

UNIVERSIDAD DE GRANADA



DEPARTAMENTO DE FÍSICA TEÓRICA Y DEL COSMOS

INSTITUTO ANDALUZ DE GEOFÍSICA Y
PREVENCIÓN DE DESASTRES SÍSMICOS

“Sistema de conversión de señales sísmicas a archivos Wav”

(Seismic signal conversion system to Wav files)

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

1.- Introducción	3
2.- Pantalla Inicial del Sistema	4
2.1.- Elementos de la pantalla inicial	6
3.- Interfaz Principal de Conversión de ficheros Wav	7
3.1.- Elementos de la pantalla de conversión	7
3.1.1.- Bloque de Selección (2)	8
a1) Botón de comando: Cargar Registro (Load File)	8
a2) Botón de comando: Salvar Registro (Save File)	10
b1) Cuadro de entrada de datos para la frecuencia (Fs. sound)	10
b2) Cuadro de texto de entrada de datos para el número de traza	10
c1) Botón de comando: Crear Wav (Create Wav)	11
c2) Botón de comando: Escuchar sonido (Listen Wav)	11
d1) Botón de comando: Gráfica del registro (Plot File)	11
d2) Botón de comando: Limpieza de entradas (Clean Inputs)	11
3.1.2.- Bloque de Ruta de Registros y directorio (3)	12
3.1.3.- Bloque de Comandos (4)	12
1) Botón “Go Back”	12
2) Botón “Exit”	12
4.- Ejemplos de carga de ruta de archivos y directorio	13
5.- Validación de errores en registro o entradas	14
6.- Resultados de Secciones de archivos y conversión	15
6.1.- Ejemplo de resultados de selección de registros y conversión	15
7.- Barra de Herramientas de las gráficas (Librería Matplotlib)	17
7.1.- Guardar las gráficas	17
7.2.- Edición de los ejes e imágenes de las Gráficas	19
 CONCLUSIÓN	 22
Agradecimientos	22
 Anexo A	 23
A1.- Instalación de Python y librerías adicionales	23
A1.1. Contenido del paquete de Instalación	23
A1.2.- Instalación de Python en Windows	23
A1.3.- Instalación de librerías adicionales	24
A1.4 Instalación automática de las librerías en Windows a partir del PIP	27
 Anexo B	 28
Instalar librerías Python, para el correcto funcionamiento del sistema	28

El “*Sistema de conversión de señales sísmicas a archivos Wav (Seismic Signal Conversion system to Wav files)*” constituye una interfaz amigable, que permite una fácil y eficiente gestión para poder realizar la conversión de un registro sísmico, dando como resultado un fichero de onda de sonido con formato Wav, lo que facilita al operador su análisis y reconocimiento a través del sonido (cada tipo de evento posee un diferente sonido). El resultado final de la conversión de los eventos puede ser almacenado en el formato (*Waveform audio file format*) Wav o Wave, que es compatible con la mayoría de Codec de audio para PC. De esta forma, posteriormente pueden ser utilizados en el desarrollo de cálculos, análisis y diversas investigaciones científicas. Estos procesos otorgan una herramienta automática fiable, que brinde una ayuda sonora al operador en el proceso de interpretación y análisis espectrales en señales sísmicas.

La aplicación, a través de las librerías incorporadas, permite la carga y lectura de diversos formatos sísmicos como son: SAC, MSEED, GSE2, EVT, SEISAN entre otros. Dando de forma automática un valor añadido al conocimiento del operador, para manipular a posteriori los eventos resultantes de la conversión a sonido.

La primera versión de este sistema la compone una sola interfaz, que abarca herramientas para el filtrado de la señal y el proceso de corte de un determinado evento dentro de una traza sísmica original ya sea que esté medida en minutos, horas o días. La interfaz principal dispone de una versión del sistema en inglés. En cambio, la documentación como el presente documento, se encuentra disponible en español. 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 la conversión de los eventos a múltiples frecuencias de acuerdo al criterio del observador, que pueden ser utilizados en los institutos y observatorios sísmicos. Además, si se desea, puede presentarse gráficamente el evento o registro que se está convirtiendo y guardarse 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).

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 este y todos 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 “Sound_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.

