

# UNIVERSIDAD DE GRANADA



DEPARTAMENTO DE FÍSICA TEÓRICA Y DEL COSMOS

INSTITUTO ANDALUZ DE GEOFÍSICA Y  
PREVENCIÓN DE DESASTRES SÍSMICOS

## ***“Sistema de Integración para Registros Sísmicos”***

*(Seismic Signals Integration System)*

MANUAL DE USUARIO: VERSIÓN 1.0

**Autor:**

**Ligdamis A. Gutiérrez E. PhD.**

**Volcán Masaya, Nicaragua**

**Foto por: Ligdamis A. Gutiérrez E.**

Granada, España 2021- 2022

## Índice General

<a href="#">1.- Introducción</a>	3
<a href="#">2.- Pantalla Inicial del Sistema</a>	4
<a href="#">2.1.- Elementos de la pantalla inicial</a>	6
<a href="#">3.- Interfaz de Análisis</a>	7
<a href="#">3.1.- Elementos de la pantalla de análisis</a>	7
<a href="#">3.1.1.- Bloque de Selección</a>	7
<a href="#">3.2.- Elementos del bloque de selección</a>	8
<a href="#">3.2.1.- Botón de Carga de Registro</a>	8
<a href="#">3.2.2.- Botón “Clean Inputs (Limpieza)”</a>	9
<a href="#">3.2.3.- Selección de tipo de filtro</a>	10
<a href="#">3.2.4.- Selección de entradas</a>	10
<a href="#">3.2.5.- Filtro Paso-Bajo (Lowpass)</a>	11
<a href="#">3.2.6.- Filtro Paso-Alto (highpass)</a>	12
<a href="#">3.2.7.- Filtro Paso-Banda (Bandpass)</a>	13
<a href="#">3.2.8.- Filtro Suprime-Banda (Bandstop)</a>	15
<a href="#">4.- Bloque de ruta</a>	16
<a href="#">5.- Bloque de comandos</a>	17
<a href="#">5.1.- Validación de errores en registro o entradas</a>	18
<a href="#">6.- Resultados de Secciones de Filtro y Análisis</a>	18
<a href="#">6.1.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado paso bajo y cálculo de la integral</a>	18
<a href="#">6.2.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado paso-banda y cálculo de la integral</a>	19
<a href="#">7.- Gráficas resultantes</a>	20
<a href="#">7.1.- Gráficas de Filtros y Zoom de los registros</a>	20
<a href="#">7.1.1.- Ejemplo de cálculo de un registro con formato SAC</a>	21
<a href="#">7.1.2.- Ejemplo de cálculo de un evento VLP, registro con formato MSEED</a>	23
<a href="#">8.- Barra de Herramientas de las gráficas (Librería Matplotlib)</a>	26
<a href="#">8.1.- Guardar las gráficas</a>	26
<a href="#">8.2.- Edición de los ejes e imágenes de las Gráficas</a>	28
<a href="#">Conclusión</a>	31
<a href="#">Agradecimientos</a>	31
<a href="#">Anexo A</a>	32
<a href="#">A1.- Instalación de Python y librerías adicionales</a>	32
<a href="#">A1.1. Contenido del paquete de Instalación</a>	32
<a href="#">A1.2.- Instalación de Python en Windows</a>	32
<a href="#">A1.3.- Instalación de librerías adicionales</a>	33
<a href="#">A1.4 Instalación automática de las librerías en Windows a partir del PIP</a>	36
<a href="#">Anexo B</a>	37
<a href="#">Instalar librerías Python, para el correcto funcionamiento del sistema</a>	37

El “*Sistema de Integración de Registros Sísmicos (Seismic Signals Integration System)*” constituye una interfaz amigable, que permite una fácil y eficiente gestión de la integración en los registros sísmico-volcánicos. El determinar la integral de una señal, puede ser sumamente útil sobre todo si se trata de eventos de tipo VLP (“*Very long period*” / *Muy largo período*). Este tipo de eventos son conocidos como eventos de muy baja frecuencia, localizada en un rango generalmente entre 0.01 a 0.5 Hz (*Períodos entre 2 y 100 segundos*), se les asocia con longitudes de onda muy grandes que se encuentran desde decenas hasta cientos de kilómetros y relacionados a oscilaciones resonantes en el sistema de conductos de magma poco profundo en las estructuras volcánicas. Normalmente, suelen ser acompañados de explosiones. El fácil acceso al cálculo de la integral de la señal, sumado a la capacidad de utilizar técnicas de filtros, permite tener una herramienta automática fiable, para que de esta forma, ayude al operador a identificar y comprobar el fenómeno de desplazamiento de masa de los eventos VLP, lo cual podría deberse al movimiento de fluidos o de gases.

La aplicación, a través de las librerías incorporadas, permite la lectura de diversos formatos sísmicos como son: SAC, MSEED, GSE2, EVT, WAV entre otros. Pudiéndosele aplicar a continuación, diversas técnicas de filtrado y el cálculo de la integración de la señal, dando de forma automática un valor añadido al conocimiento del operador, para determinar si se ha producido un movimiento de masas de acuerdo al evento.

La primera versión de este sistema la compone una sola interfaz, que abarca herramientas para el filtrado de la señal y el cálculo de la integral simple de la señal sísmica. 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 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. Asimismo, 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).

**NOTA:** 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

[Regresar al Índice](#)

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 “Analysis\_System\_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.

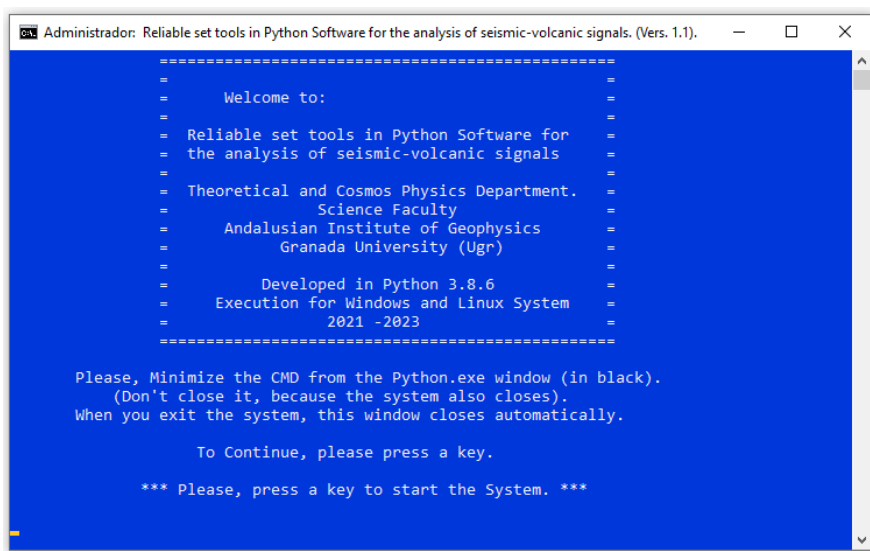


Fig. 2 Pantalla de Bienvenida e instrucciones para carga del sistema.

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. Este ya debe estar previamente copiado en “**Mis documentos**” y el fichero “Set\_tools\_System\_1\_1.bat” tiene todas las instrucciones de carga.

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:

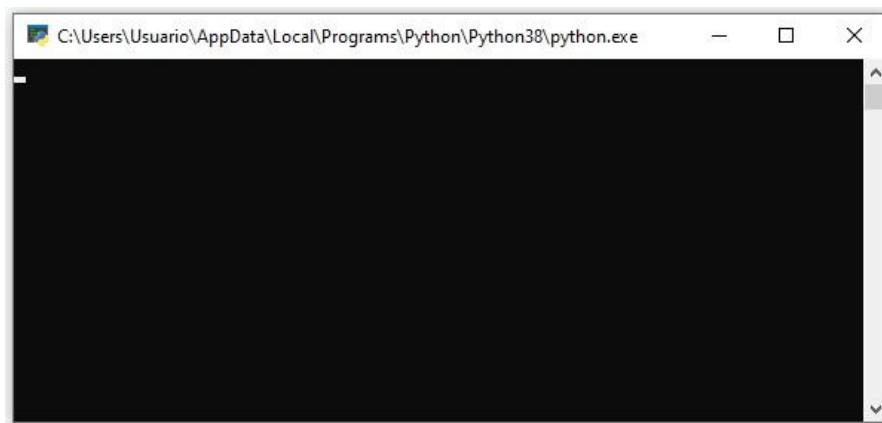


Fig. 3 Pantalla de consola (CMD) de Python (*Se debe de minimizar*)

Para que no obstaculice 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. Una vez finalizado los trabajos con el sistema. Al salir, esta ventana se cierra automáticamente. La pantalla inicial de presentación del sistema (*el menú de los módulos*) es la siguiente.



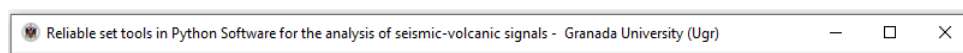
**NOTA:** Al pulsar o dar clic al botón del módulo, se cierra la ventana de inicio y se abre la ventana del módulo (dependiendo de la memoria del PC esto tarda un poco. Es recomendable disponer de al menos 8 GB de memoria en el sistema, 16 GB sería lo ideal.).

Fig. 4 Pantalla Menú principal. Resaltado se observa el módulo a trabajar. Módulo 5 (*Integrate Seismic Signals*).

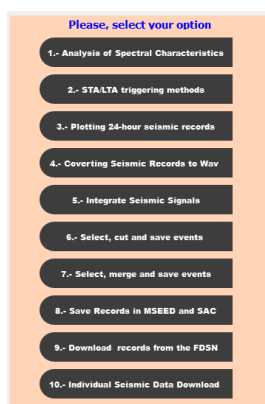
## 2.1.- Elementos de la pantalla inicial

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

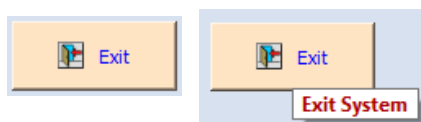
- la barra superior de herramienta con la información básica del módulo.
  - En la parte izquierda se presentan 10 botones de ejecución o de comandos de llamada a cada módulo del sistema.
  - En la parte inferior un botón de comando que permite la salida del sistema.
  - Además se presentan: una imagen 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.
- 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).



