frequency). Si en transcurso del desarrollo se activa otro tipo y al volver a seleccionar este tipo de filtro, se activa la casilla de:

- a) **Frecuencia de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia que se desea utilizar para calcular el tipo de filtro (Círculo rojo). En el ejemplo, el valor es “4 Hz.”

Las casillas de “Frec. Min (Hz)/Frecuencia Mínima” y “Frec. Max (Hz)/Frecuencia Máxima”, permanecen inactivas. En caso de ocurrir una entrada vacía o errónea, se presentará una caja de texto de error similar a la siguiente.

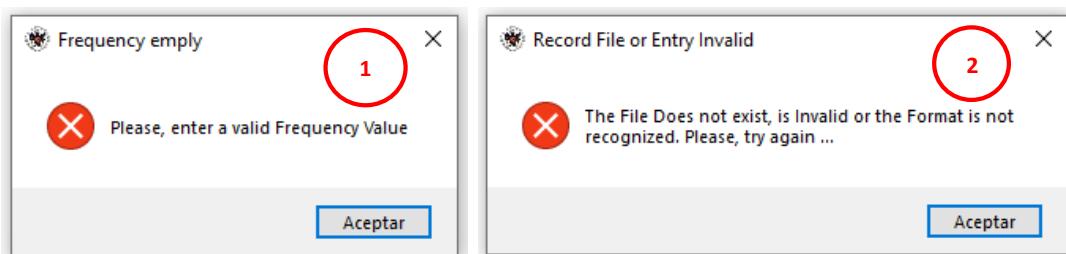


Fig. 17 Validación de entradas en el filtro *Paso-Bajo* (*Lowpass*). (1) Entrada vacía, (2) Entrada inválida (caracteres o letras en lugar de números)

Lo anterior indica que se ha producido un error de datos, ya sea de registro o de una entrada (1) vacía o (2) inválida, por ejemplo, haber introducido caracteres como por ejemplo “ehdsgf” en vez de números.

<sup>1</sup> El filtro Paso-bajo bloquea las señales de alta frecuencia y deja pasar las de baja frecuencia (frecuencias inferiores a la frecuencia de corte).

#### 4.2.- Tipo de filtro **Paso-Alto (Highpass)**<sup>2</sup>

b

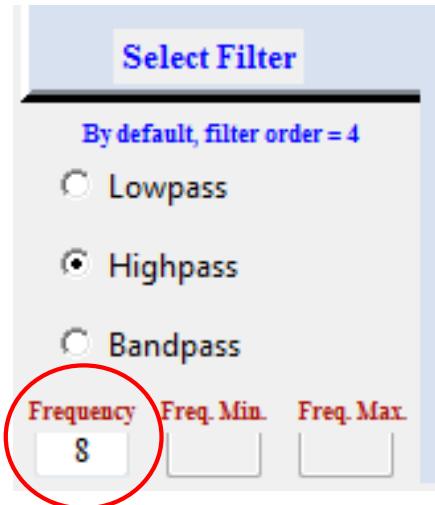


Fig. 18 Ejemplo Selección de tipo Paso Bajo (**Highpass**). En el círculo rojo la entrada “Frecuencia”. Al seleccionar tanto el tipo Paso-Bajo como Paso-Alto, las casillas de las entradas Frecuencia Mínima y Frecuencia Máxima se desactivan.

De forma similar al anterior filtro, en el tipo filtro paso-alto (Highpass), se activa la casilla de:

- Frecuencia de Filtro (Hz): Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia que se desea utilizar para calcular el tipo de filtro (**Círculo rojo**). En el ejemplo, el valor es “8 Hz.”.

Las casillas de “Frec. Min (Hz)/Frecuencia Mínima” y “Frec. Max (Hz)/Frecuencia Máxima”, permanecen inactivas. En caso de ocurrir una entrada errónea, se presentará una caja de texto de error similar a la siguiente.

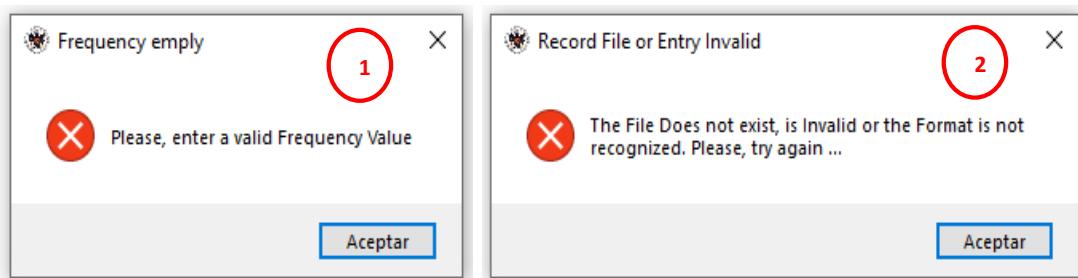


Fig. 19 Validación de entradas en el filtro **Paso-Alto (Highpass)**. (1) Entrada vacía, (2) Entrada inválida (caracteres o letras en lugar de números).

Lo anterior indica que se ha producido un error de datos, ya sea de registro o de una entrada (1) vacía o (2) inválida, por ejemplo, haber introducido caracteres como por ejemplo “ehdsgf” en vez de números.

<sup>2</sup> El filtro Paso-alto bloquea las señales de baja frecuencia y deja pasar las de alta frecuencia (frecuencias superiores a la frecuencia de corte).

c

### 4.3.- Tipo de Filtro *Paso-Banda* (*Bandpass*)<sup>3</sup>

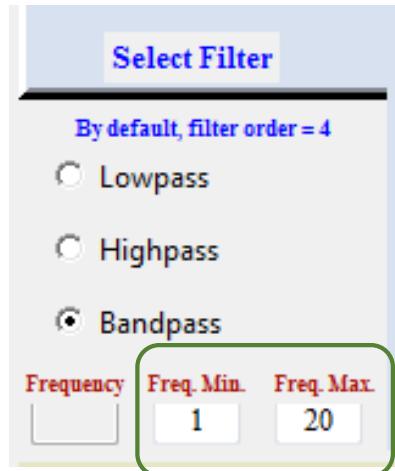


Fig. 20 Ejemplo Selección de tipo Paso-Banda (*Bandpass*). En el Rectángulo redondeado verde las entradas “Frecuencia Mínima (Hz) y Frecuencia Máxima (Hz)”. La casilla de la entrada Frecuencia se desactiva

A diferencia de los dos anteriores, se activan las casillas de:

- a) **Frecuencia mínima de Filtro (Hz)**: Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia mínima (Rectángulo redondeado verde), para calcular el inicio de la ventana central. En el ejemplo, el valor es “1 Hz.”
- b) **Frecuencia máxima de Filtro (Hz)**: Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia máxima (Rectángulo redondeado verde), para calcular el fin de la ventana central. En el ejemplo, el valor es “20 Hz.”

La casilla de “Frecuency (Hz)/Frecuencia de Filtro”, permanece inactiva.

En caso de ocurrir una entrada errónea, se presentará una caja de texto de error similar a la siguiente.

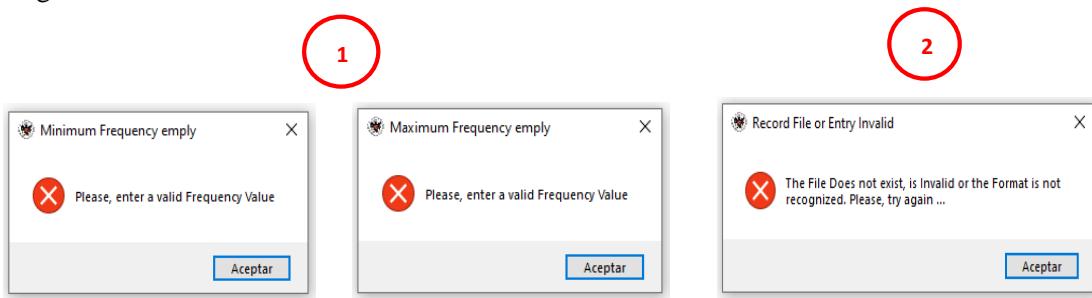


Fig. 21 Validación de entradas en el filtro *Paso-Bajo* (*Bandpass*): 1) Frecuencias Mínima y Máxima vacías,  
2) Entrada inválida (caracteres o letras en lugar de números).

Lo anterior indica que se ha producido un error de datos, ya sea de registro o de una entrada (1) vacía ya sea en la frecuencia mínima o máxima, (2) inválida o errónea, por ejemplo, haber introducido caracteres como por ejemplo “ehdsgf” en vez de números.

<sup>3</sup> El filtro Paso-banda deja pasar el contenido espectral sólo en un entorno de la frecuencia central. Esta ventana es creada a través de un valor de frecuencia mínimo y un valor de frecuencia máximo. Elimina el ruido asociado a bajas y altas frecuencias generadas (y/o residuales).

## 5.- Bloque de Comandos Gráficos.

4

Este bloque lo configuran dos botones de comandos: a) Full day Chart y b) Continuous Day, que permiten desplegar las gráficas de acuerdo a la selección de parámetros de filtro y de magnitud que se designe según sea el gráfico que se deseé representar. Por ejemplo, para representar registros de 24 horas dispuestos en gráficas de una hora desde las 00:00:00 – 01:00:00 hasta las 23:00:00 - 00:00:00, se deben de determinar los parámetros del filtro que se desea utilizar, además del valor de la frecuencia mínima que se desea. En cambio si lo que se quiere es representar el día continuo en una sola gráfica, se necesitan los valores del filtro que se desea utilizar, pero en cambio, no es necesario utilizar el valor de la magnitud mínima, este es omitido en el cálculo. Se observa en la siguiente imagen.

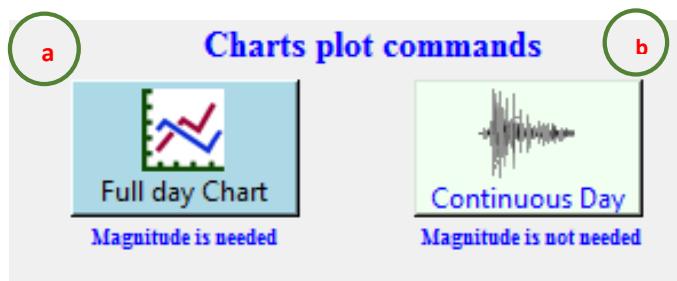


Fig. 22 Bloque de Comandos Gráficos

### 5.1.- Botón de Gráfica de 24 horas (Full day Chart).

a



Al dar clic al botón de gráfica de 24 horas (Full day Chart), se presenta la gráfica del registro sísmico constituida por líneas y cada línea expresa una hora de registros que van desde la hora cero 00:00:00 – 01:00:00 hasta las 24 horas 23:00:00 – 00:00:00. En cada línea se muestran los eventos sísmicos correspondientes a los datos recopilados por el sensor. Previamente se deben ingresar los parámetros validos correspondientes a lo que se desea graficar. Estos parámetros son los siguientes en el siguiente orden (*se recomienda seguir este orden*):

- Cargar el registro sísmico mediante el botón de comando (Load).
- Seleccionar el tipo de filtro que se desea implementar e ingresar un valor válido en la o las casillas correspondientes.
- Ingresar un valor válido en la casilla de “Magnitud mínima”.

Para este tipo de gráfica, es necesario utilizar el dato de “magnitud mínima”. Una vez hecho estas acciones se procederá a dar clic en el botón, con lo que la gráfica de acuerdo a los parámetros se visualizará. El resultado gráfico de esto se podrá observar más adelante en este documento, al ver los ejemplos gráficos de salida en cada caso.