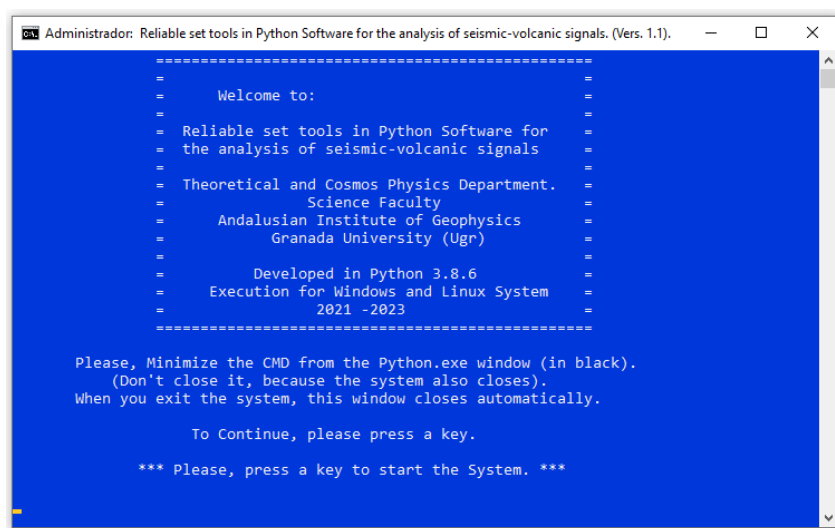


Fig. 2 Pantalla de Bienvenida e instrucciones para carga del sistema.

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:

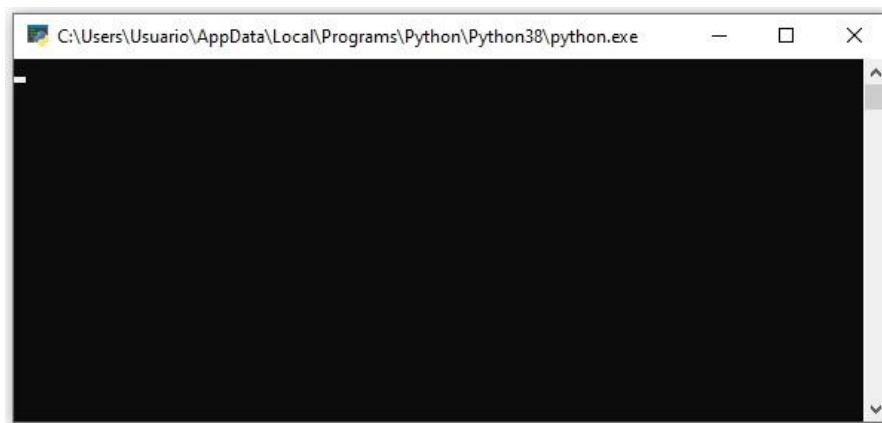
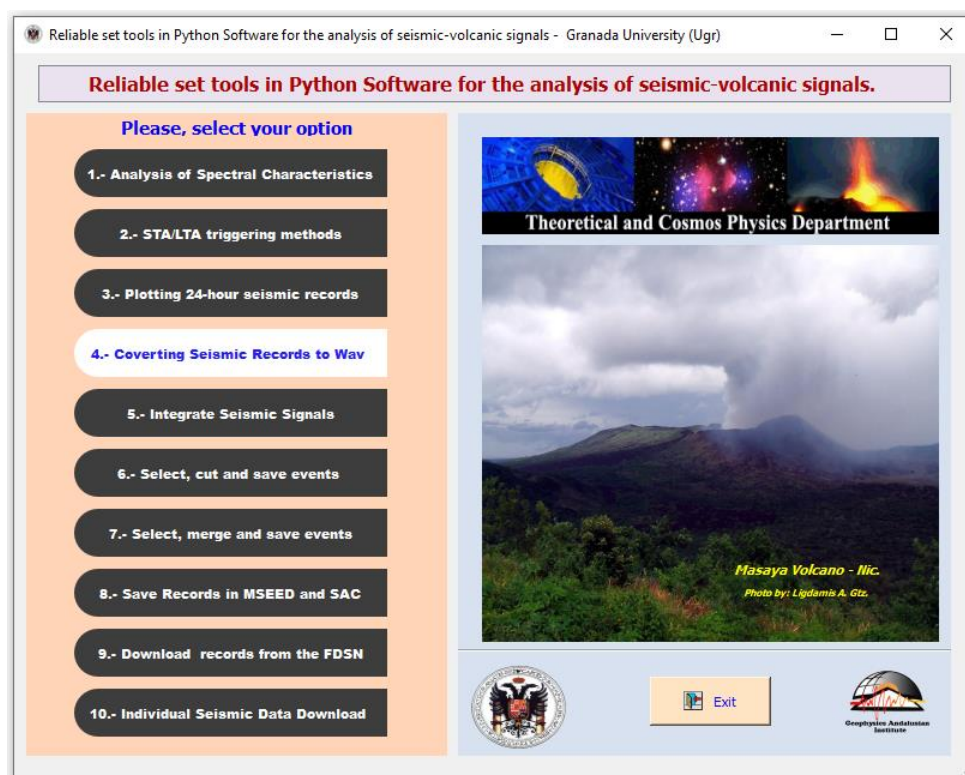