- 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*).



- 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.

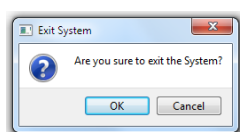


Fig. 5 Caja de texto que indica si se desea salir del sistema.

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.

### 3.- Interfaz de Análisis

La “*pantalla de análisis*” es la interfaz principal del módulo, donde se realizan las actividades que componen las herramientas de lectura de registros, filtrado y análisis espectral de los registros sísmicos. Dicha pantalla se compone de las siguientes partes:



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

- 1) **Área de Título:** (Nombre del módulo y de la Universidad).
- 2) **Bloque de Carga y limpieza:** a) Botones de comando: Load Record y Clean, parámetros b) Tipos de Filtros.
- 3) **Bloque de Ruta.:** Ruta de ubicación física del registro a analizar.
- 4) **Bloque de Comandos:** a) Botones de comandos (Plot Integral/Graficar, Go Back/Retroceso, Exit/Salida).

La pantalla se conforma de diversos elementos para su utilización. En la parte superior se observa; Nombre del programa, icono y el 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 3 elementos de la pantalla de análisis en tres bloques principales que se enumeran del (2-4) en los círculos rojos.

##### 3.1.1.- Bloque de Selección. (2)



Fig. 7 Bloque de elementos de selección. En los círculos verdes: a) Botones de comando: Load Record, Clean, b) Tipos de Filtros, c) Entrada de Datos.

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

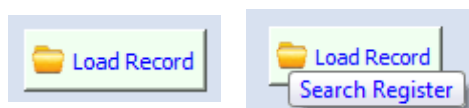
Este bloque, lo configuran (*círculos verdes de la figura anterior*) en primer lugar, la sección que agrupa los botones de acción para cargar el registro y limpieza de datos: (**Botones de comando: *Load Record* y *Clean***).



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 “*Clean* (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.** (*Asegurarse de que el archivo y el directorio han sido seleccionados*).



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.

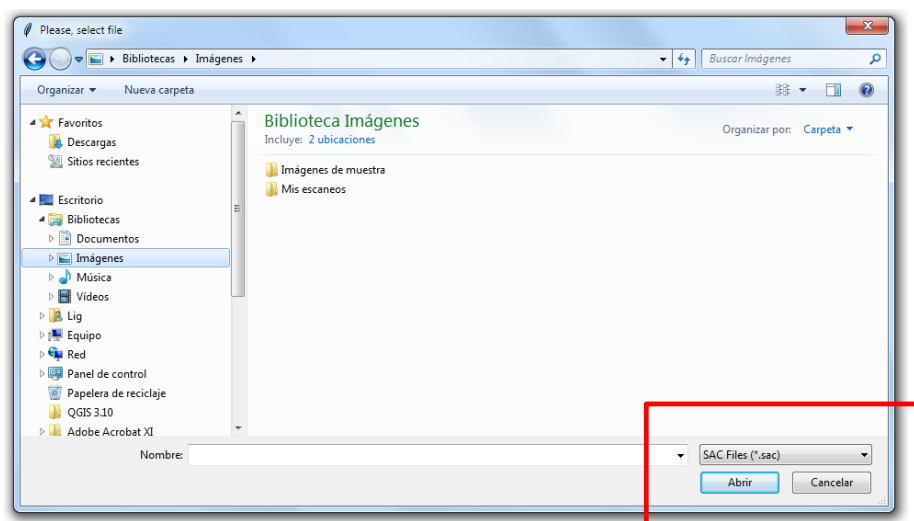


Fig. 9 Pantalla de Selección de Registros.

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.). 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.

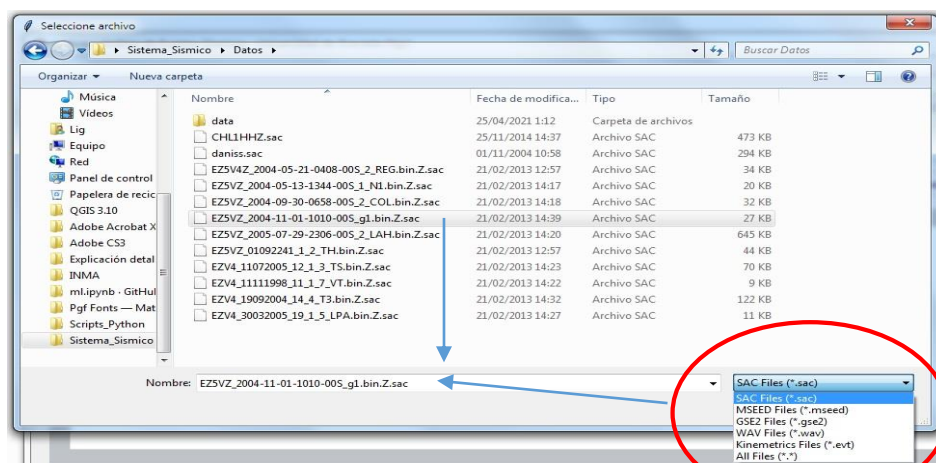


Fig. 10 Pantalla ejemplo de Selección de un registro de formato “SAC”.

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 “SAC” que se encuentran almacenados en “Data\_examples”. 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 “**Register path to load (Ruta del Archivo a cargar)**”, situado en la parte inferior de la pantalla de análisis.

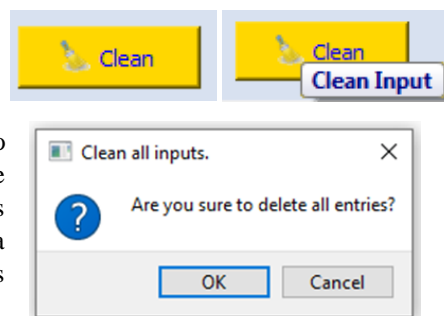


Fig. 11 Cuadro de ruta de archivo, que presenta la ubicación del registro.

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. Fig. 28, Pág. 18).

### 3.2.2.- Botón “**Clean** (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.



### 3.2.3.- Selección de tipo de filtro.

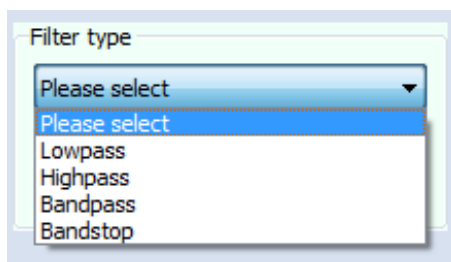


Fig. 12 Selección de tipo de filtro mediante listado

La figura anterior, presenta un listado desplegable con los diversos tipos de filtros disponibles para analizar los registros. Aquí se ubican, como se puede observar, el cálculo de filtros de tipo: *Paso-Bajo* (*Lowpass*), *Paso-Alto* (*Highpass*), *Paso-Banda* (*Bandpass*) y *Suprime-Banda* (*Bandstop*). Al seleccionar cada uno de estos elementos, se activará una o varias de las casillas situadas en la sección continua, que corresponden a las entradas de datos para realizar los cálculos. En el valor inicial “*Please Select* (*Seleccione*)”, las entradas retornan a los valores iniciales.

### 3.2.4.- Selección de entradas

Fig. 13 Selección de entrada a calcular y número de traza del registro (por defecto = 0)

Las entradas están en correspondencia a la selección del tipo de filtro que se indique por parte del operador (el orden del filtro por defecto = 4). Inicialmente, todas las casillas están desactivadas, solamente se activan dependiendo de la elección del tipo de filtro. El valor del número de traza se encuentra por defecto = 0. En caso de haber múltiples trazas, por ejemplo en registros MSED o SEISAN, que tengan, ya sea las tres componentes o diversos valores, se indicará el número de traza deseado a partir de cero en esta casilla de texto. Las entradas están validadas para aceptar solo números, incluyendo decimales y negativos. La Activación/Desactivación responde a lo siguiente:

I) Las casillas de la zona (a): {Frequency (Hz), Filter Order, Frec. Min (Hz), Frec. Max (Hz)}

1.- Filtro *Paso-Bajo* (*Lowpass*), *Paso-Alto* (*Highpass*).

**Activa:** {Frequency (Hz), Filter Order, Trace number st (n)}.

**Desactiva:** {Frec. Min (Hz), Frec. Max (Hz)}.

2.- Filtro *Paso-Banda* (*Bandpass*) y *Suprime-Banda* (*Bandstop*).

**Activa:** {Frec. Min (Hz), Frec. Max (Hz), Filter Order, Trace number st (n)}.

**Desactiva:** {Frequency (Hz)}.

II) La casilla de la zona (b): {Trace number st(n)} se activa con todo tipo de filtro.

Respecto a cada tipo de filtro, las casillas que se activan con los parámetros de entrada son los siguientes:

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

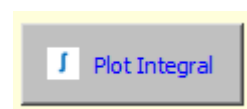
Fig. 14 Ejemplo Selección de tipo Paso Bajo (*Lowpass*). En el círculo rojo la entrada “Frecuencia”, círculo amarillo -> “Orden de Filtro”, Círculo verde -> No. Traza.

Al seleccionar este tipo de filtro, se activan las casillas 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 “0.86 Hz.”.
- Orden del Filtro:** Valor en número entero. En esta casilla se debe dar un valor válido al orden del filtro con el que se desea realizar el cálculo. Generalmente de orden 2 o 4 (*por defecto, se establece en todos los análisis un valor = 4*), (Círculo amarillo).
- Trace number st (0):** Valor en número entero: Determina el valor de la traza que se va a analizar. Por defecto y en formatos como “SAC”, este valor es igual a “0”. En caso de tratarse de múltiples trazas, como por ejemplo en formatos “MSEED”, el observador es quien determina que número de traza va a analizar.

Las casillas de “Frec. Min (Hz)/Frecuencia Mínima” y “Frec. Max (Hz)/Frecuencia Máxima”, permanecen inactivas.