En caso de que se quiera graficar “dar clic al botón de “Full day Chart”/Grafica de 24 horas”, (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), en cualquiera de las casillas, se presentará al igual que los objetos vistos anteriormente, una validación, que visualiza una caja de diálogo, que indica que se ha de realizar una acción determinada para corregir el error de entrada. Estas cajas de diálogo, además, permiten que la ejecución del programa siga su curso, sin que haya una interrupción severa del sistema por falta de datos. Las validaciones de entradas nulas o incorrectas son las siguientes:

Primero la validación de la entrada vacío o inválida del registro.

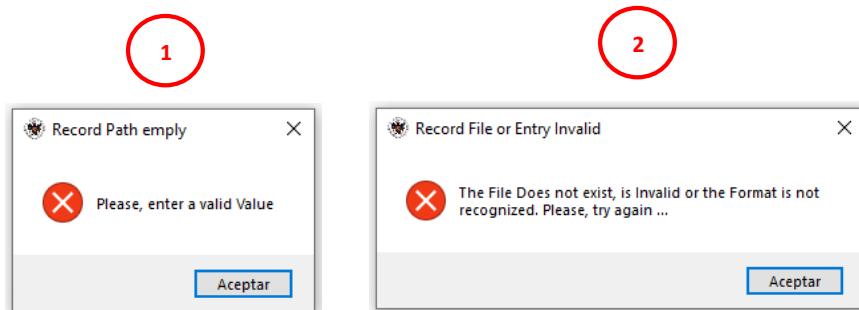


Fig. 23 Validación de entrada vacía (1) y de entrada o formato inválido (2) en el área del path que contiene la ruta física del registro a cargar.

Además, se presentan en caso de error, las cajas de diálogo para validaciones de entrada de los filtros, vistas en las secciones anteriores (Cfr. Figuras 17,19 y 21). Por último, la validación de la entrada de magnitud mínima (Cfr. Figura 10 que indica la entrada vacía y Cfr. Figura 11 en el que se indica que la entrada de magnitud es mayor o igual a 10 grados (Mw)).

### 5.2.- Botón de Gráfica de día continuo (Continuos Day).

b



Al dar clic al botón de gráfica de 24 horas (Full day Chart), se presenta la gráfica del registro sísmico constituida por líneas y cada línea expresa una hora de registros que van desde la hora cero 00:00:00 – 01:00:00 hasta las 24 horas 23:00:00 – 00:00:00. En cada línea se muestran los eventos sísmicos correspondientes a los datos recopilados por el sensor. Previamente se deben ingresar los parámetros validos correspondientes a lo que se desea graficar. Estos parámetros son los siguientes en el siguiente orden (*se recomienda seguir este orden*):

- Cargar el registro sísmico mediante el botón de comando (Load).
- Seleccionar el tipo de filtro que se desea implementar e ingresar un valor válido en la o las casillas correspondientes.

Para este tipo de gráfica, “**NO**” es necesario utilizar el dato de “magnitud mínima”. Una vez hecho estas acciones se procederá a dar clic en el botón, con lo que la gráfica de acuerdo a los parámetros se visualizará. El resultado gráfico de esto se podrá observar más adelante en este documento, al ver los ejemplos gráficos de salida en cada caso.

En caso de que se quiera graficar “dar clic al botón de “*Continuos Day*”/Grafica continua”, (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), en cualquiera de las casillas, se presentará al igual que los objetos vistos anteriormente, una validación, que visualiza una caja de diálogo, que indica que se ha de realizar una acción determinada para corregir el error de entrada. Estas cajas de diálogo, además, permiten que la ejecución del programa siga su curso, sin que haya una interrupción severa del sistema por falta de datos. Las validaciones de entradas nulas o incorrectas son las siguientes:

Primero la validación de la entrada vacía o inválida del registro.

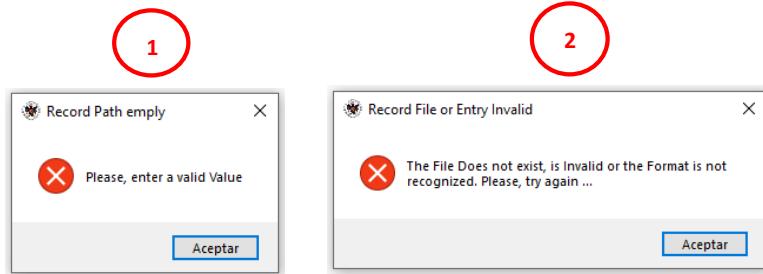


Fig. 24 Validación de entrada vacía (1) y de entrada o formato inválido (2) Registro vacío en el área del path que contiene la ruta física del registro a cargar.

Además, se presentan en caso de error, las cajas de diálogo para validaciones de entrada de los filtros, vistas en las secciones anteriores (Cfr. Figuras 17,19 y 21). Al no necesitarse el valor de “magnitud mínima”, no se presenta ninguna validación con el campo de entradas en este tipo de dato.

Una vez creadas las gráficas, ya sea con el tipo de 24 horas o con el tipo continuo, puede procederse a guardar la gráfica de acuerdo al formato seleccionado. Para ello se utiliza la barra de herramientas gráficas (Cfr. *Herramientas Matplotlib*, Págs. 28-33).

**NOTA IMPORTANTE:** En recomendable que una vez vista y guardada la gráfica se proceda a cerrarla, antes de crear una nueva gráfica. Una vez hecho esto, se pueden utilizar más parámetros o tipos de filtro para representar nuevas gráficas, con el mismo registro sísmico que ha sido cargado y proceder a guardar dichas gráficas en el sitio y formato que se seleccione.

## 6.- Bloque de Ruta, Regreso y Salida. 5

Este bloque lo configuran: Dos botones de comandos: a) Go Back (regreso) y b) Exit (Salida). Además, c) el área en donde se presentará la ruta física en el que el registro sísmico está ubicado para su carga (Record Path to Load).

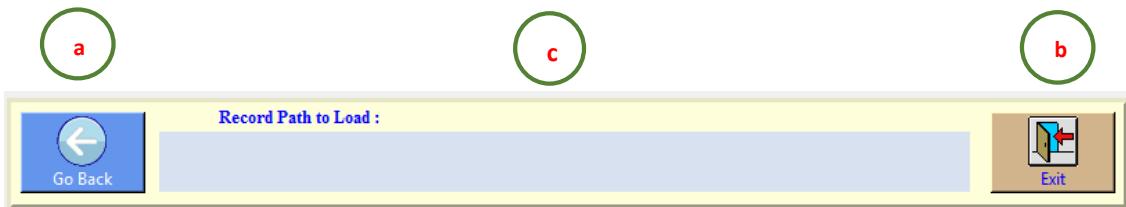
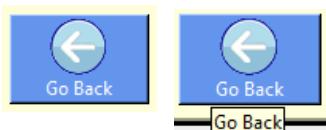


Fig. 25 Bloque de botones de comandos (a) Regreso/Go Back, (b) Salida/Exit) y ruta física del archivo a cargar (c).

Este último bloque lo componen los siguientes elementos:

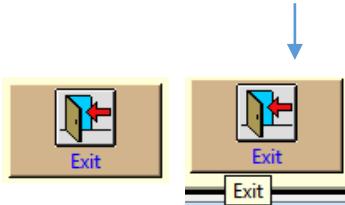
### 6.1.1.- Botón “**Go Back**” (a).

Permite regresar a la pantalla inicial de presentación del sistema ([Menu.py](#)). Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función.



### 6.1.2.- Botón “*Exit*” (b).

Permite la salida completa del sistema (*Previo presentación de la pantalla que pregunta si se desea abandonar el sistema*). Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función.



De la misma forma que en la pantalla de inicio, si se pulsa o da clic al botón de “*Exit*”, se presenta una ventana que pregunta al usuario, si está seguro de abandonar el sistema.

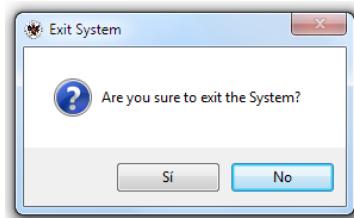


Fig. 26 Caja de texto que indica si se desea salir del sistema.

Al dar clic a la opción “Si” (**Yes/OK**), se cierra la pantalla y se completa la salida del sistema. Al dar clic a la opción “NO”, (**Cancel**) se presenta la caja de diálogo de la figura siguiente y continúa en la pantalla de análisis.

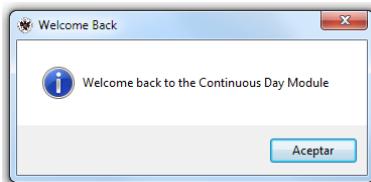
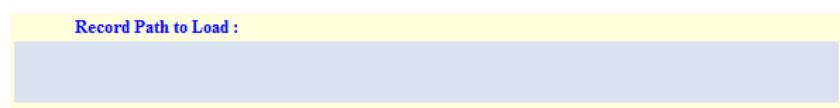


Fig. 27 Caja de texto que indica la bienvenida de nuevo al sistema.

### 6.1.3.- Área de presentación de la ruta del archivo / *Record path to Load* (c).

En dicha área se presenta la ruta (Disco/carpeta/archivo), camino o “path” del fichero físico (donde se encuentra almacenado en el ordenador), para que sea llamado por el sistema y realizar los cálculos que se requieran.



Un ejemplo de la salida al realizar los cálculos se observa en la siguiente imagen.



Se observa el camino “**Path**” (en el ordenador - PC) de la ubicación física del registro a cargar.

## 7.- Resultados Gráficos de la selección de los Registros.

A continuación, se procederá a presentar ejemplos de resultados finales del proceso de filtrado y análisis de acuerdo al método STA/LTA.

### 7.1.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado y gráfica de 24 horas.

De acuerdo a todo el proceso anteriormente descrito, los pasos a seguir para representar una gráfica de 24 horas son muy sencillos, constan de los siguientes ítems:

- a) Abrir o seleccionar un determinado registro (se visualiza el registro ruta del archivo (*Record path to Load*). Por defecto, la ruta inicial se encuentra en el directorio raíz “C” del PC”, ya sean en el sistema Windows o Linux)
- b) Seleccionar el tipo de filtro (Paso-Bajo, Paso-Alto, Paso-Banda).
- c) De acuerdo al tipo de filtro, dar las entradas de los parámetros del filtro.
- d) Dar la entrada al dato de Mínima Magnitud (*Minimum Magnitude*)
- e) Dar clic al botón de “*Full day Chart*”, para graficar el registro.

Todo esto, presentará:

La salida de dicho análisis, estará compuesta por la gráfica de la señal del registro compuesta de segmentos de una hora de duración. Por lo tanto, se visualizarán 24 líneas en el sismograma final. De esta se puede realizar un zoom o guardarla en diversos formatos. El Zoom se realiza mediante la herramienta *Zoom* [Lupa ], a las gráficas resultantes (Cfr. *Herramientas Matplotlib*, Pág. 28-33).

De acuerdo al tipo de filtro, las interfaces y gráficas finales, se observan en las siguientes figuras.

#### 7.1.1 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Bajo de 4 Hz y magnitud 6.5 Mw.

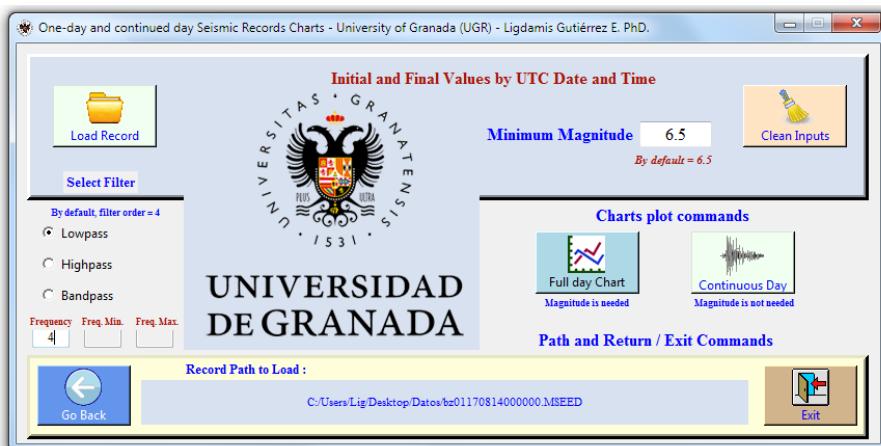


Fig. 28 Interfaz con los datos de carga y parámetros a utilizar, para la gráfica de 24 horas del registro sísmico.