Fig. 3 Pantalla de consola (CMD) de Python (*Se debe de minimizar*)

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.



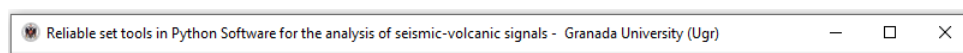
NOTA: Al pulsar o dar clic al botón del módulo, se cierra la ventana de inicio y se abre la ventana del módulo (dependiendo de la memoria del PC esto tarda un poco. Es recomendable disponer de al menos 8 GB de memoria en el sistema, 16 GB sería lo ideal.).

Fig. 4 Pantalla Menú principal. Resaltado se observa el módulo a trabajar. Módulo 4 (*Converting Seismic Records to Wav*).

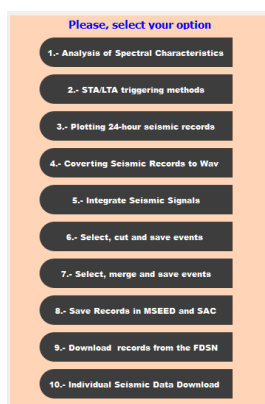
2.1.- Elementos de la pantalla inicial.

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.

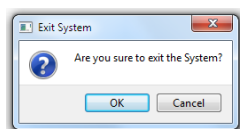


Fig. 5 Caja de texto que indica si se desea salir del sistema.

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.

3.- Interfaz Principal de Conversión de ficheros Wav

La “*pantalla principal de análisis*” es la interfaz principal del módulo, donde se realizan las actividades que componen las herramientas de lectura de registros y conversión de un evento o registro al formato de sonido Wav. Este proceso se da debido a que un determinado evento puede tener un sonido específico siendo diferente al de otros tipos de eventos (*con lo que puede procederse, por ejemplo, utilizando el software de corte a segmentar dicho evento en una acción posterior y facilitar la construcción de bases de datos*). La interfaz principal se compone de las siguientes partes:

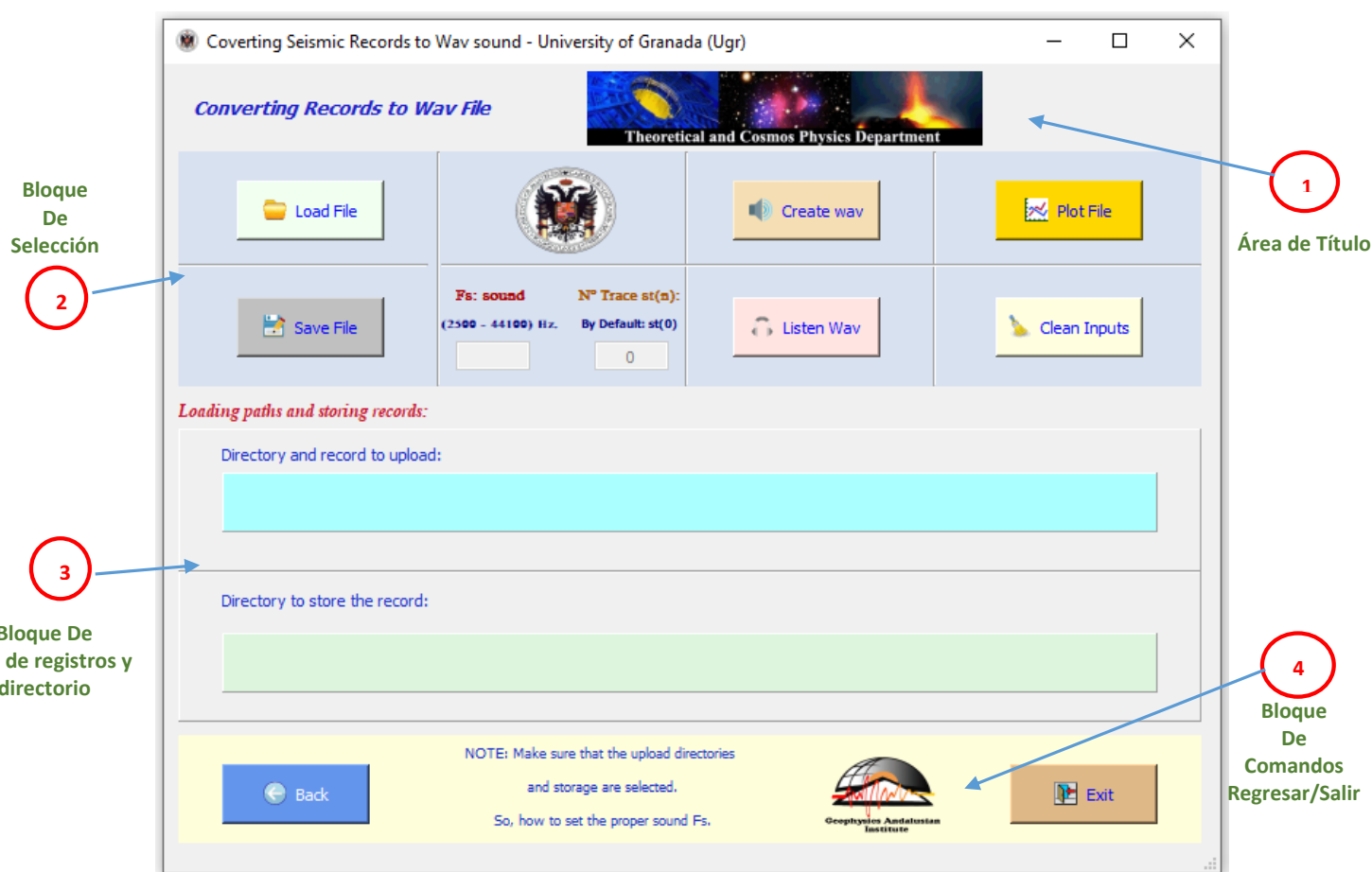
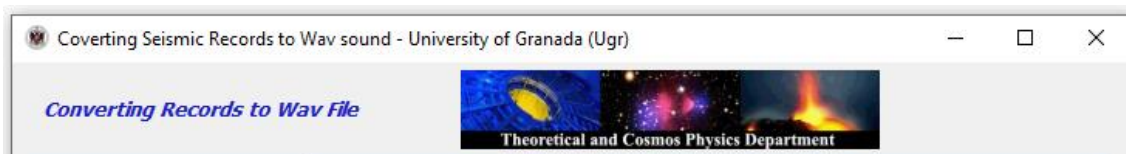


Fig. 6 Elementos de la Interfaz de conversión de ficheros Wav.

- 1) Área de Título (Nombre del programa, Universidad y Autor).
- 2) Bloque de Selección: a) Botones de comando: Load File, Save File, Clean Inputs y Plot File, b) Frecuencia para conversión de sonido (2500 – 44100 Hz), c) Número de traza.
- 3) Bloque de Ruta Registros y directorio: a) área de Ubicación física del registro a convertir, b) área de ubicación del directorio donde se almacenará el registro Wav resultante.
- 4) Bloque de Comandos: a) Botones de comandos (*Retroceso/Go Back, Salida/Exit*).

3.1.- Elementos de la pantalla de conversión

La pantalla anterior, se conforma de diversos elementos para su utilización. En la parte superior se observa: Área de Título (1), contiene (Nombre del programa, icono y nombre de la Universidad y logotipo del departamento de Física Teórica y del Cosmos). La imagen de este bloque se observa a continuación.



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

Añadido al número (1), se han distribuido los 3 elementos de la pantalla de la interfaz inicial de fusión, destacados en tres bloques principales que se enumeran del (2-4) en los círculos rojos.