Una vez realizadas las acciones de carga del registro, y seleccionado el tipo de filtro a utilizar, se da clic en el botón de “**Plot Integral**”. En caso de que se quiera graficar “dar clic al botón de “**Plot Integral**”/Graficar”, (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), en cualquiera de las casillas, se presentará una validación, que visualiza una caja de diálogo, que indica que se ha de realizar dicha acción.



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 incorrectas son las siguientes:

<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).

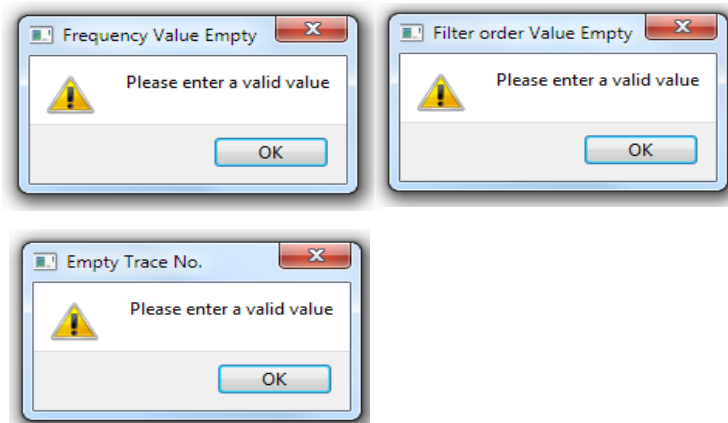


Fig. 15 Validación de entradas en el filtro *Paso-Bajo (Lowpass)*.

Una vez que se corrigen las entradas, introduciendo un valor válido o dentro del rango permitido el programa puede continuar y así presentar la gráfica correspondiente.

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

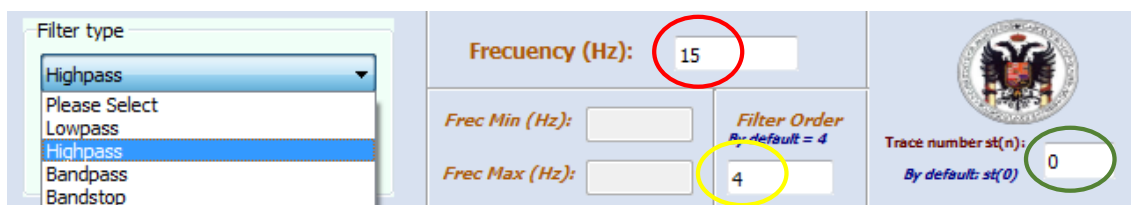


Fig. 16 Ejemplo Selección de tipo Paso Bajo (*Highpass*). En el círculo rojo la entrada “Frecuencia”, círculo amarillo -> “Orden de Filtro”, Círculo verde -> No. Trazas.

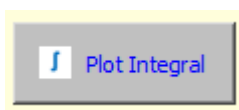
De forma similar al anterior filtro, se activan las casillas de:

- 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 “15 Hz.”.
- Orden del Filtro:** Valor en número entero. En esta casilla se debe dar un valor válido al orden del filtro con el que se desea realizar el cálculo. Generalmente de orden 2 o 4 (*por defecto, se establece en todos los análisis un valor = 4*), (Círculo amarillo).
- Trace number st (0):** Valor en número entero: Determina el valor de la traza que se va a analizar. Por defecto y en formatos como “SAC”, este valor es igual a “0”. En caso de tratarse de formatos que contienen múltiples trazas, como por ejemplo en formatos “MSEED” o “SEISAN”, el observador es quien determina que número de traza va a analizar.

Las casillas de “Frec. Min (Hz)/Frecuencia Mínima” y “Frec. Max (Hz)/Frecuencia Máxima”, permanecen inactivas.

<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).

Una vez realizadas las acciones de carga del registro, y seleccionado el tipo de filtro a utilizar, se da clic en el botón de “**Plot Integral**”. En caso de que se quiera graficar “dar clic al botón de “**Plot Integral**”/Graficar”, (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), en cualquiera de las casillas, se presentará una validación, que visualiza una caja de diálogo, que indica que se ha de realizar dicha acción.



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 incorrectas son las siguientes:

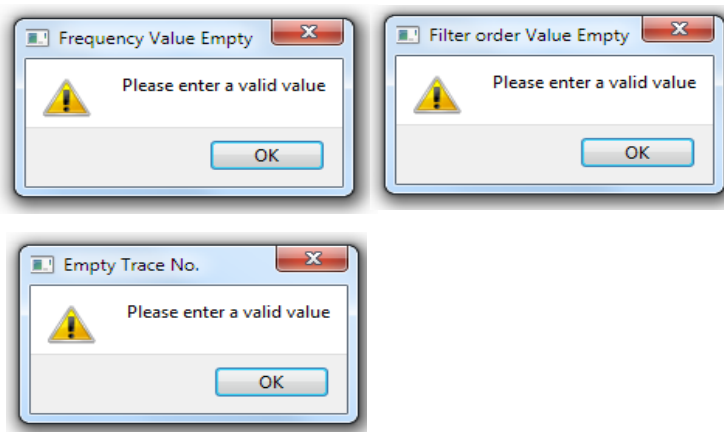


Fig. 17 Validación de entradas en el filtro *Paso-Alto (Highpass)*.

Una vez que se corrigen las entradas, introduciendo un valor válido o dentro del rango permitido el programa puede continuar y así presentar la gráfica correspondiente.

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

La interfaz muestra la configuración para el filtro Paso-Banda. En el menú 'Filter type', 'Bandpass' está seleccionado. Los campos de entrada son:

- Frecuencia (Hz):** Un campo vacío.
- Frec Min (Hz):** El valor 3 está circulado en rojo.
- Frec Max (Hz):** El valor 12 está circulado en rojo.
- Filter Order:** El valor 4 está circulado en amarillo, con el texto 'By default = 4' debajo.
- Trace number st(n):** El valor 0 está circulado en verde, con el texto 'By default: st(0)' debajo.

Fig. 21 Ejemplo Selección de tipo Paso-Banda (*Bandpass*). En el círculo rojo las entradas “**Frecuencia Mínima (Hz) y Frecuencia Máxima (Hz)**”, círculo amarillo -> “**Orden de Filtro**”, Círculo verde -> **No. Taza**.

<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).

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

- Frecuencia mínima de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia mínima (Círculo rojo), para calcular el inicio de la ventana central. En el ejemplo, de la figura anterior el valor es “3 Hz.”.
- Frecuencia máxima de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia máxima (Círculo rojo), para calcular el fin de la ventana central. En el ejemplo, el valor es “12 Hz.”.
- Orden del Filtro:** Valor en número entero. En esta casilla se debe dar un valor válido al orden del filtro con el que se desea realizar el cálculo. Generalmente de orden 2 o 4 (*por defecto, se establece en todos los análisis un valor = 4*), (Círculo amarillo).
- Trace number st (0):** Valor en número entero: Determina el valor de la traza que se va a analizar. Por defecto y en formatos como “SAC”, este valor es igual a “0”. En caso de tratarse de formatos que contienen múltiples trazas, como por ejemplo en formatos “MSEED” o “SEISAN”, el observador es quien determina que número de traza va a analizar.

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

Una vez realizadas las acciones de carga del registro, y seleccionado el tipo de filtro a utilizar, se da clic en el botón de “**Plot Integral**”.

En caso de que se quiera graficar “dar clic al botón de “**Plot Integral**”/Graficar”, (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), en cualquiera de las casillas, se presentará una validación, que visualiza una caja de diálogo, que indica que se ha de realizar dicha acción.

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 incorrectas son las siguientes:

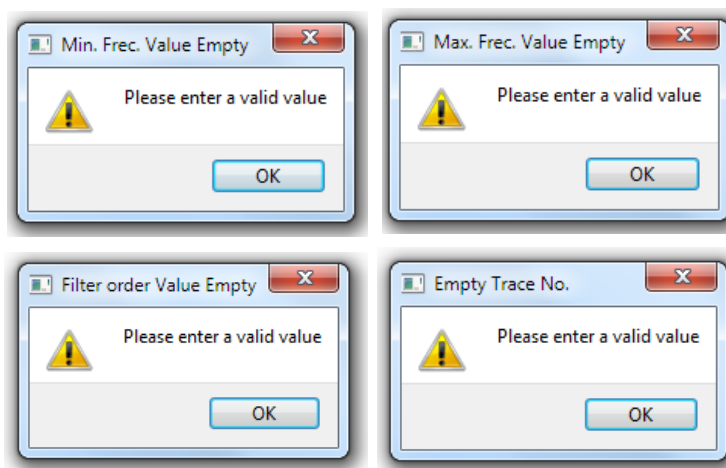


Fig. 22 Validación de las entradas para filtro Paso-Banda (*Bandpass*).

### 3.2.8.- Tipo de Filtro *Suprime-Banda (Bandstop)*<sup>4</sup>

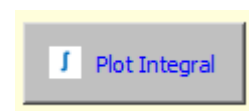
Fig. 23 Ejemplo Selección de tipo Suprime-Banda (*Bandstop*). En el círculo rojo las entradas “Frecuencia Mínima (Hz) y Frecuencia Máxima (Hz)”, círculo amarillo -> “Orden de Filtro”, Círculo verde -> No. Trazas.

De la misma forma que el filtro Paso-Banda, se activan las casillas de:

- Frecuencia mínima de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia mínima (Círculo rojo), para calcular el inicio de la ventana central. En el ejemplo, el valor es “1 Hz.”.
- Frecuencia máxima de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia máxima (Círculo rojo), para calcular el fin de la ventana central. En el ejemplo, el valor es “8 Hz.”.
- Orden del Filtro:** Valor en número entero. En esta casilla se debe dar un valor válido al orden del filtro con el que se desea realizar el cálculo. Generalmente de orden 2 o 4 (*por defecto, se establece en todos los análisis un valor = 4*), (Círculo amarillo).
- Trace number st (0):** Valor en número entero: Determina el valor de la traza que se va a analizar. Por defecto y en formatos como “SAC”, este valor es igual a “0”. En caso de tratarse de formatos que contienen múltiples trazas, como por ejemplo en formatos “MSEED” o “SEISAN”, el observador es quien determina que número de traza va a analizar.