La gráfica resultante con estos parámetros se observa en la siguiente figura.

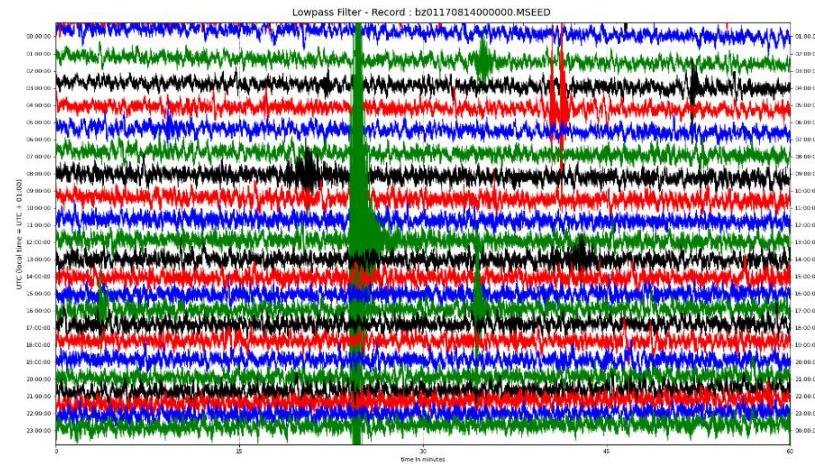


Fig. 29 Gráfica del registro sísmico de 24 horas, utilizando un filtro paso-bajo de 4 Hz y una magnitud de 6.5 Mw.

### 7.1.2 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Bajo de 4 Hz y magnitud 4.9 Mw.



Fig. 30 Interfaz con los datos de carga y parámetros a utilizar, para la gráfica de 24 horas del registro sísmico.

La gráfica resultante con estos parámetros se observa en la siguiente figura.

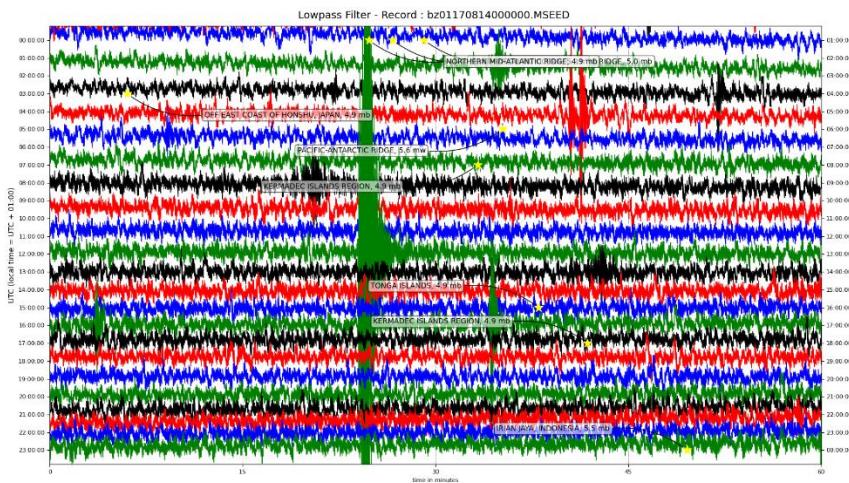


Fig. 31 Gráfica del registro sísmico de 24 horas, utilizando un filtro paso-bajo de 4 Hz y una magnitud de 4.9 Mw.

Se observa en la imagen anterior que, con la magnitud menor, se presentan marcas de terremotos con su respectiva ubicación a lo largo del planeta. Estos son los terremotos que desde el sensor han sido detectados. Esto es posible, ya que el programa se enlaza con el servidor de la red mundial FDSN (*International of Digital Seismograph Networks*) para la ubicación de estos terremotos en el sismograma. Sin embargo, esto está sujeto a que el servidor esté disponible, porque no en todas las ocasiones puede estar activo o disponible. En dado caso no aparecerán estas marcas. Un acercamiento (zoom) de la primera a la novena hora, donde se aprecian mejor los eventos distantes marcados, se muestra en la siguiente imagen.

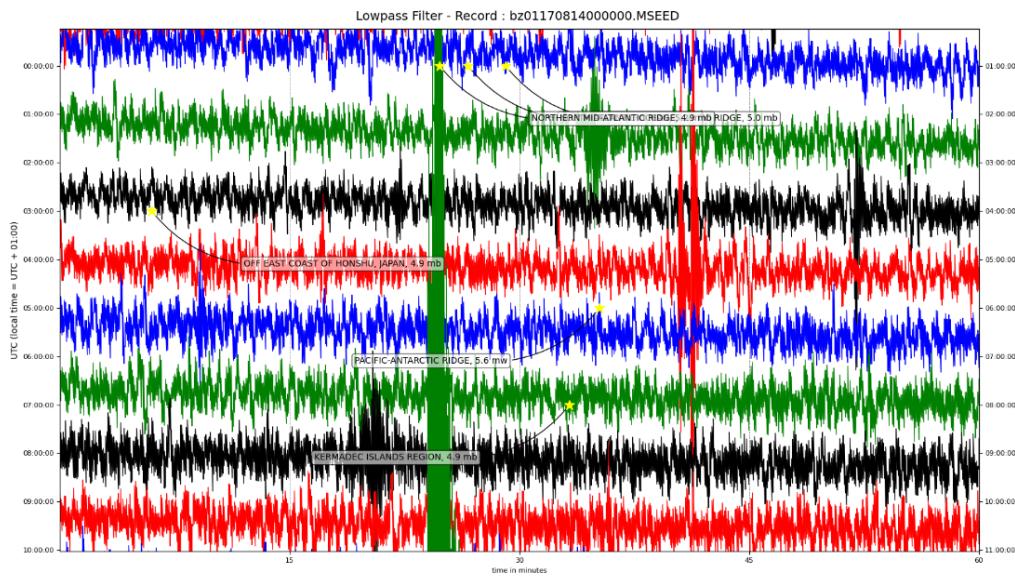


Fig. 32 Zoom de la Gráfica del registro sísmico de 24 horas, utilizando un filtro paso-alto de 8 Hz y una magnitud de 4.9 Mw.

### 7.1.3 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Alto de 8 Hz y magnitud 6.5 Mw



Fig. 33 Interfaz con los datos de carga y parámetros a utilizar, para la gráfica de 24 horas del registro sísmico.

La gráfica resultante con estos parámetros se observa en la siguiente figura.

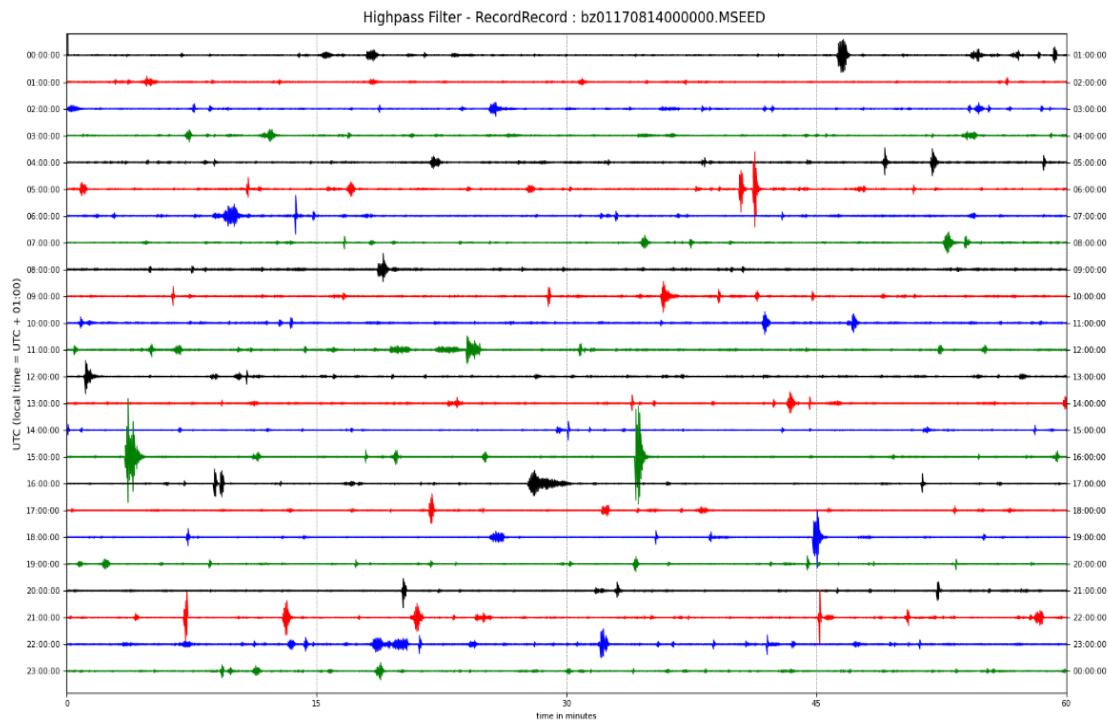


Fig. 34 Gráfica del registro sísmico de 24 horas, utilizando un filtro paso-alto de 8 Hz y una magnitud de 6.5 Mw..

Se observa en la imagen que el tremor de fondo es mucho menor que al representar la imagen con un tipo de filtro paso-bajo.

#### 7.1.4 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Alto de 8 Hz y magnitud 4.9 Mw.

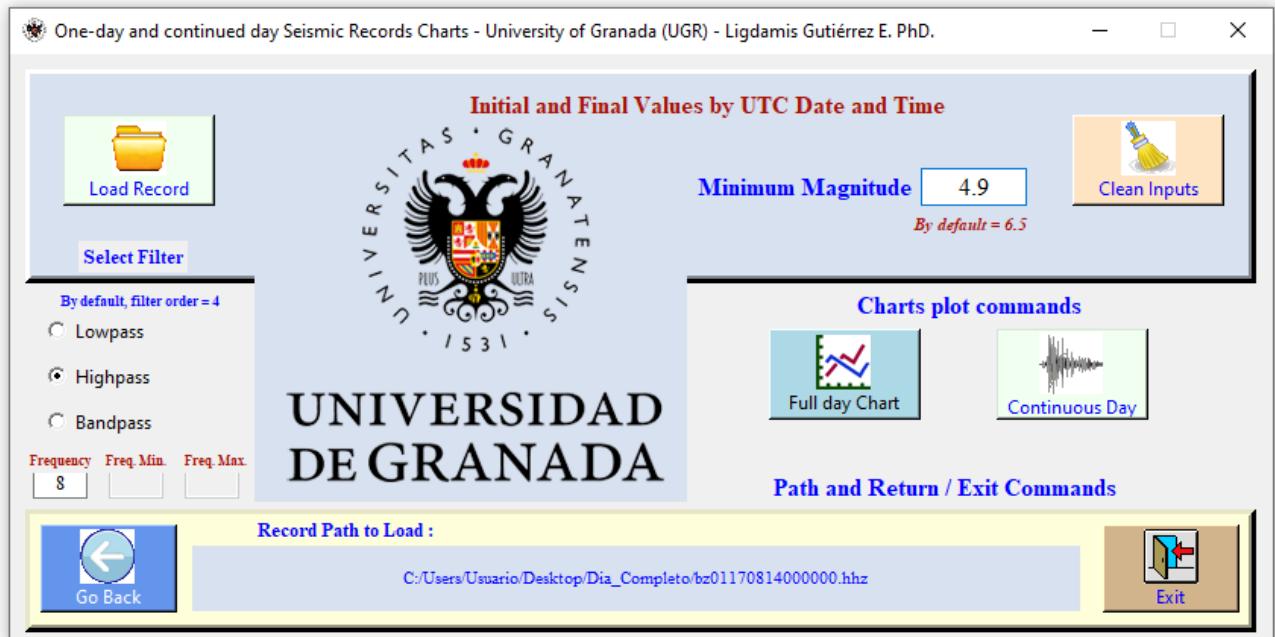


Fig. 35 Interfaz con los datos de carga y parámetros a utilizar, para la gráfica de 24 horas del registro sísmico.