3.1.1.- Bloque de Selección. (2)

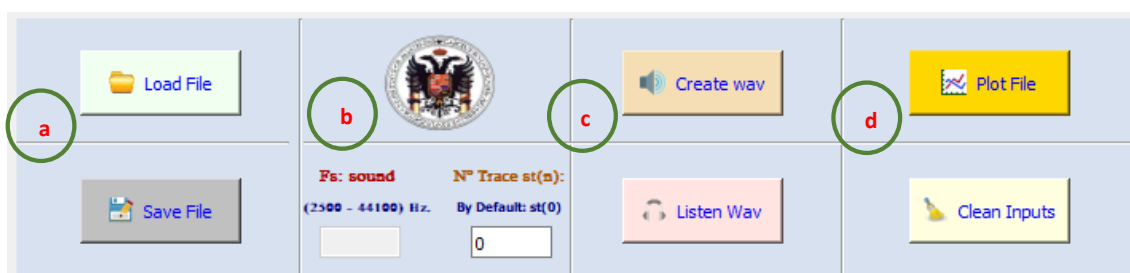


Fig. 7 Bloque de elementos de selección. En los círculos verdes: a) Botón de comando: Cargar registro (Load File), Salvar Registro (Save File), b) Caja de entrada de datos Fs sound, Caja de entrada de datos Número de Trazas, c) Botón de comando: Crear Wav (Create Wav), Escuchar sonido (Listen Wav), d) Botón de comando: Graficar registro (Plot File), Limpiar entradas (Clean Inputs)

Este bloque, lo configuran (círculos verdes de la figura anterior). En primer lugar.

a1) Botón de comando: Cargar Registro (Load File) Asegurarse de que la carga de los ficheros y el directorio estén seleccionados.



En la imagen se presenta, los botones de: “*Load File* (Carga Registro)”. Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función. Realiza la búsqueda y carga de los registros sísmicos por medio de la librería “*Obspy*” a través de diversos formatos (SAC, MSEED, SEISAN, etc.). 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 la búsqueda en el directorio del ordenador. Esto se observa en la siguiente pantalla.

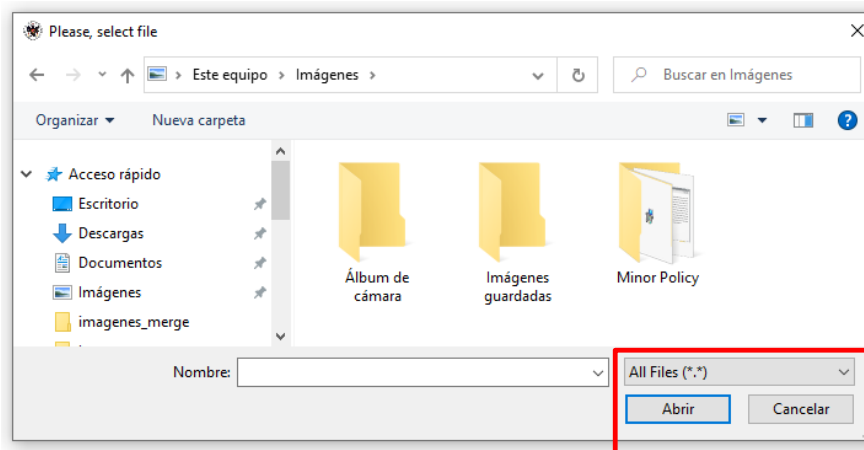


Fig. 8 Pantalla de Selección de Registros.

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.

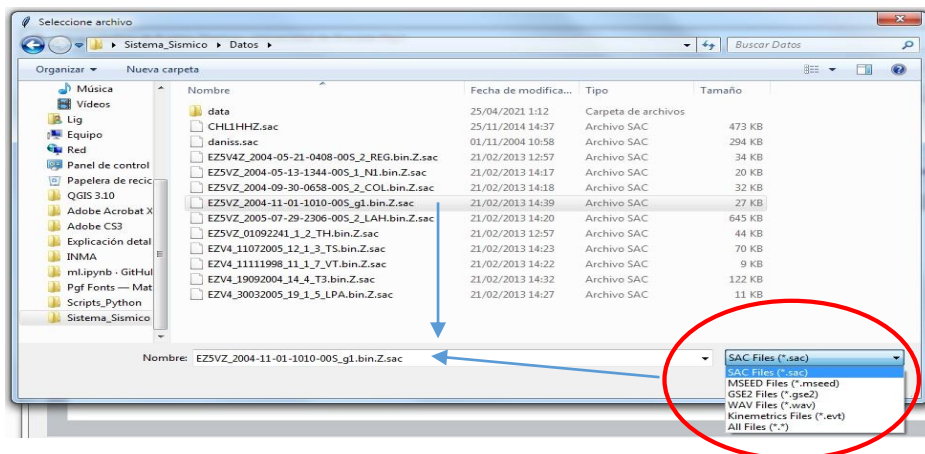
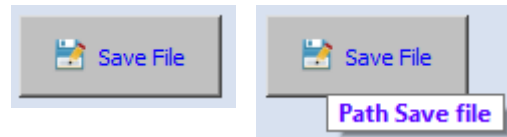