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

Una vez realizadas las acciones, y seleccionado el método de disparo a utilizar (*Recursivo - Clásico o típico*), se da clic en el botón de “**Plot Integral**”. En caso de que se quiera graficar “dar clic al botón de “**Plot Integral**”/Graficar”, (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), en cualquiera de las casillas, se presentará una validación, que visualiza una caja de diálogo, que indica que se ha de realizar dicha acción.



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 incorrectas son las siguientes:

<sup>4</sup> El filtro Suprime-banda no permite el paso de señales cuyas frecuencias se encuentran comprendidas entre las frecuencias de corte superior e inferior. Es decir, elimina frecuencias o detiene una banda de frecuencias en particular.

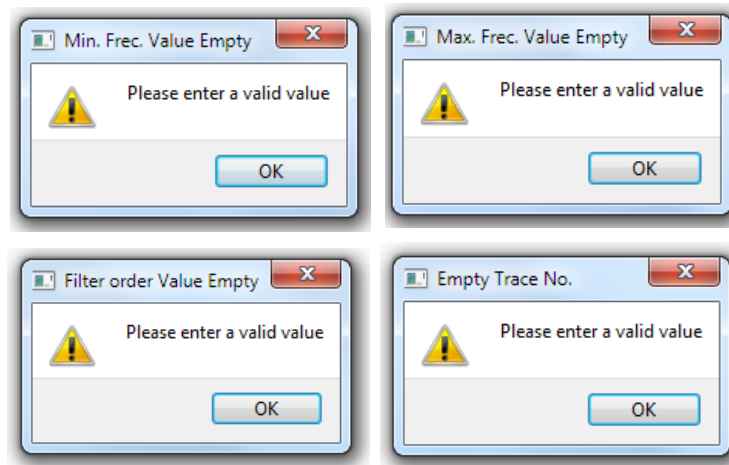


Fig. 24 Validación de las entradas para el filtro *Suprime-Banda* (*Bandstop*).

#### 4.- Bloque de ruta.

3

*Register path to load:*

Fig. 25 Bloque de ruta física del archivo a cargar.

Área de presentación de la ruta del archivo (*Register path to load*): 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 a realizar los cálculos que se requieran.

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

*Register path to load:*

C:/Users/Lig/Desktop/Documentos\_Sistema/Data\_examples/EZ5VZ\_2004-11-01-1010-00S\_g1.bin.Z.sac

Fig. 26 Ejemplo de ruta física del archivo a cargar.

Se observa el camino “*Path*” (en el ordenador) de la ubicación del registro.

## 5.- Bloque de comandos.

4

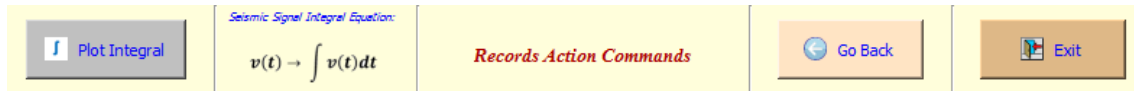


Fig. 27 Bloque de comandos

Este último bloque lo componen los siguientes elementos:

- a) Botón “**Go Back**”: Permite regresar a la pantalla inicial de presentación del sistema. Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función.



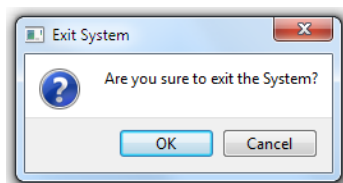
- b) Botón “**Plot Integral**”: Una vez seleccionados los tipos de filtro y la integral de la señal, se procede a realizar los cálculos y presentar las gráficas correspondientes. Al colocar el puntero del ratón sobre el botón, se exhibe un mensaje que indica su función.



- c) Botón “**Exit**”, 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.



Al dar clic a “**OK**”, se cierra la pantalla y se completa la salida del sistema. “**Cancel**” continúa en la pantalla de análisis.

### 5.1.- Validación de errores en registro o entradas.

Al hacer clic en el botón “**Plot Integral**”, en caso de producirse un error (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), se presentará una validación, a través de una caja de dialogo un mensaje alerta esta situación. Esto permite al Usuario, proceder a modificar las entradas o elegir un registro válido, sin necesidad de que el sistema colapse o se detenga. La pantalla que se visualiza es la siguiente:

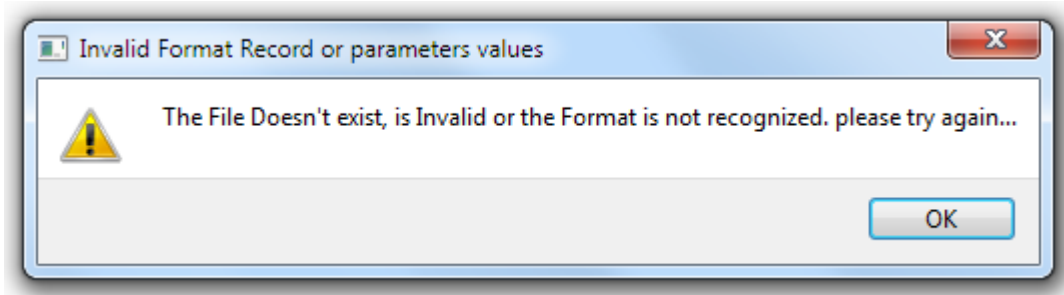


Fig. 28 Validación de entradas inválidas formatos o registros incorrectos.

De acuerdo al mensaje de la figura anterior, se ha producido un error debido a que no se reconoce el formato, el registro no existe. Además puede que también los parámetros o entradas se encuentren fuera del rango permitido de acuerdo a la señal que se va a analizar. Al pulsar el botón de “**OK**” se retorna de nuevo al sistema, para elegir un archivo válido o corregir las entradas erróneas. De esta forma, continua la ejecución del programa sin presentar problemas.

## 6.- Resultados de Secciones de Filtro y Análisis.

A continuación, se procederá a presentar ejemplos de resultados finales del proceso de filtrado y cálculo de la integral.

### 6.1.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado paso bajo y cálculo de la integral.

De acuerdo a todo el proceso anteriormente descrito, el proceso para realizar el cálculo de la integral con un filtro paso-bajo de los registros es muy sencillo, consta de los siguientes pasos:

- a) Abrir o seleccionar un determinado registro (se visualiza el registro ruta del archivo (*Register 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 filtro paso-bajo (*Lowpass*).
- c) Dar las entradas de los parámetros del filtro.
- d) Dar clic al botón de “**Plot Integral**”, para graficar el registro.

Todo esto, presentará:

La salida de dicho análisis, estará compuesta por cuatro gráficas: la señal original, la señal filtrada, la integral de la señal y las tres (original, filtrada e integral). De cada una de ellas se puede realizar un zoom y guardarla en diversos formatos.

La interfaz con los elementos de salida, se observa en la siguiente figura.

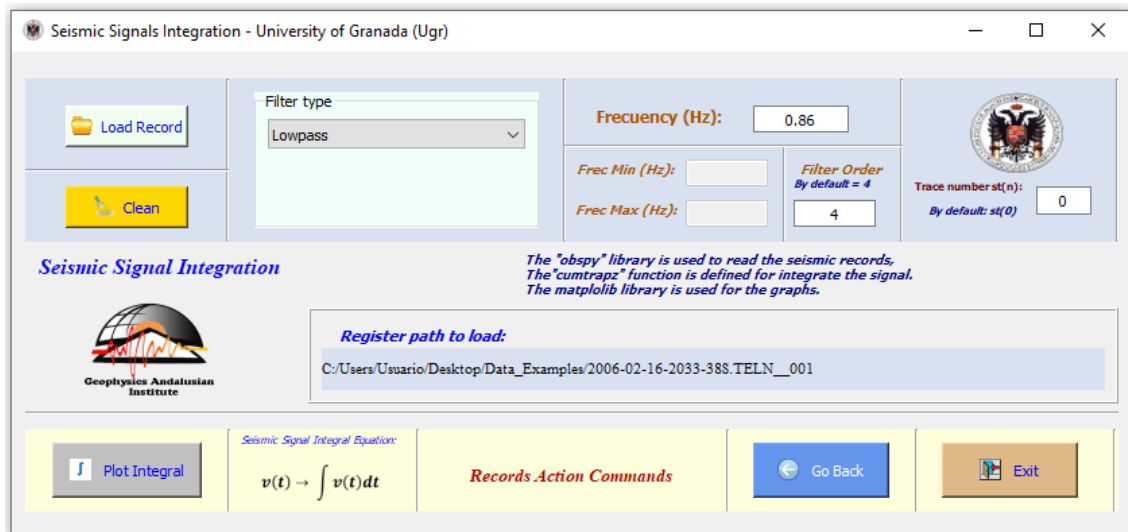


Fig. 29 Selección de parámetros para el cálculo la integral de un registro SAC, con filtro paso-bajo.

En la figura se observa en “*Register Path to load/Ruta Archivo*”, la ruta completa donde se encuentra almacenado el registro, el cual será analizado. En el listado de “*Filter Type/Tipo de Filtro*”, se ha designado el filtro Paso-Bajo (*Lowpass*). En el cuadro de entradas, se observa que se ha establecido una frecuencia de 0.86 Hz., con un orden de filtro igual a 4. El registro solo posee una traza, la traza “0” por defecto.

## 6.2.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado paso-banda y cálculo de la integral.

De acuerdo a todo el proceso anteriormente descrito, realizar el cálculo de la integral con filtro paso-banda de los registros es muy sencillo, consta de los siguientes pasos:

- Abrir o seleccionar un determinado registro (se visualiza el registro ruta del archivo (*Seismic record path to upload*). Por defecto, la ruta inicial se encuentra en el directorio raíz “C” del PC”, ya sean en el sistema Windows o Linux)
- Seleccionar el filtro paso-banda (*Bandpass*).
- Dar las entradas de los parámetros del filtro.
- Dar clic al botón de “*Plot Integral*”, para graficar el registro.