La gráfica resultante con estos parámetros se observa en la siguiente figura.

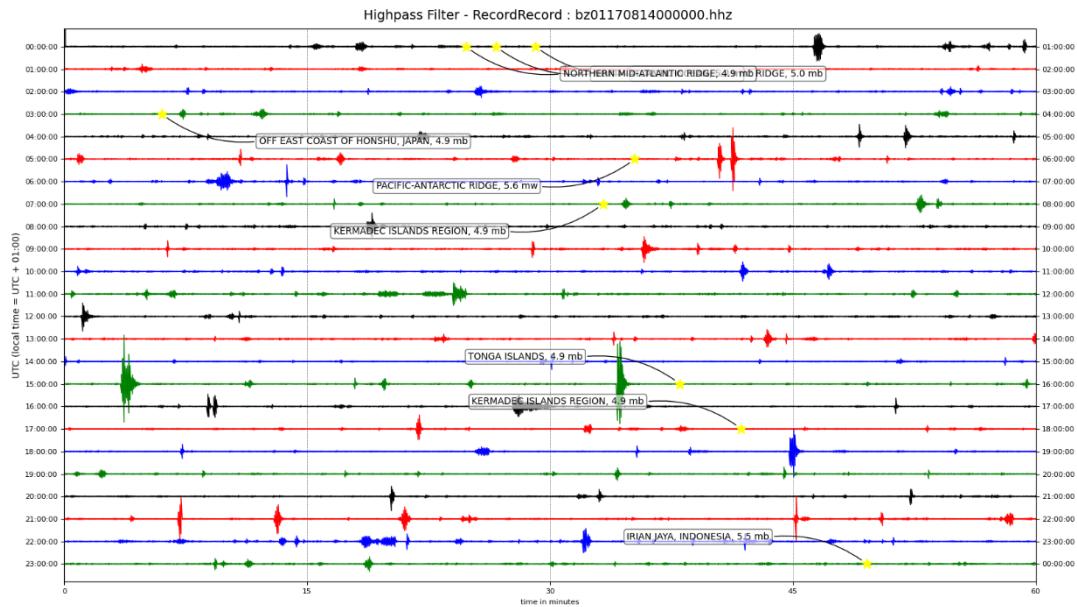


Fig. 36 Gráfica del registro sísmico de 24 horas, utilizando un filtro paso-alto de 8 Hz y una magnitud de 4.9 Mw.

En la imagen anterior se pueden observar las marcas de los terremotos distantes detectados por el sensor. Un acercamiento (zoom) de la primera a la novena hora, donde se aprecian mejor los eventos distantes marcados, se muestra en la siguiente imagen.

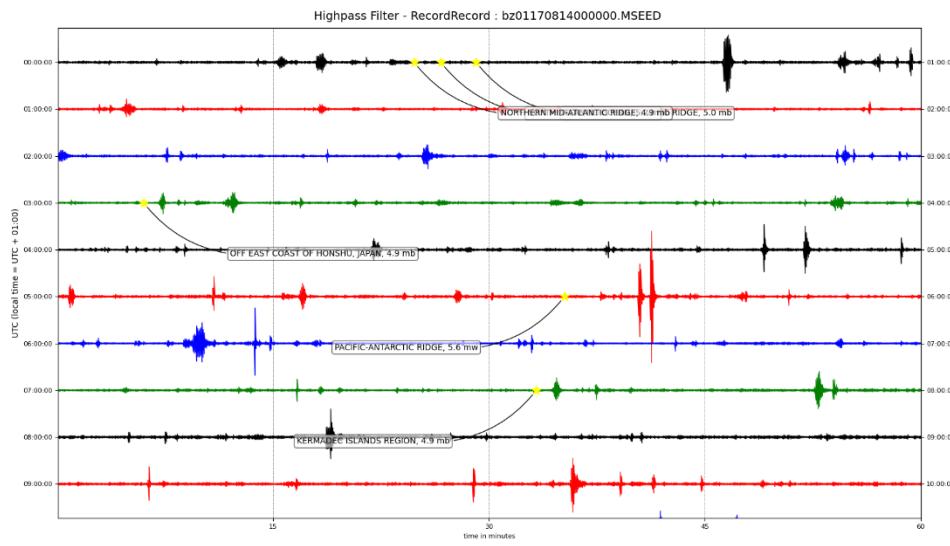


Fig. 37 Zoom de la Gráfica del registro sísmico de 24 horas, utilizando un filtro paso-alto de 8 Hz y una magnitud de 4.9 Mw.

Como se puede observar en la imagen anterior, las marcas de los terremotos distantes detectados por el sensor en los instantes de tiempo quedan mejor definidas. Esto es útil si lo que se quiere es discriminar aquellos eventos sísmicos que no correspondan o no estén ubicados en las cercanías del edificio volcánico y que, por tanto, la fuente es cercana.

Sin embargo, si lo que se quiere es dejar el registro limpio, se debe de optar por elegir una magnitud mayor.

#### 7.1.5 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Banda con frecuencia mínima de 1 Hz, frecuencia máxima de 20 Hz y magnitud 6.5 Mw



Fig. 38 Interfaz con los datos de carga y parámetros a utilizar, para la gráfica de 24 horas del registro sísmico.

La gráfica resultante con estos parámetros se observa en la siguiente figura.

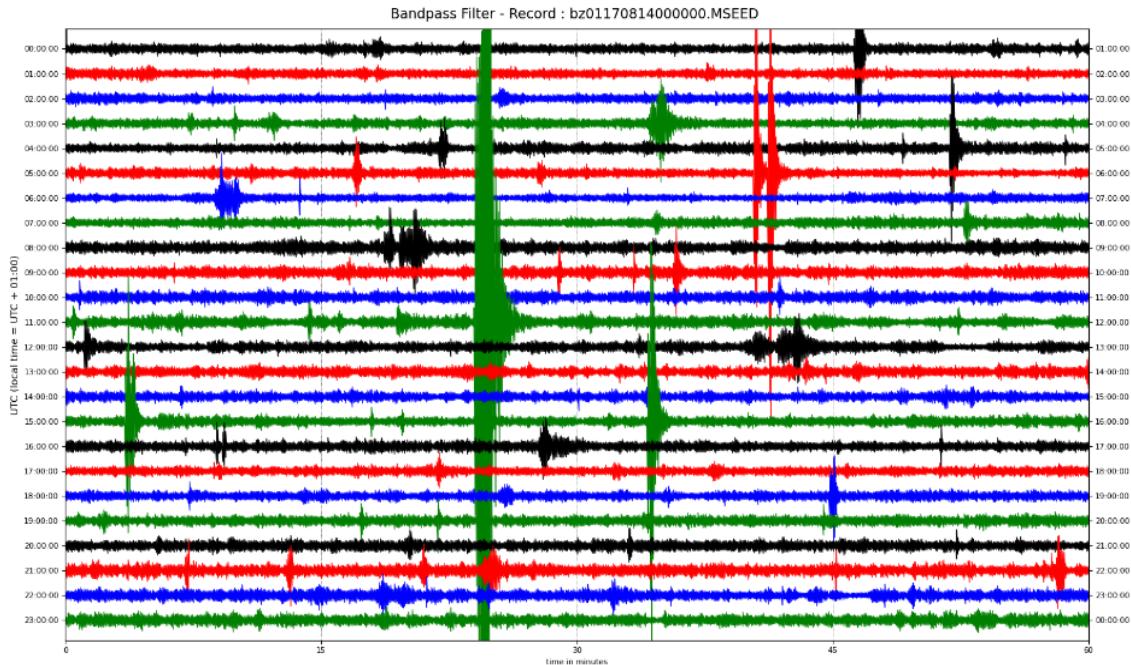


Fig. 39 Gráfica del registro sísmico de 24 horas, utilizando un filtro paso-banda con frecuencia mínima de 1 Hz, frecuencia máxima de 20 Hz y una magnitud de 6.5 Mw.

### 7.1.6 Interfaz y Gráfica del Registro con filtro Paso-Banda con frecuencia mínima de 1 Hz, frecuencia máxima de 20 Hz y magnitud 4.9 Mw.



Fig. 39 Interfaz con los datos de carga y parámetros a utilizar, para la gráfica de 24 horas del registro sísmico.

La gráfica resultante con estos parámetros se observa en la siguiente figura.

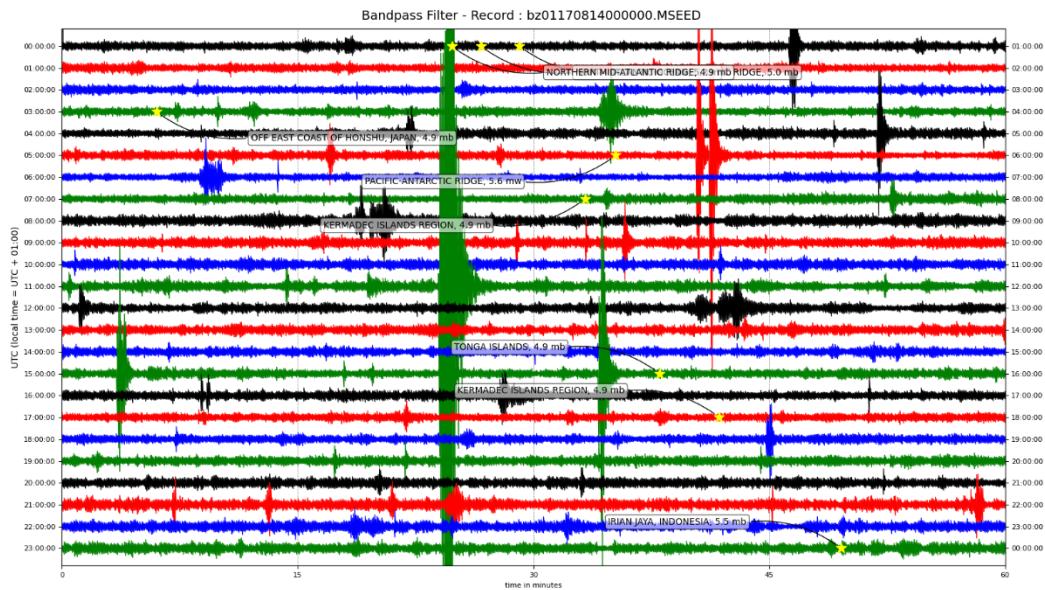


Fig. 40 Gráfica del registro sísmico de 24 horas, utilizando un filtro paso-banda con frecuencia mínima de 1 Hz, frecuencia máxima de 20 Hz y una magnitud de 4.9 Mw.

En la imagen anterior se pueden observar las marcas de los terremotos distantes detectados por el sensor. Un acercamiento (zoom) de la primera a la novena hora, donde se aprecian mejor los eventos distantes marcados, se muestra en la siguiente imagen.