Todo esto, presentará:

La salida de dicho análisis, estará compuesta por cuatro gráficas: la señal original, la señal filtrada, la integral de la señal y una gráfica compuesta por las tres (original, filtrada e integral). De cada una de ellas se puede realizar un zoom y guardarla en diversos formatos.

La interfaz con los elementos de salida, se observa en la siguiente página.

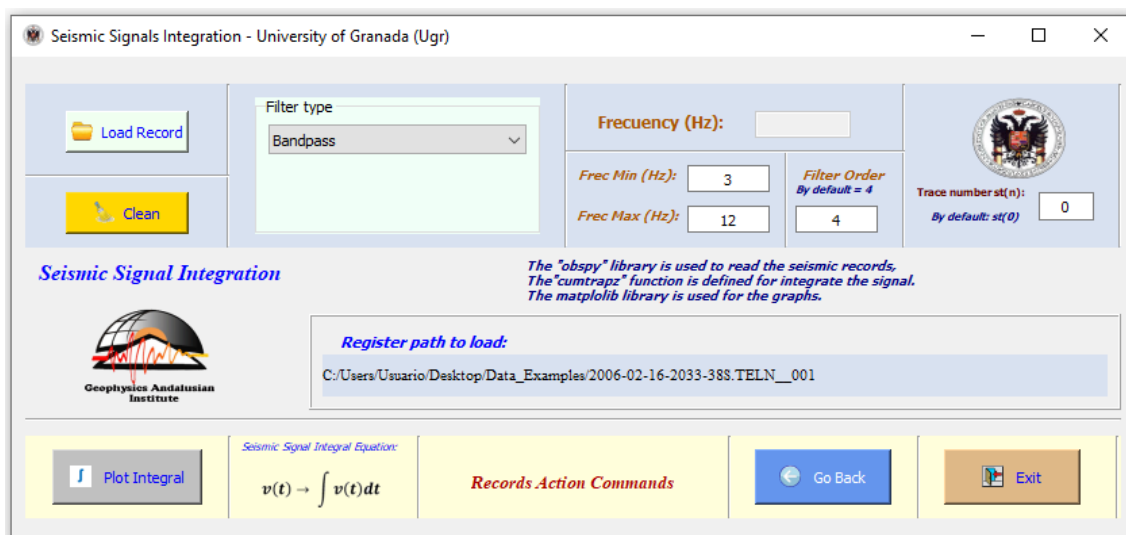


Fig. 30 Selección de parámetros para el cálculo la integral de un registro SAC, con filtro paso-banda.

En la figura se observa en “*File Path/Ruta Archivo*”, la ruta completa donde se encuentra almacenado el registro, el cual será analizado. En el listado de “*Filter Type/Tipo de Filtro*”, se ha designado el filtro Paso-banda (*Bandpass*). En el cuadro de entradas, se observa que se ha establecido una frecuencia mínima de 3 Hz., con una frecuencia máxima de 12 Hz. el orden de filtro por defecto se ha dejado igual a 4. El registro solo posee una traza, la traza “0” por defecto.

Los resultados gráficos los podemos observar en las siguientes secciones.

## 7.- Gráficas resultantes

A continuación procederemos a presentar un ejemplo de resultados gráficos con el proceso de filtrado y el cálculo de la integral de la señal.

### 7.1.- Gráficas de Filtros y Zoom de los registros.

A manera de ejemplos, se presenta el resultado gráfico del registro original, del registro filtrado y la integral de la señal a registros en formato SAC y MSEED (evento VLP).

De la misma manera, se presenta el Zoom (*mediante la herramienta Zoom [Lupa]*), realizado a las gráficas resultantes (Cfr. *Herramientas Matplotlib*, Págs. 26-31).

Cabe notar que al realizar un Zoom en una de las secciones de las gráficas (original, filtrada e integrada), las otras se actualizan automáticamente. Es decir, basta hacer zoom solo en una sección y el vector de tiempo se ajusta automáticamente en las gráficas. De esta forma, se puede determinar un mejor análisis del movimiento de masas. Por otro lado, reiterar que los parámetros utilizados aquí en los ejemplos son arbitrarios, así que depende del operador, ajustar los valores para definir mejor los resultados en cada evento.

### 7.1.1.- Ejemplo de cálculo de un registro con formato SAC.

a) Gráfica de registro SAC con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Señal Original

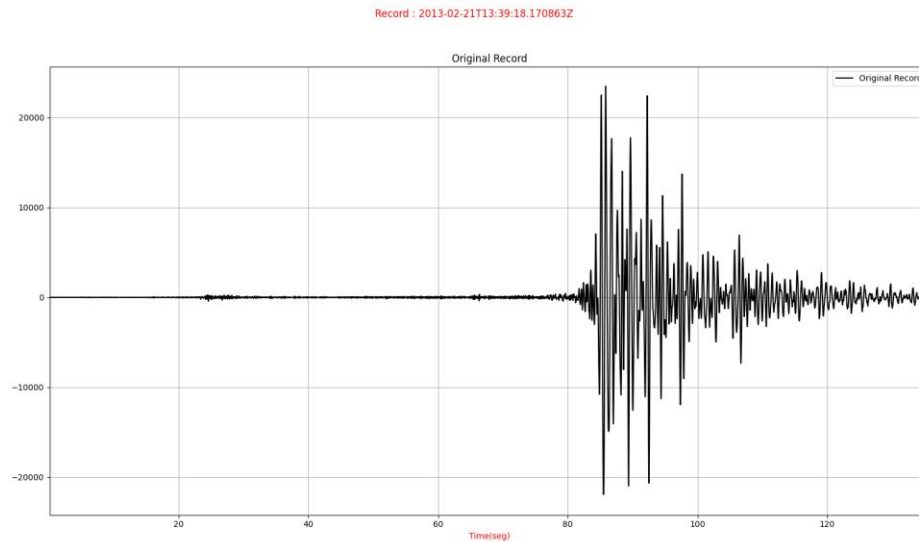


Fig. 31 Ejemplo de la Gráfica del registro SAC, señal original.

b) Zoom de la Gráfica de registro SAC con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Señal Filtrada.

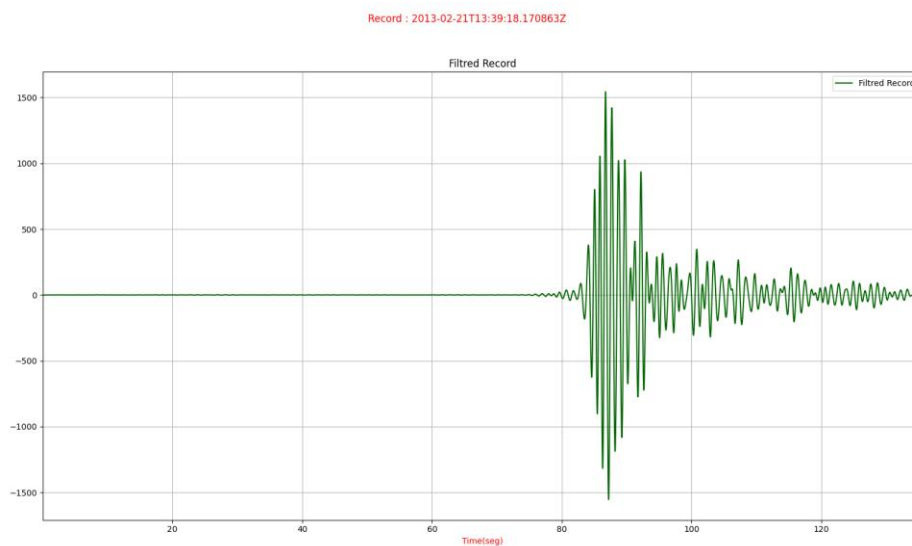


Fig. 32 Ejemplo de la Gráfica del registro SAC con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*), a 0.86Hz y orden de filtro 4. Número de traza = 0.

c) Gráfica de registro SAC con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Integral de la señal.

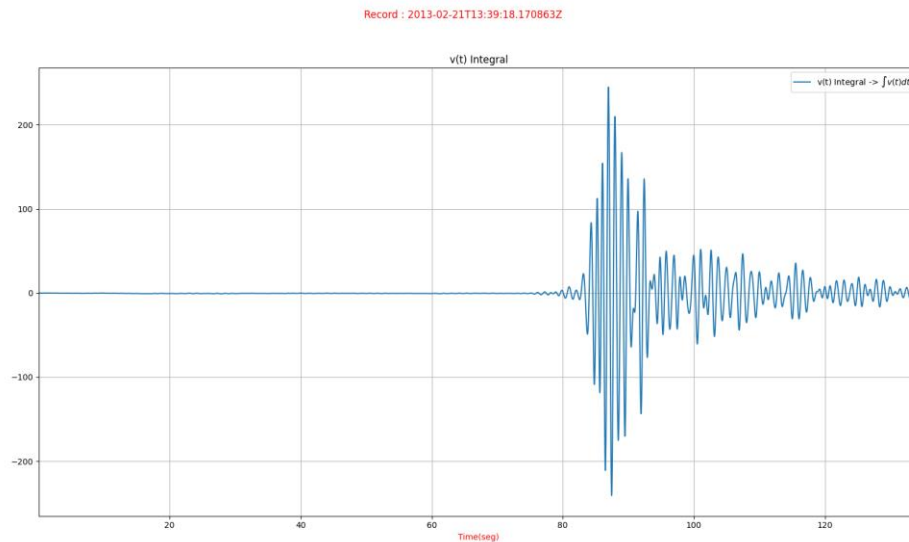


Fig. 33 Ejemplo de Gráfica del registro SAC, señal integrada.

d) Gráficas de registro SAC resultantes (Original, filtrada e integrada).

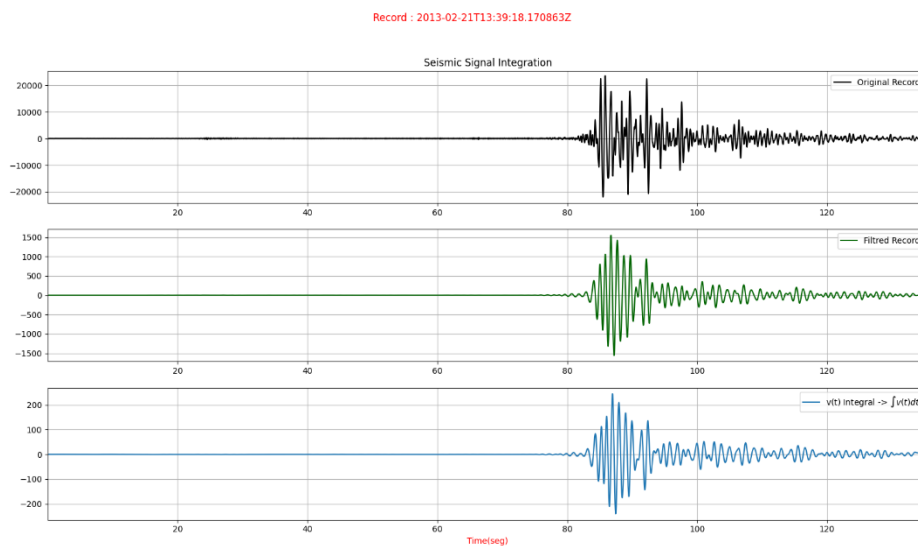


Fig. 34 Ejemplo de las Gráficas del registro SAC (señal original, señal filtrada y señal integrada).

### 7.1.2.- Ejemplo de cálculo de un evento VLP, registro con formato MSEED.

En las anteriores imágenes no se aprecia el movimiento de masa, esto ocurre con los eventos VLP, que a continuación se presentan.

a) Gráfica de registro MSEED con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Señal Original.

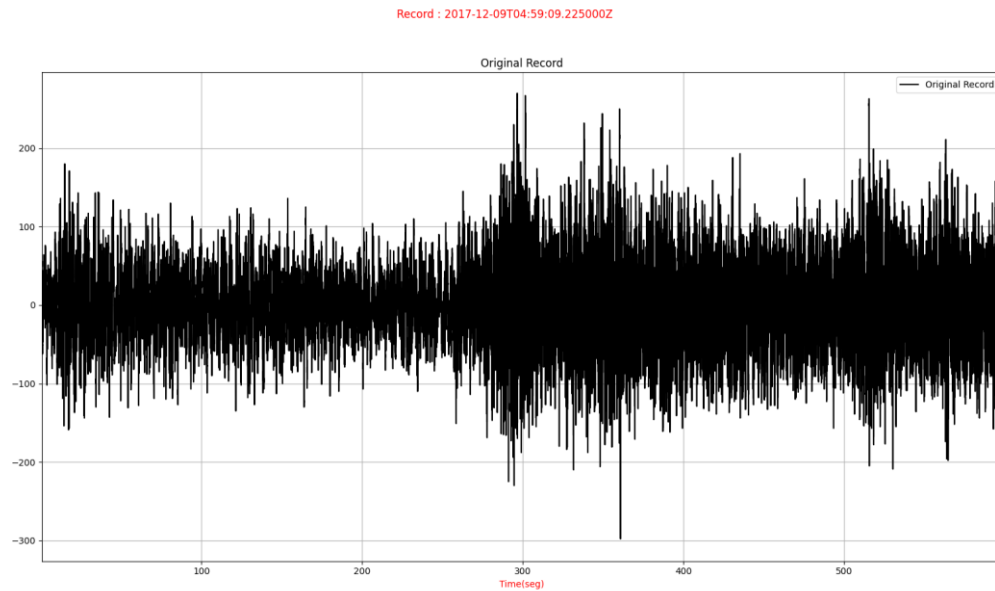


Fig. 35 Ejemplo de Gráfica del registro MSEED, con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*), señal original.

b) Gráfica de registro MSEED con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Señal filtrada.

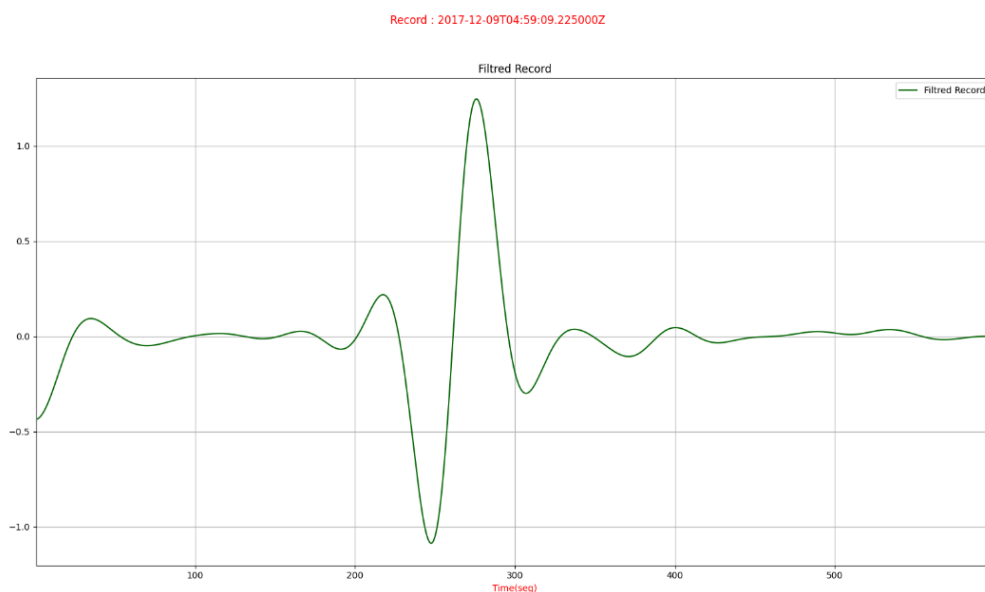


Fig. 36 Ejemplo de Gráfica del registro MSEED, con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*), señal filtrada.

c) Gráfica de registro MSEED con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Integral de la señal.

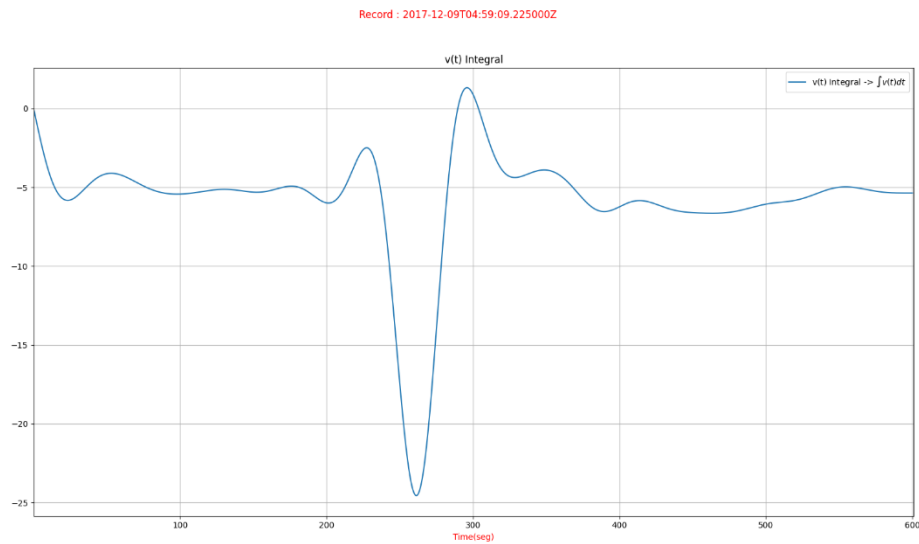


Fig. 37 Ejemplo de Gráfica del registro SAC, señal integrada.

d) Gráficas de registro SAC resultantes (Original, filtrada e integrada).

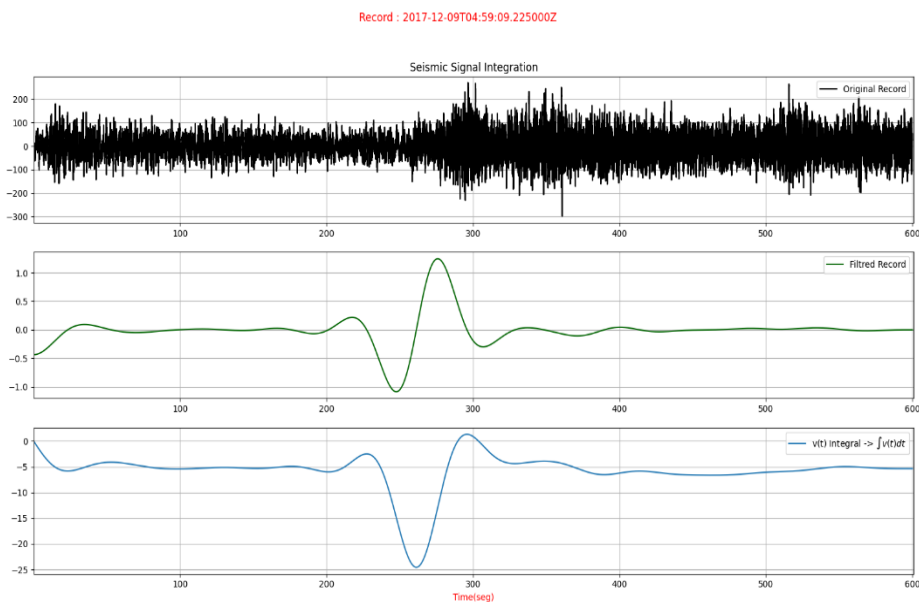


Fig. 38 Ejemplo de las Gráficas del registro SAC (señal original, señal filtrada y señal integrada).

- e) Zoom de las Gráficas de registro MSEED con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Señales (Original, filtrada e integrada).