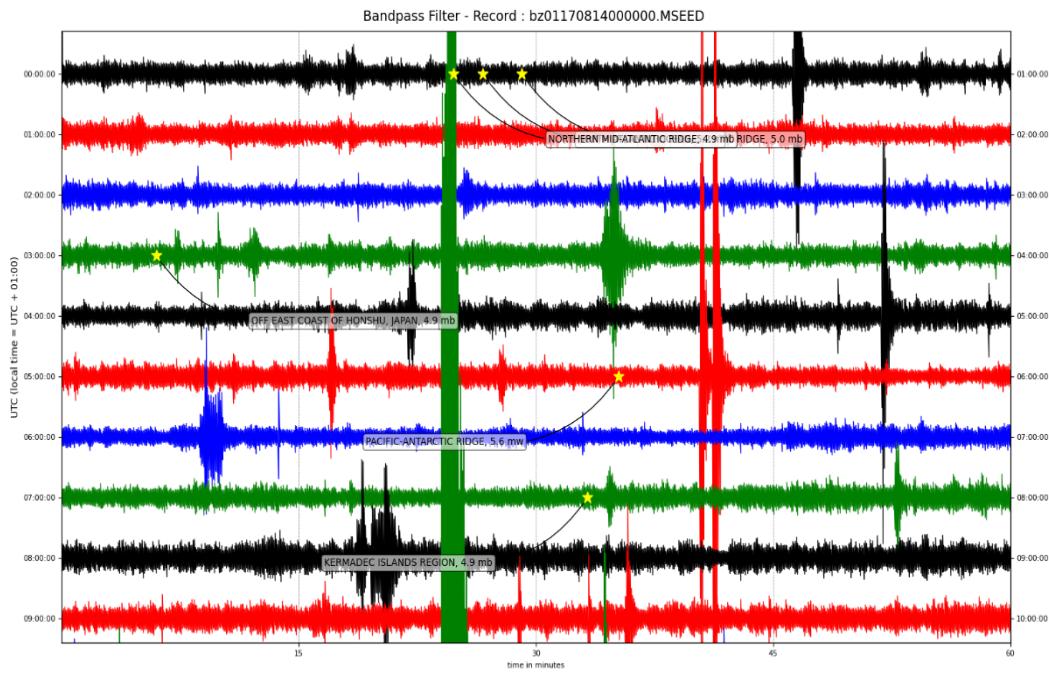


Fig. 41 Zoom de la Gráfica del registro sísmico de 24 horas, utilizando un filtro paso-banda con frecuencia mínima de 1 Hz, frecuencia máxima de 20 Hz y una magnitud de 4.9 Mw.

**NOTA:** Como conclusión, es el observador el que debe de decidir, cuál de estos filtros debe de utilizar para poder analizar mejor los eventos sísmicos que se encuentran ubicados dentro de los sismogramas, para poder así construir mejores bases de datos sísmicas que sean utilizadas en futuros sistemas de reconocimiento y entrenamiento, para determinar mejores futuros sistemas de alertas tempranas.

### 7.2.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado y gráficas continuas.

Los pasos a seguir para representar una gráfica continua de un registro sísmico son muy sencillos, constan de los siguientes ítems:

- Abrir o seleccionar un determinado registro (se visualiza el registro ruta del archivo (*Record path to Load*). Por defecto, la ruta inicial se encuentra en el directorio raíz “C” del PC”, ya sean en el sistema Windows o Linux)
- Seleccionar el tipo de filtro (Paso-Bajo, Paso-Alto, Paso-Banda).
- De acuerdo al tipo de filtro, dar las entradas de los parámetros del filtro.
- Dar clic al botón de “**Continuous Day**”, para graficar el registro.

**NOTA:** El dato de Mínima Magnitud (**Minimum Magnitude**) es irrelevante y por lo tanto no se toma en cuenta para el cálculo de gráfica resultante.

La salida de dicho análisis, estará compuesta por la gráfica de la señal del registro continuo. Por lo tanto, se visualizarán una sola línea en el sismograma final. De esta se puede realizar un zoom o guardarla en diversos formatos.

**NOTA:** En esta sección se presentan únicamente las gráficas resultantes, debido a que las interfaces que las generan son similares a las que se han presentado en la sección anterior.

### 7.2.1 Gráfica del Registro continuo con filtro Paso-Bajo de 4 Hz.

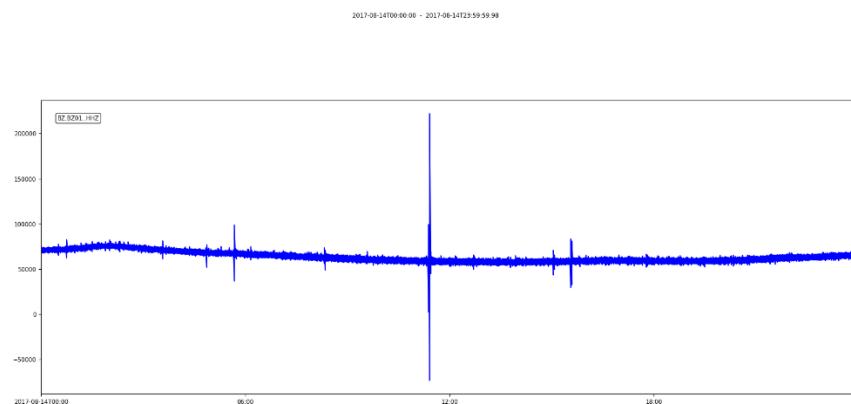


Fig. 42 Gráfica del registro sísmico continuo, utilizando un filtro paso-bajo de 4 Hz.

### 7.2.2 Gráfica del Registro continuo con filtro Paso-Alto de 8 Hz.

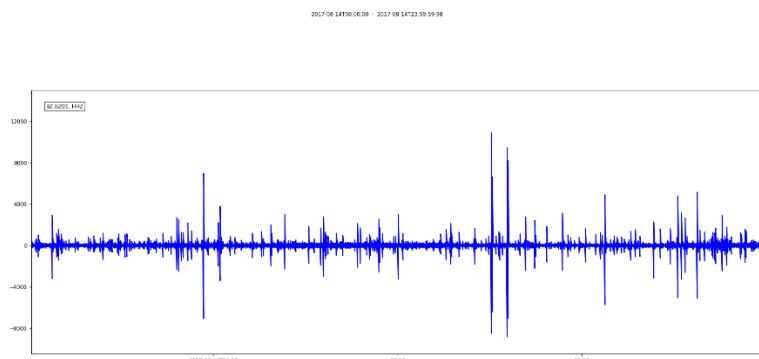


Fig. 43 Gráfica del registro sísmico continuo, utilizando un filtro paso-alto de 8 Hz.

### 7.2.3 Gráfica del Registro continuo con filtro Paso-Banda con frecuencia mínima de 1 Hz, frecuencia máxima de 20 Hz.

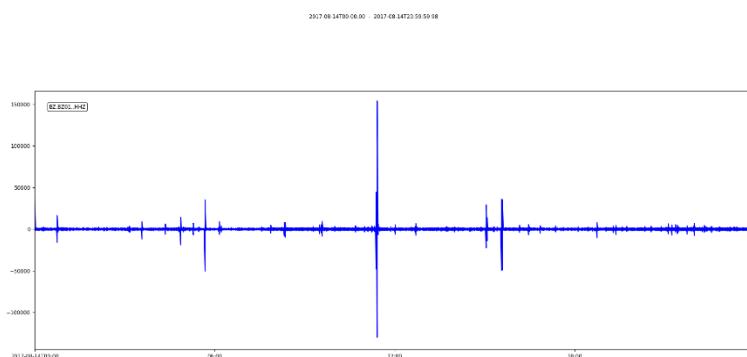
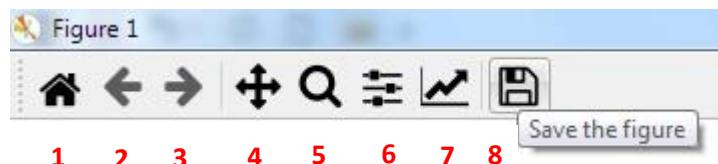


Fig. 44 Gráfica del registro sísmico continuo, utilizando un filtro paso-banda con frecuencia mínima de 1 Hz. y frecuencia máxima de 20 Hz.

## 8.- Barra de Herramientas de las gráficas (Librería Matplotlib)

En la construcción de gráficas, la pantalla de gráficos de la librería Matplotlib, posee un conjunto de herramientas muy útiles, que permiten visualizar, editar y almacenar las gráficas en diversos formatos. En la parte superior de la pantalla de gráficos de Matplotlib que se presenta cuando se crea una gráfica, se observa una barra de herramientas similar a la siguiente:



De izquierda a derecha, los iconos que representan las acciones a realizar son:

1. **Reset original view**: Restituye al inicio todas las gráficas
2. **Back to previous view**: Vista previa de la gráfica seleccionada
3. **Forward to next view**: Vista Adelante de la siguiente imagen
4. **Left button pans, Right button zooms, x/y fixes axis, CTRL fixes aspect**. Mueve la gráfica y ejes a izquierda o derecha,
5. **Zoom to rectangle**: A través de un rectángulo, realiza un zoom de la gráfica seleccionada.
6. **Configure subplots**: Configuración de los subplots (Bordes y espaciados)
7. **Edit axis, curve and image parameters**: Edición de los parámetros de la gráfica. Se selecciona el axes o gráfico y se editan elementos como: Título, coordenadas (X,Y) y parámetros de la curva (líneas, marcadores) en estilos, colores y tamaño.
8. **Save the figure**: Guarda la gráfica en diversos formatos.

El presente documento, no profundiza en cada uno de ellos, únicamente resaltará el uso de los que generalmente más se utilizan, como son: (1, 2, 5, 7 y 8).

En las gráficas anteriores, se ha podido constatar el uso de la herramienta de zoom (5). Las herramientas 2 y 3, permiten realizar o restablecer un zoom de forma individual a cada gráfica, la opción 1, faculta restaurar al valor inicial todos los elementos o subplots de la gráfica (*cada gráfica individual o parte de la ventana*). En cuanto a la opción 8, permite guardar la gráfica en diversos formatos. El resto es sumamente sencillo y queda a estudio del usuario el uso de cada uno de ellos. Ahora bien, los procesos para “**editar**” y “**almacenar o guardar**” las gráficas (*Números anteriores 7 y 8*) se detallan a continuación.

### 8.1.- Guardar las Gráficas.

El proceso de guardar las gráficas es muy sencillo. Se procede a dar clic al ícono de la herramienta número 8 (*Save the figure*).



Lo que permite abrir una ventana de explorador, similar a las de Windows (*dependiendo del idioma o sistema que se utilice*), en donde se puede seleccionar la carpeta o directorio donde se almacenará la gráfica.

Además, dar nombre y tipo de formato que se desee. Esto se puede observar en la parte inferior de la ventana del explorador (*círculo rojo en la imagen*), ahí se seleccionan los diversos tipos de formatos disponibles a guardar. La pantalla es similar a la siguiente.