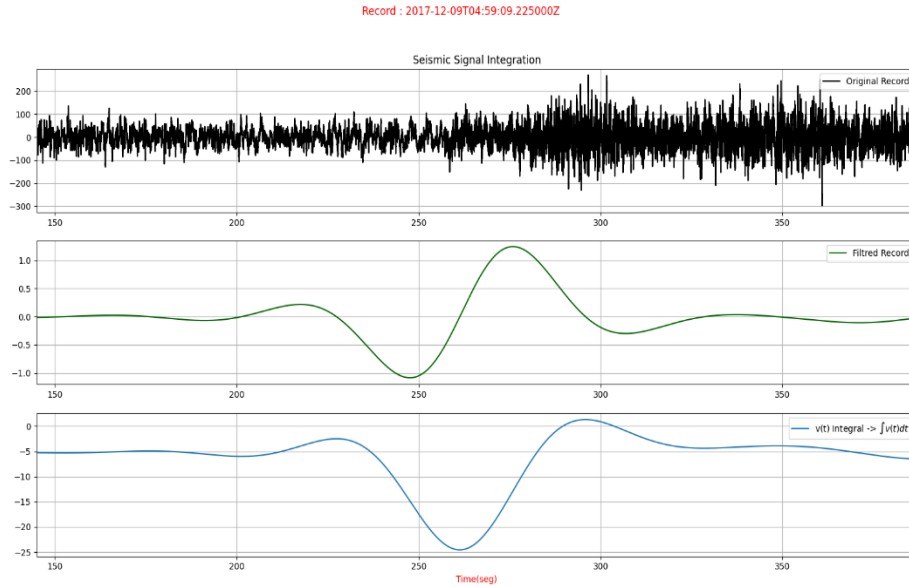
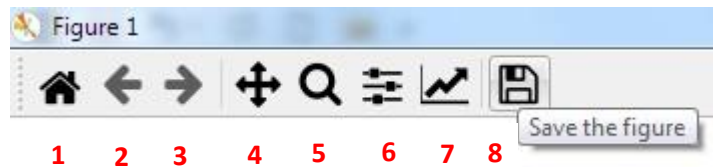


Fig. 39 Ejemplo de Zoom de la Gráfica del registro MSEED, con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*) a 0.02 Hz de frecuencia y filtro de orden 4. Se selecciona la herramienta Zoom de Matplotlib, trazando un cuadro en cualquiera de los dos segmentos de la gráfica, el segundo con el vector de tiempo se adapta al zoom del primero.

## 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:

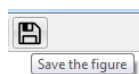
1. [Reset original view](#): Restituye al inicio todas las gráficas
2. [Back to previous view](#): Vista previa de la gráfica seleccionada
3. [Forward to next view](#): Vista Adelante de la siguiente imagen
4. [Left button pans, Right button zooms, x/y fixes axis, CTRL fixes aspect](#). Mueve la gráfica 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 resaltaré 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 (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 icono 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.

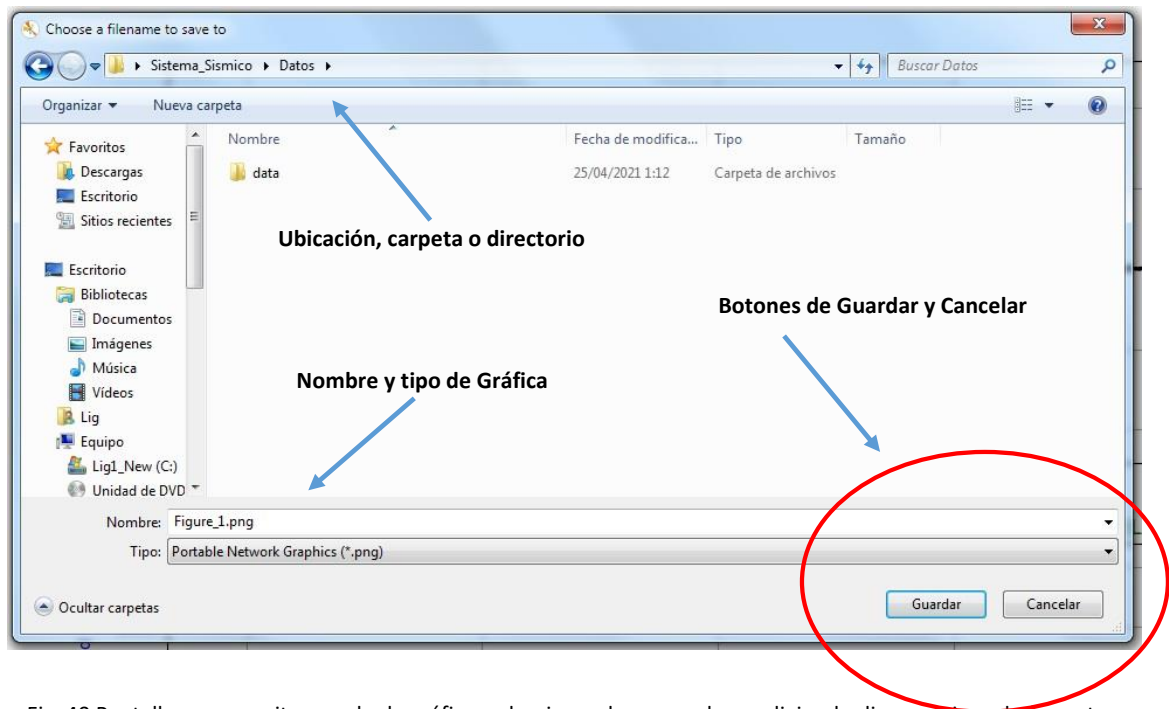


Fig. 40 Pantalla que permite guardar la gráfica, seleccionando un nombre e eligiendo diversos tipos de formatos. Botones de “guardar” y “Cancelar”, para completar o cancelar el proceso.

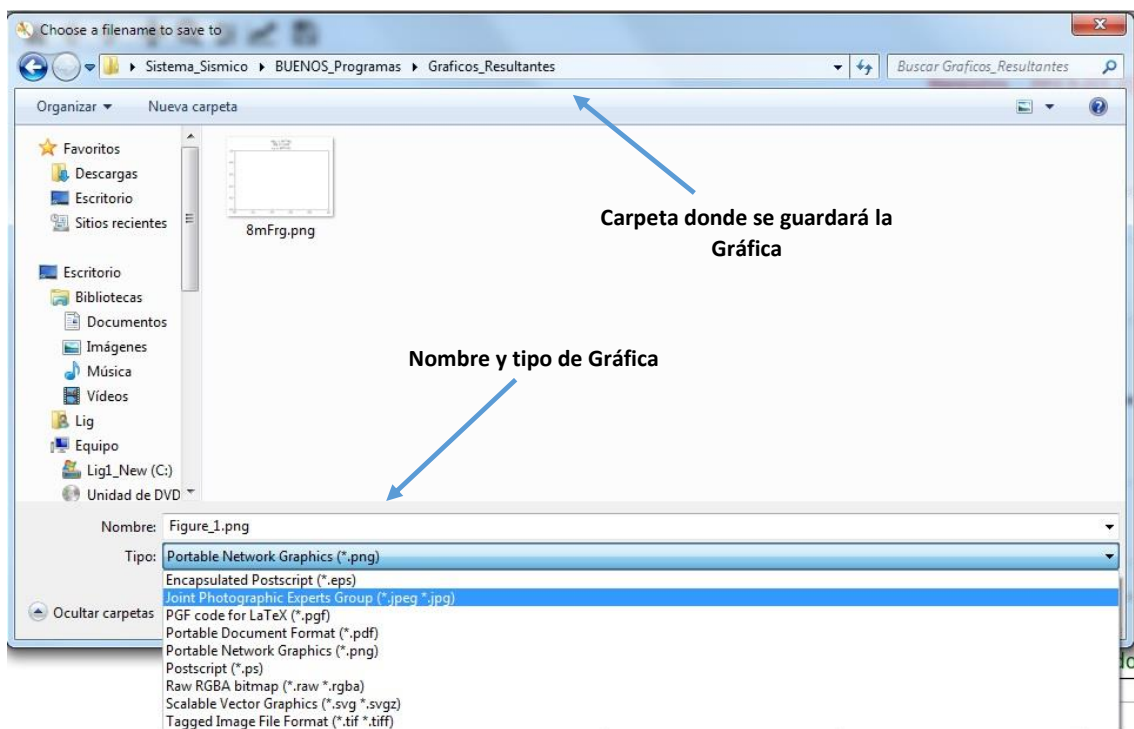


Fig. 41 Pantalla donde se observa los tipos de formatos disponibles para guardar la gráfica.

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

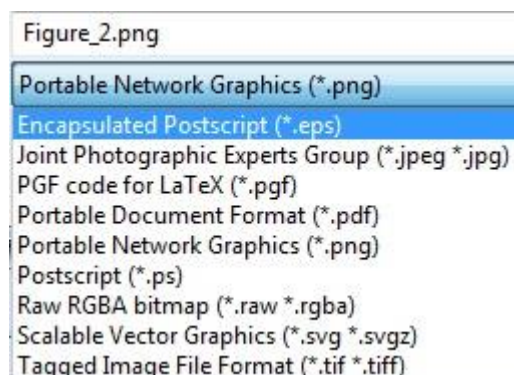
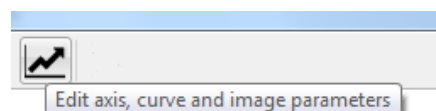


Fig. 42 Lista de los Formatos disponibles, para guardar la gráfica generada por el análisis

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. 40), 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. 26) 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.

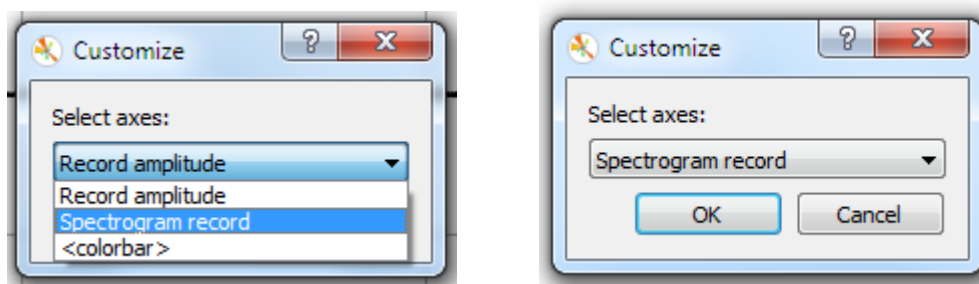


Fig. 43 Caja de diálogo de *Customize (Personalizar)*, se ha seleccionado el eje del espectrograma

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.

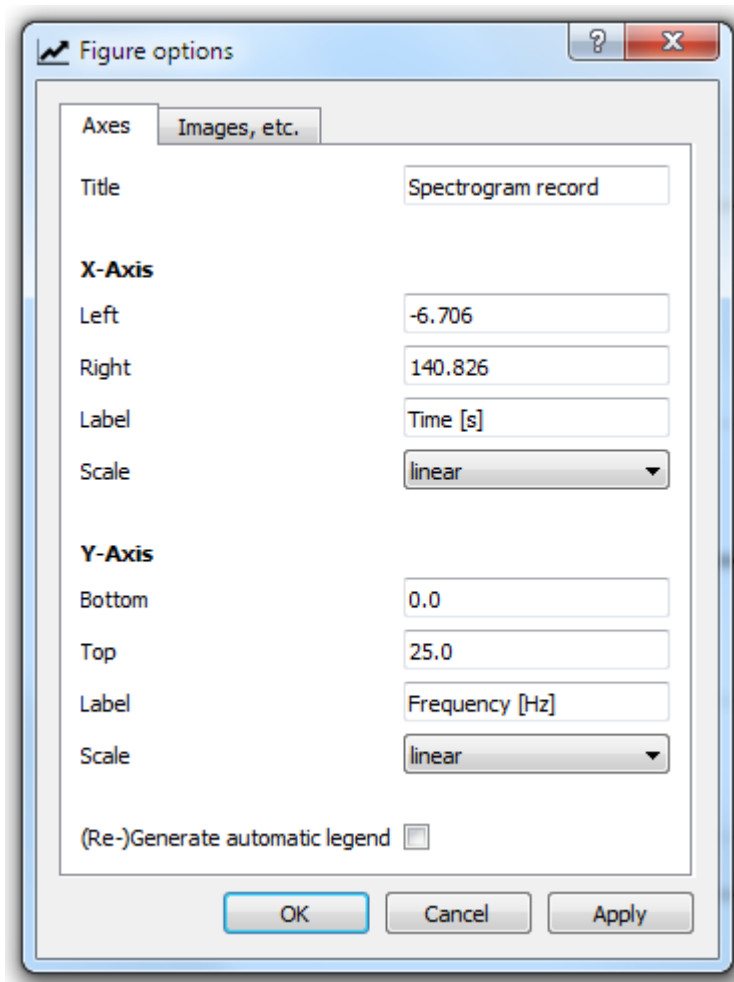


Fig. 44 Caja de diálogo de opciones de edición del título y ejes de la figura

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.

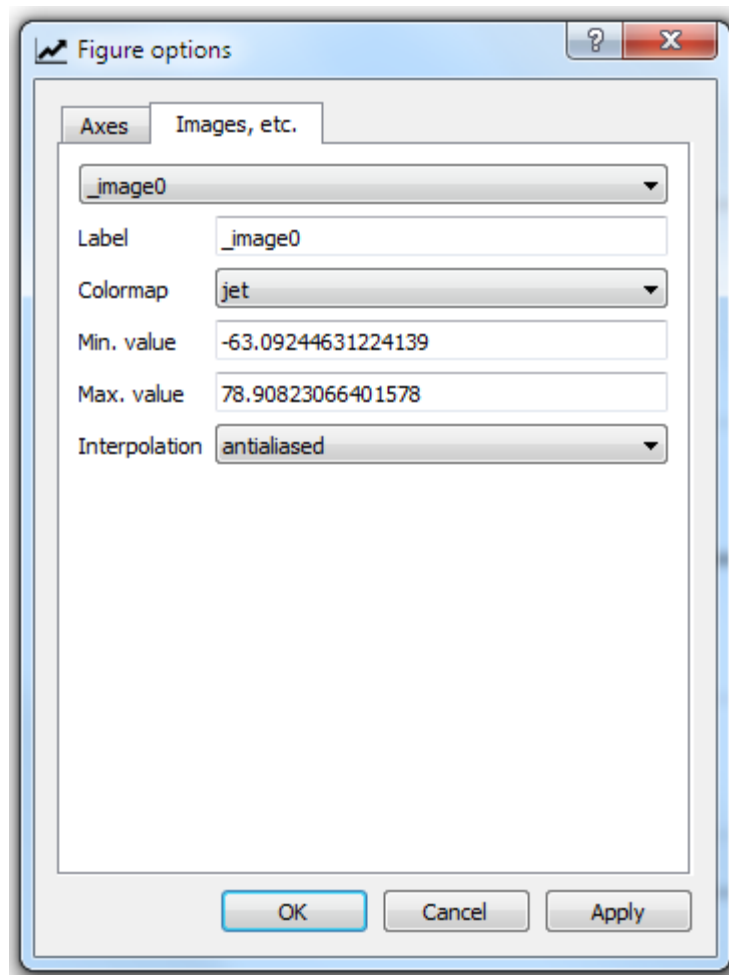


Fig. 45 Caja de diálogo de opciones de edición de los parámetros de la imagen

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.

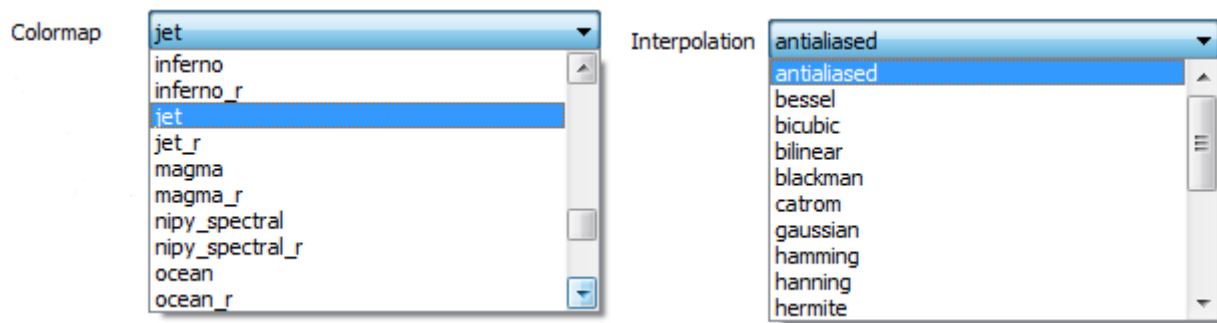


Fig. 46 Cajas de diálogo de edición de los parámetros de “*Colormap* (Mapa de color)” y de “*Interpolation* (Interpolación)” de la gráfica.

**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. Este módulo permite realizar el cálculo y la representación gráfica de la integración de señales sísmicas. Lo que permite que ayude en la comprensión de señales como eventos VLP (Muy largo período). Con esto se podría analizar el movimiento de masas dentro del edificio volcánico. 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 y el cálculo de la integral aplicada al análisis de una determinada señal sísmico-volcánica. En versiones posteriores, podrán añadirse módulos extras, que contengan diversos tipos de análisis para el progreso 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-I00 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\_I*”, 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: “**Integrals\_1.py**”. Programa principal de análisis e integración eventos sísmico-volcánicos.
- 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 “**5\_Manual\_Seismic Signals Integration System\_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\_I\_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.

- a) Copia de la carpeta “**Set\_tools\_System\_I\_1**” a “Mis documentos” de Windows desde la carpeta que lo contiene (**Analysis\_System\_1**).
- b) Copia del fichero “**Set\_tools\_System\_I\_1.bat**”, desde la carpeta “**(Documentos/Document)**” de acuerdo a la versión, 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 (*solamente 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 “Alt” 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.

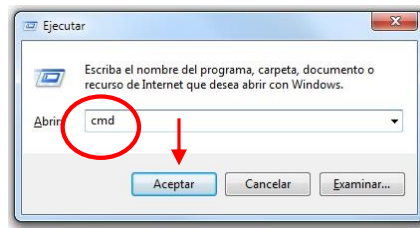


Fig. A1 Pantalla de Ejecutar en Windows. En el círculo rojo, teclear “cmd” y clic a “Aceptar”

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 icono de una lupa. Esto indica, la búsqueda de programas. Similar a la siguiente.

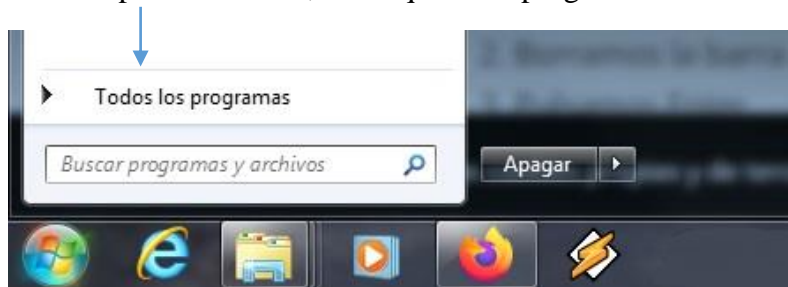


Fig. A2 Pantalla de Búsqueda de programas en Windows.

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.

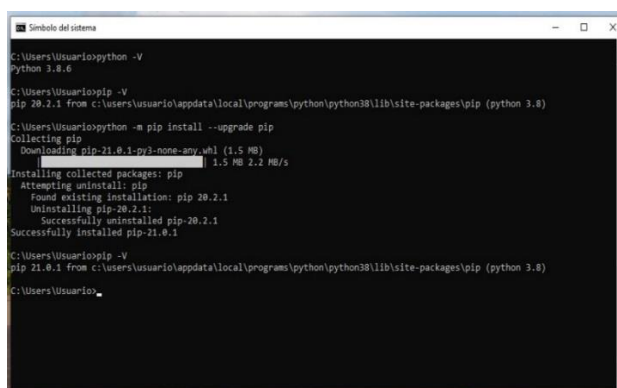


Fig. A5 Pantalla CMD, indicando las versiones de python y pip en Windows.

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.



```
Símbolo del sistema
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 sísmológicos. 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
```