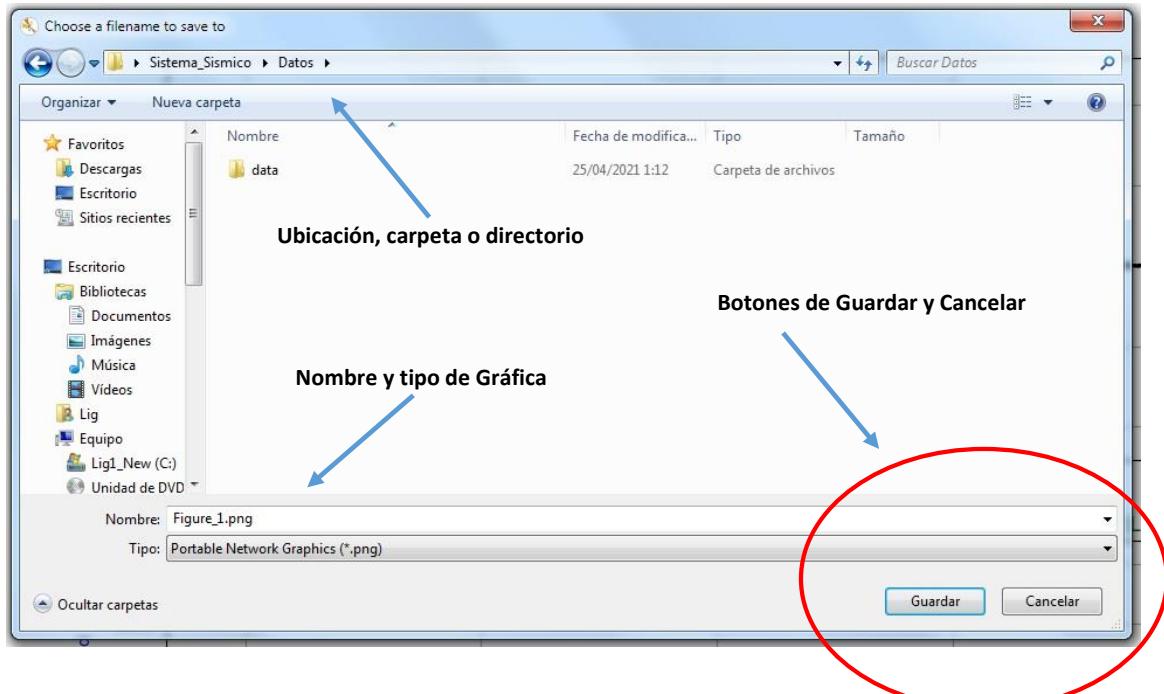


Fig. 45 Pantalla que permite guardar la gráfica, seleccionando un nombre e eligiendo diversos tipos de formatos. Botones de “guardar” y “Cancelar”, para completar o cancelar el proceso.

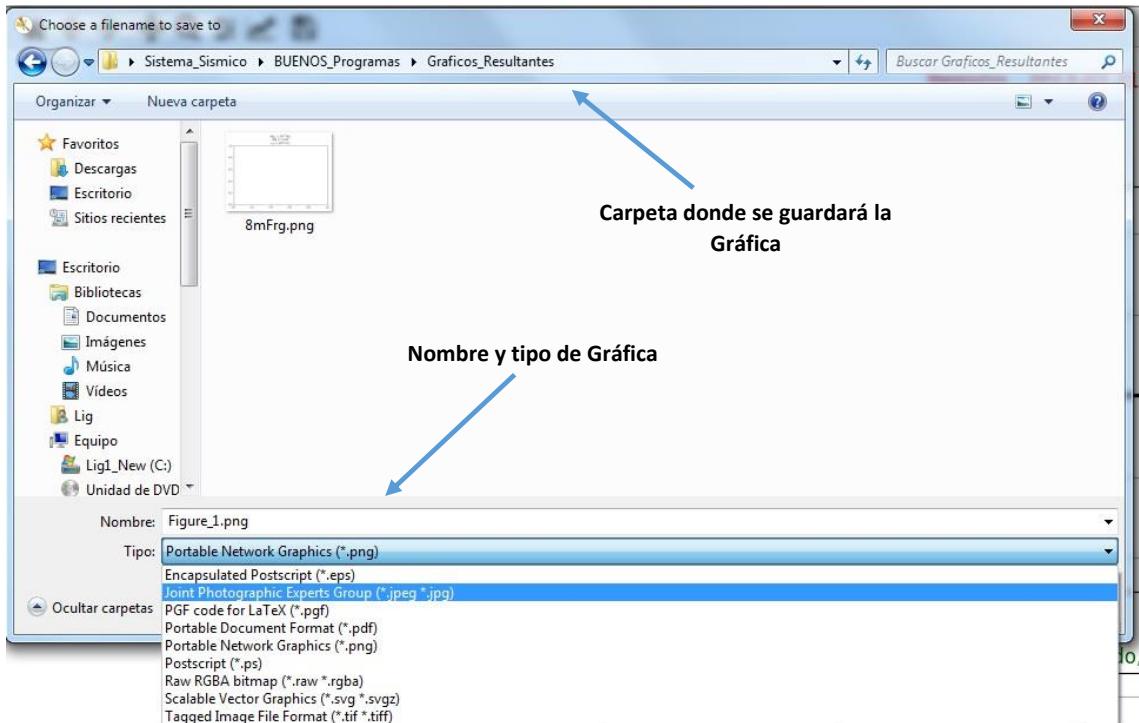


Fig. 46 Pantalla donde se observa los tipos de formatos disponibles para guardar la gráfica.

La figura anterior muestra una lista de los tipos de formatos disponibles, la siguiente imagen presenta dicha lista con más detalle:

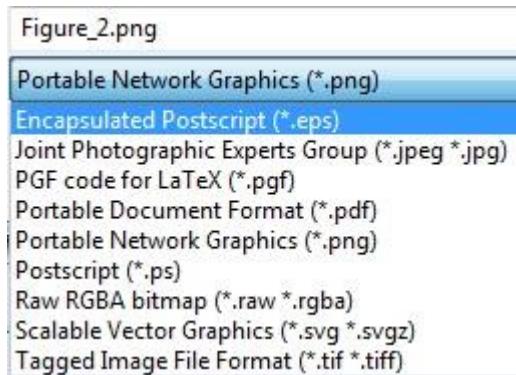
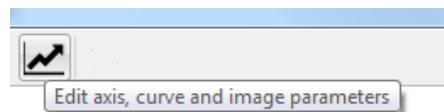


Fig. 47 Lista de los Formatos disponibles, para guardar la gráfica generada por el análisis.

Una vez seleccionado, tanto el nombre como el tipo de formato que se desea y la ubicación de la carpeta o directorio en donde se almacenará la gráfica, se procede a dar clic al botón de “**Guardar**” (Cfr. Fig. 79), con lo que la gráfica se almacenará y estará disponible para el uso que se estime necesario.

## 8.2.- Edición de los ejes e imágenes de las Gráficas

A través del botón de “Edición”, punto 7 (Cfr. Pág. 28) del listado de la barra de herramientas gráficas (**Edit axis, curve and image parameters**), es posible editar o modificar los parámetros de los ejes, las imágenes y curvas de las gráficas.



Por ejemplo, para modificar los parámetros de la imagen de un espectrograma. Se da clic a dicho botón de comando. Se presenta una pantalla o caja de diálogo “**Customize (Personalizar)**”, que indica cuál de los “*axes (ejes)*”, de las áreas de la gráfica se desea editar o modificar y luego de da clic al botón de “**OK**”. Esta pantalla es similar a la siguiente.

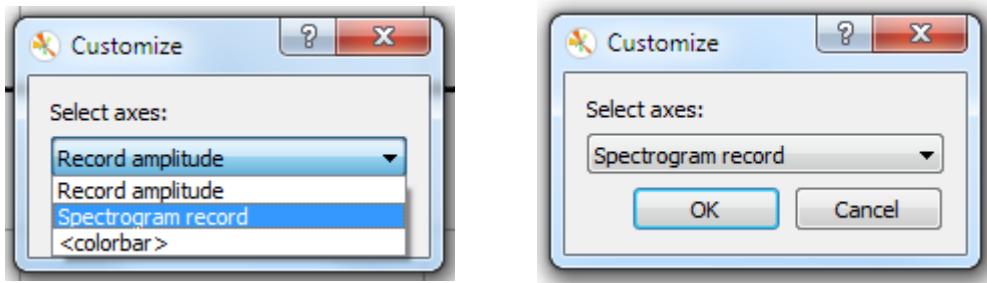


Fig. 48 Caja de diálogo de **Customize (Personalizar)**, se ha seleccionado el eje del espectrograma

Una vez que se selecciona el eje deseado y que se ha dado clic al botón “OK”, se presenta una nueva ventana con las opciones de la figura. Aquí se seleccionan los diversos valores a editar de dicho eje, en este caso del espectrograma (Axes (ejes) e Imágenes). La ventana de diálogo es la siguiente.

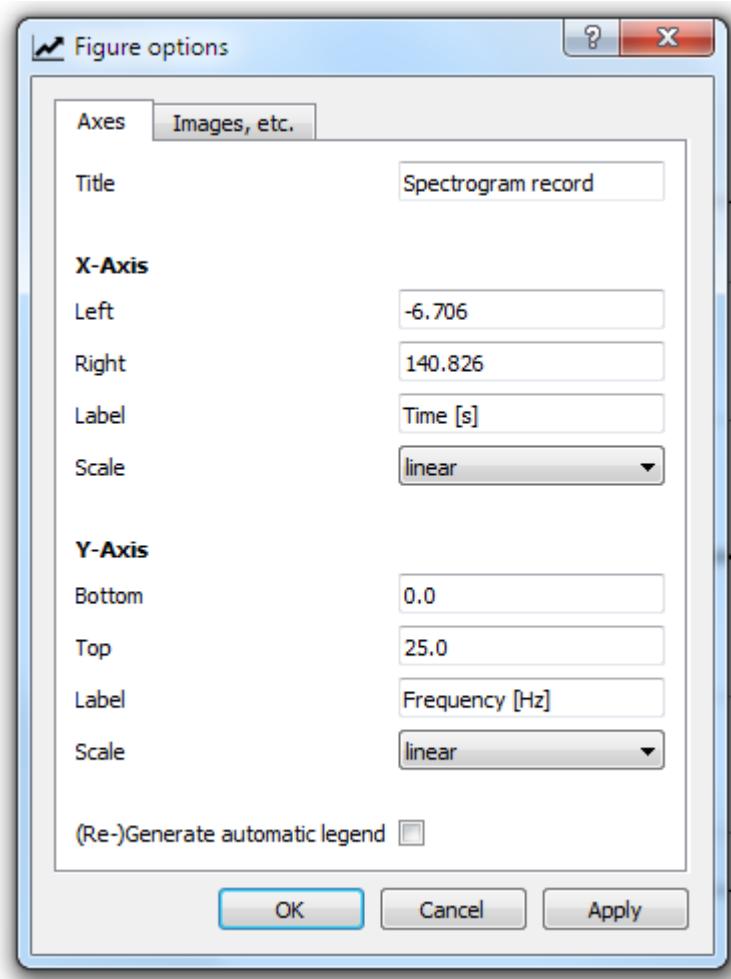


Fig. 49 Caja de diálogo de opciones de edición del título y ejes de la figura.

En esta parte de “[Axes \(ejes\)](#)”, como se observa, se pueden editar o modificar los valores o parámetros del título y los ejes “X” y “Y” de la gráfica. Para nuestro ejemplo, lo que se desea modificar es la imagen, con lo que se va a seleccionar la pestaña que indica esta opción. La imagen que se presenta es la siguiente.

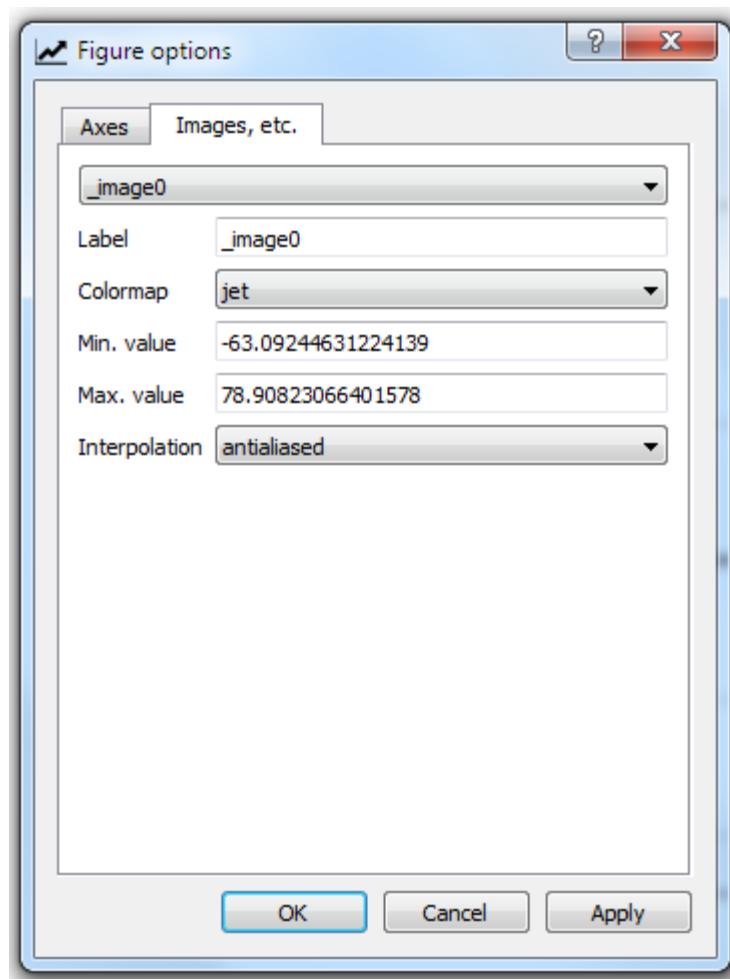


Fig. 50 Caja de diálogo de opciones de edición de los parámetros de la imagen.

Como se observa en la imagen, se pueden modificar entre otros parámetros: las etiquetas, el mapa de color o “*Colormap (mapa de color)*” utilizado en el espectrograma, los valores mínimo y máximo y la interpolación. El valor de “*Colormap (mapa de color)*” por defecto se ha programado el modo “**jet**”. Los valores mínimos y máximos para este mapa de color y la interpolación que se utilizan se asignan por defecto a la imagen, pero se pueden modificar de acuerdo al interés del operador.

La lista de valores de parámetros editables, tanto del “*Colormap (mapa de color)*”, como de la “*Interpolation (Interpolación)*”, se presenta en la figura de la siguiente página.

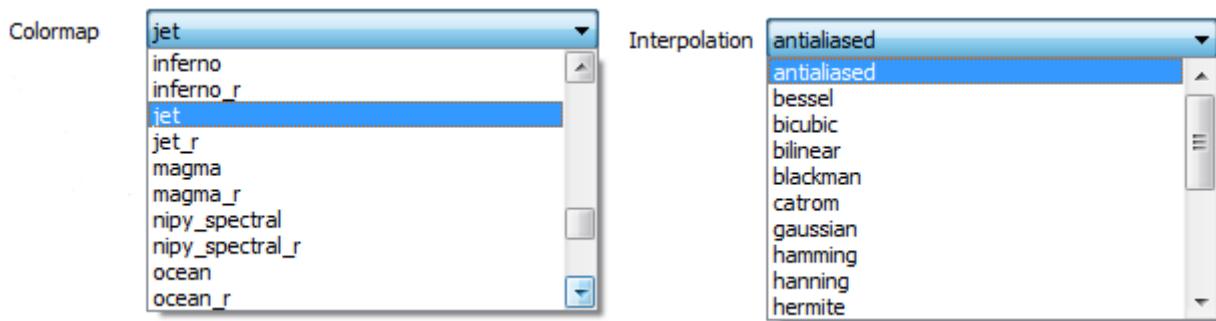


Fig. 51 Cajas de diálogo de edición de algunos de los parámetros de “*Colormap (Mapa de color)*” y de “*Interpolation (Interpolación)*”, para seleccionar en la gráfica.

**CONCLUSIÓN:** El sistema está diseñado para ser una herramienta de fácil uso, acceso y comprensión. Una interfaz amigable, que ofrezca una ayuda tecnológica fiable al operador humano en el análisis de registros sísmicos, tanto tectónicos como volcánicos. La sencillez de esta primera versión radica en que consta de un único módulo, en el que se han incluido varios de los análisis de filtros digitales, frecuentemente utilizados en el estudio de una determinada señal sísmica (paso-bajo, paso-alto y paso-banda), para poder realizar gráficas de sismogramas de un día completo de 24 horas en segmentos de una hora. En versiones o actualizaciones posteriores a la versión actual (1.0), podrán añadirse módulos extras, que contengan diversos tipos de análisis, funcionalidades o con diferentes métodos de representación de gráficas múltiples, para mejora del estudio y la investigación de la comunidad científica.

### Agradecimientos:

This software and its documentation are the result of research from Spanish projects:

- a) PID2022-143083NB-I00, “LEARNING”, funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033
  - b) JMI and LG were partially funded by the Spanish project PROOF-FOREVER (EUR2022.134044)
  - c) PRD was funded by the Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España (MCIN), Agencia Estatal de Investigación (AEI), Fondo Social Europeo (FSE), and Programa Estatal de Promoción del Talento y su Empleabilidad en I+D+I Ayudas para contratos predoctorales para la formación de doctores 2020 (PRE2020-092719).
  - d) Spanish Project PID2022-143083NB-100 founded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by FEDER (EU) “Una manera de hacer Europa”.
- PLEC2022-009271 “DigiVolCa”, funded by MCIN/AEI, funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by EU «NextGenerationEU/PRTR», 10.13039/501100011033.

### Fin del Documento.

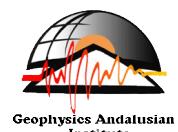
**Ligdamis A. Gutiérrez E. PhD.**

Theoretical and Cosmos Physics Department, Faculty of Sciences.

Geophysics Andalusian Institute.

Granada University (Ugr)

Granada, Spain – 2023



## ANEXO A

### A1.- Instalación de Python y librerías adicionales

#### A1.1. Contenido del paquete de Instalación.

La carpeta principal “***Analysis\_System\_1***”, contiene dos carpetas con los programas (*códigos e interfaces en inglés y documentación en castellano*). A su vez, cada una de ellas contiene dos subcarpetas, organizadas de la siguiente manera:

- a) Carpeta “***Reliable\_set\_tools\_system\_1***”: (conjunto del sistema de análisis sísmico). Esta carpeta debe de ser copiada en “Mis Documentos”, contiene los siguientes elementos:
  - a. Carpeta: “***Images***” Imágenes necesarias para la interfaz.
  - b. Programa: ***Menu.py***. Programa de inicio y presentación y llamada a los módulos.
  - c. Programa: “***Days\_1.py***”. Programa principal (interfaz), para el análisis y gestión de presentar registros completos de 24 horas en separaciones de una hora de duración.
- b) Carpetas (*Document\_ES y Document\_EN, dependiendo del idioma; inglés o castellano*). Para Castellano “***Document\_ES***”: Se compone de los siguientes ítems:
  - a. Manual de Usuario “***3\_Manual\_One\_Day\_Records\_Vrs1.pdf***” en PDF, redactado en español con la documentación necesaria del uso de las interfaces del sistema.
  - b. Fichero “***Initials\_requirements.txt***”. Fichero que contiene las librerías necesarias para instalarse en Windows a través del “Pip”, una vez instalado Python.
  - c. Fichero “***README.txt***”: Fichero con las instrucciones generales y básicas del sistema y su instalación.
  - d. Fichero “***Set\_tools\_System\_1\_1.bat***”, fichero ejecutable de procesamiento por lotes. Debe de copiarse en el escritorio, desde ahí mediante clic derecho “ejecutar como administrador”, iniciará el sistema llamando al menú principal. El fichero buscará automáticamente el programa de inicio (*Menu.py*) que se encuentra en la carpeta “*Set\_tools\_System\_1\_1*” que previamente se ha copiado en “Mis Documentos” e iniciará Python, ejecutando dicho programa.

El sistema, dispone de todos los elementos en inglés, salvo el manual de usuario, que está redactado en español. Para instalar en Windows, se debe proceder a realizar dos acciones principales posteriores a descargar y descomprimir los ficheros “Rar”. La primera es copiar la carpeta (a) entera a la carpeta “*Mis Documentos*” del PC.

- c) Copia de la carpeta “***Set\_tools\_System\_1\_1***” a “*Mis documentos*” de Windows desde el fichero de descarga (Rar), una vez descomprimido.
- d) Copia del fichero “***Set\_tools\_System\_1\_1.bat***”, desde la carpeta “(**Document**)”, al escritorio de Windows.

Con esto, ya se asegura el correcto uso del programa. Ahora, se procederá a la instalación del lenguaje Python y las librerías adicionales de Python en Windows.

#### A1.2.- Instalación de Python en Windows

Python, es un lenguaje de programación interpretado multiplataforma (*funciona bajo diversos sistemas operativos, Windows, Linux, Mac*) y multiparadigma (*uso de dos o más paradigmas dentro de un programa, orientado a objetos, reflexivo, imperativo y funcional*).

Además, Python puede ser enriquecido por una gran cantidad de módulos, librerías, paquetes o bibliotecas de programación, que son instaladas mediante su gestor de paquetes o “**Pip**”. En Linux, el programa Python y su gestor “Pip” se instalan conjuntamente con el sistema operativo. En los sistemas Windows en cambio, en los que el Python no es un lenguaje nativo, se necesita instalar previamente dicho lenguaje, descargando la versión adecuada desde la página Web de distribución de Python, ubicada en la siguiente dirección: <https://www.python.org/downloads/>

En la Web, se debe seleccionar la versión correcta, de acuerdo al tipo de sistema operativo que se encuentra en el ordenador, incluyendo si este es de 32 o 64 bits.

Para poder ser instaladas, tanto en sistemas de 32 como en 64 bits. Hay que recordar, que la redacción de este documento y el software, han sido creados con la versión disponible en su momento, que fue “**Python 3.8.6**”, que varía y se actualiza constantemente. De hecho, a partir de esa versión, han surgido muchas más. Una versión más moderna y adaptable al software (*que se sugiere*) es: “**Python 10.10**”. El usuario necesita revisar si versiones más avanzadas, no interfieren con algunas de las librerías instaladas, como la “**Obspy**”, por ejemplo. Esto se debe a que todo lo relacionado con los sistemas Linux, está constantemente modificándose, con las actualizaciones que Python y los sistemas basados en Linux realizan. Por lo que es recomendable, visitar la página Web y descargar la versión actualizada más estable o probada de Python, que funcione adecuadamente con este software.

Una vez descargada, se procede a ejecutar como administrador (*botón derecho del ratón y “ejecutar como administrador”*), se presentará el asistente de instalación del software, que guiará los pasos necesarios en la instalación (*sólo seguir las instrucciones*). El proceso dura solo unos pocos minutos. Es “recomendable” indicar durante el proceso, cuando se pregunte, que se incluya un acceso en el “**Path**” del sistema, para que así, Python pueda acceder desde cualquier sitio de Windows. Si esto no se hace durante el proceso de instalación, se debe de realizar de forma manual, modificando las variables de entorno (*más complicado*), para incluir el camino desde donde se encuentra instalado Python. Esto no será necesario (*si se le indica al inicio*), por medio del asistente de instalación.

### A1.3.- Instalación de librerías adicionales

El siguiente paso es comprobar que el Python y su administrador de archivos o paquetes (pip) han sido instalados correctamente. El “**pip**” (gestor de ficheros y librerías) es muy importante, ya que es el que permite la instalación de librerías adicionales, que Python necesita para ejecutar correctamente los programas creados. Para ello, hay que abrir la ventana de consola del Windows, o “CMD”. El CMD, símbolo del sistema o también conocido como “*Command prompt*”, es un intérprete de línea de comandos.

Acceder al CMD, es posible por medio del teclado, buscando la tecla con el logo de Windows (Una ventana), situada entre la tecla “Ctrl” y “AltL” en la parte inferior izquierda



del teclado. Pulsando dicha tecla, más (+) la tecla de la letra “**R**”, abrirá una ventana del programa “**Ejecutar**”, similar a la siguiente.

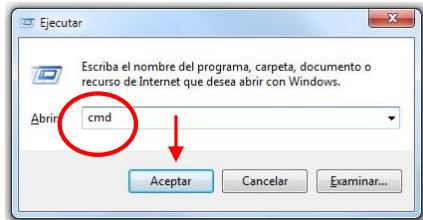


Fig. A1 Pantalla de Ejecutar en Windows. En el círculo rojo, teclear “cmd” y clic a “Aceptar”

Como se observa en la figura anterior, se teclea “cmd”, se da clic a “Aceptar”, lo que abrirá la ventana o consola de comandos de Windows.

Otra forma de realizar esto, es en la parte inferior del escritorio, en (W7) o junto (W10) al botón de “Inicio” de Windows. Se encuentra la sección de búsqueda, señalada mediante el ícono de una lupa. Esto indica, la búsqueda de programas. Similar a la siguiente.



Fig. A2 Pantalla de Búsqueda de programas en Windows.

En el cuadro donde dice “Buscar programas y archivos” (Windows 7) o “Escribe aquí para buscar” (Windows 10), se teclea igualmente “cmd”. Esta acción o la anterior, presentará la consola de comandos (CMD) de Windows, similar a la siguiente (W7).



Fig. A3 Pantalla o consola de comandos “CMD” en Windows 7.

Lo mismo para las versiones: Windows 10 (W10) o Windows 11 (W11).



Fig. A4 Pantalla o consola de comandos “CMD” en Windows 10.

Una vez ahí, para verificar que tanto Python como su administrador de paquetes “**pip**” han sido instalados correctamente, se teclea los siguientes comandos: Python –V, y para verificar el “**pip**” se teclea: **pip –V**. Esto se observa en la siguiente figura.

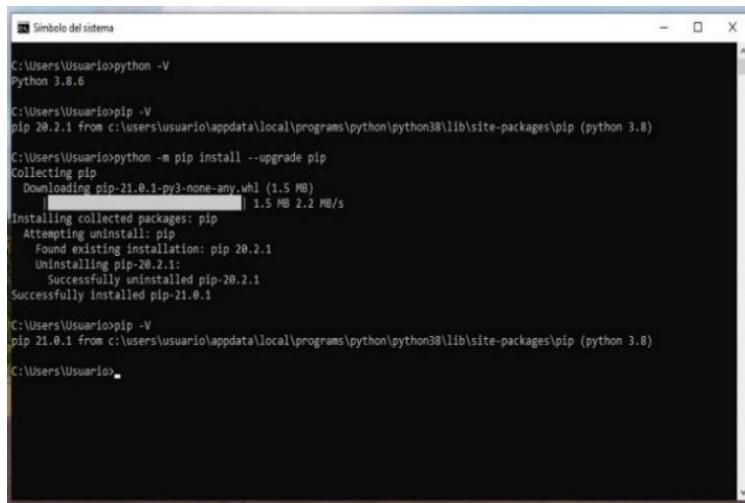


Fig. A5 Pantalla CMD, indicando las versiones de python y pip en Windows.

La salida de teclear –V en Python, indica invocar la versión que ha sido instalada. En este caso se observa que es la “[3.8.6](#)”. Esto se ha podido realizar desde cualquier sitio del sistema, debido a que la secuencia de comandos de Python, ha sido instalada recordemos en el “path” o ruta que se encuentra en las variables de entorno del sistema. También después de teclear “**pip – V**”, se observa que la versión de pip es la “[20.2.1](#)”. En este punto, se recomienda actualizar dicha versión, ya que, por defecto “**pip**” se instala conjuntamente con “**Python**”, pero no instala la última o más actualizada versión. Para ello, en la ventana o consola CMD, se debe de teclear el siguiente comando (Windows/Linux): En Windows se teclea “[python](#)” y en Linux se teclea “[python3](#)”.

> **python –m pip install –upgrade pip** | **Linux: \$ sudo python3 –m pip install –upgrade pip**

Lo que indica que se actualizará el “**pip**” a su más reciente versión (*En Linux, como “superusuario”, es decir, “sudo” al inicio*). Se visualiza en la siguiente pantalla.



```
C:\Users\Usuario>python -V
Python 3.8.6

C:\Users\Usuario>pip -V
pip 20.2.1 from c:\users\usuario\appdata\local\programs\python\python38\lib\site-packages\pip (python 3.8)

C:\Users\Usuario>python -m pip install --upgrade pip
Collecting pip
  Downloading pip-21.0.1-py3-none-any.whl (1.5 MB)
    |████████| 1.5 MB 2.2 MB/s

Installing collected packages: pip
  Attempting uninstall: pip
    Found existing installation: pip 20.2.1
    Uninstalling pip-20.2.1:
      Successfully uninstalled pip-20.2.1
Successfully installed pip-21.0.1

C:\Users\Usuario>pip -V
pip 21.0.1 from c:\users\usuario\appdata\local\programs\python\python38\lib\site-packages\pip (python 3.8)

C:\Users\Usuario>
```

Fig. A6 Pantalla de actualización y verificación de la nueva versión del pip en Windows.

Como se puede observar, al teclear de nuevo (**pip – V**), una vez actualizada “**pip**”, la versión en la 21.0.1. Con esto ya se tiene instalado y actualizado Python y el **pip**. El **pip** como se ha mencionado, es muy importante, porque con este administrador, se proceden a instalar todas las librerías y paquetes necesarios, para que las aplicaciones creadas en Python puedan ser ejecutadas correctamente y sin errores. Para utilizar el sistema, se debe de proceder mediante “**pip**” a la instalación de paquetes o librerías necesarios.

A continuación, se procederá a la explicación de cómo de forma sencilla y completamente automática se instalarán en el sistema, las librerías más comúnmente utilizadas y generales que Python necesita. Librerías como, por ejemplo “**obspy**”, que es la librería o software en código abierto, basado en **Python** para el procesamiento de datos sismológicos. También, “**matplotlib**”, que es una biblioteca para la generación de gráficos a partir de datos contenidos en listas o arrays en **Python** y su extensión matemática “**NumPy**”, entre otros, que el sistema necesita para su ejecución.

#### A1.4 Instalación automática de las librerías en Windows a partir del PIP.

La ventaja de tener ya instalado y actualizado el PIP en Windows, es que se puede realizar la instalación de todas las librerías que Python necesita para poder ejecutar el sistema.

Adicionalmente, en la carpeta “**Document (Documentos)**”, en el fichero “**Readme.txt**” se encuentran las instrucciones de esta instalación. Por lo que el usuario, solo debe de seguir las instrucciones y los paquetes necesarios que serán instalados en el ordenador (PC) de forma automática por el “**Pip**” tanto en Windows como en Linux. Las librerías necesarias están en el fichero denominado “**Initial\_requirements.txt**”, incluido en la capeta “**Document**” de los ficheros descargados de la instalación y en el **Anexo B**.

En una ventana de comandos “**Cmd**” de Windows, se realizan las acciones para cada uno de los comandos indicados en el fichero, siguiendo las instrucciones. No debe de presentar problemas la instalación en sistemas Windows y Linux. Si alguna librería presenta algún error en la instalación (*se muestra en color rojo en el CMD*), debe de consultarse la documentación de dicha librería, o revisar si se está instalando la versión de Python adecuada o recomendada (**versión 3.8.6 y/o 3.10.10**). La instalación en los sistemas **Linux** (*Cfr. README.txt*) es similar y más sencilla. Se copia la carpeta principal ya sea en el escritorio, en la carpeta personal, etc. Desde esa ubicación, se abre una ventana de comandos y simplemente se teclea:

“**\$ python3 Menu.py**” para iniciar el sistema.

## ANEXO B:

### INSTALAR LIBRERÍAS PYTHON, PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

1.- **PIP:** El **Pip** (Programa de Instalación Preferida), es el administrador de paquetes o gestión de paquetes, que se utiliza para instalar y administrar paquetes de software escritos en Python. Al Instalar Python, PIP se instala por defecto. Hemos mencionado que ver la versión de Python o PIP, se teclea en una consola o CMD el comando (-V) como sigue:

```
python -V / pip -V Y para ver la lista de paquetes pip instalados: -> pip list
```

Normalmente, hay que actualizar la versión de pip, con la que se instala Python. Para esto se teclea en la ventana de comandos (CMD). En sistemas Linux y Mac, se coloca al inicio “**sudo**”, para indicar permisos de super-usuario.

```
Python -m pip install --upgrade pip / (LINUX) -> sudo python -m pip install --upgrade pip
```

Una vez que se descarga e instala, podemos comprobar de nuevo la versión, con el primer comando, se observará que la versión ha cambiado y actualizado. Ahora que se tiene el “pip” actualizado, se procederá a instalar los paquetes necesarios para que Python funcione correctamente con las aplicaciones.

2.- Instalación de **PyQt**: Este es un enlace de Python para la biblioteca Qt escrita en el lenguaje C++. Para la creación y uso de interfaces gráficas de usuario (GUI) en Python. Se teclea lo siguiente en la ventana de comandos (CMD).

```
pip install PyQt5 / (LINUX & Mac) -> sudo python install PyQt5
```

3.- Instalación de la librería Matplotlib. Es la librería que permite la creación y visualización de gráficos. Se teclea lo siguiente:

```
pip install matplotlib / (LINUX & Mac) -> sudo python install matplotlib
```

4.- Instalar la librería **Obspy**. Es la librería para el manejo de señales sísmicas. Se teclea:

```
pip install obspy / (LINUX & Mac) -> sudo python install obspy
```

5.- Instalar Thinter: Es una interfaz gráfica de Usuario (GUI). Se teclea lo siguiente:

```
pip install tk / (LINUX & Mac) -> sudo python install tk
```

6.- Instalar **quantecon**: Es una librería que sirve para utilizar la estimación del espectro, Periodograma, transformada de Fourier. Se teclea lo siguiente:

```
pip install --upgrade quantecon / (LINUX & Mac) -> sudo python install --upgrade quantecon
```

7.- Actualizar una librería para **matplotlib**. Para evitar problemas con los gráficos.

```
pip install msvc-runtime / (LINUX & Mac) -> sudo python install msvc-runtime
```

8.- Instalar **easygui** para la interfaz gráfica.

```
pip install easygui / (LINUX & Mac) -> sudo python install easygui
```

9.- Instalar **PyWavelets** para el manejo de la CWT.

```
pip install PyWavelets / (LINUX & Mac) -> sudo python install PyWavelets
```

10.- Instalar **plotly**, para el manejo y ayuda de los gráficos junto a Matplotlib.

```
pip install plotly / (LINUX & Mac) -> sudo python install plotly
```

11.- Instalar “**pyaudio**”, para el manejo de audio. Python bindings for PortAudio v19, the cross-platform audio I/O library

```
python -m pip install pyaudio / (LINUX & Mac) -> sudo apt-get install python3-pyaudio
```

Al final se teclea “**pip list**”, para ver las librerías instaladas. Adicional: Se puede crear un fichero llamado “**requirements.txt**”, que contendrá todas las librerías que el PC utilizará. El archivo requirements.txt, debe de estar en el directorio actual.

```
pip freeze > requirements.txt
```