Fig. 9 Pantalla ejemplo de Selección de un registro de formato “SAC”.

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”. 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.

a2) Botón de comando: Salvar Registro (Save File) Asegurarse de que la carga de los ficheros y el directorio estén seleccionados.



La acción del botón de “*Save File* (Guardar el registro)”, al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función, permite al hacer clic abrir una ventana de explorador (*por defecto, se encuentra el camino en el directorio raíz “C” del PC*), presentando la opción de seleccionar una carpeta o directorio en donde se va a almacenar el evento resultante de la conversión a sonido Wav. Esto se observa en la siguiente pantalla.

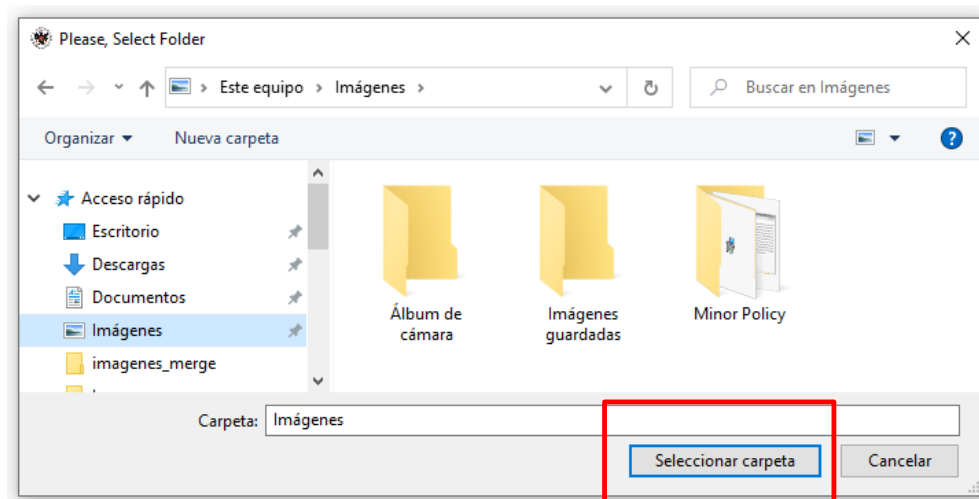
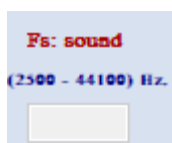


Fig. 10 Selección de la carpeta donde se almacenará el evento resultante de la conversión del registro a sonido Wav.

En esta pantalla (*El Idioma lo determina el sistema operativo*), se da clic al botón de “**Seleccionar carpeta**” con lo que se selecciona dando clic en la carpeta o directorio donde se desee que se guarde el evento a convertir (*cuadro rojo*). En caso contrario se da clic al botón de “**Cancelar**” y la acción regresa a la pantalla principal de conversión.

b1) Cuadro de texto de entrada de datos para la frecuencia de conversión (Fs sound).



En este cuadro de entrada de datos, se debe de indicar la frecuencia de muestreo para realizar la conversión. Está estipulado por defecto trabajar con un formato (16-bit PCM)

b2) Cuadro de texto de entrada de datos para el número de traza (Nº trace st(n)).



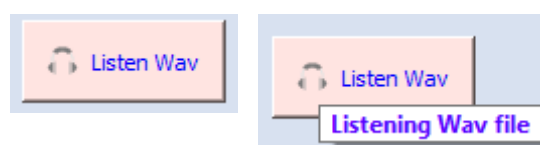
Nº Trace st (0): Valor en número entero: Determina el valor de la traza que se va a analizar. Por defecto y en formatos como “SAC”, este valor es igual a “0”. En caso de tratarse de múltiples trazas, como por ejemplo en formatos “MSEED o SEISAN”, el observador es quien determina que número de traza va a analizar.

c1) Botón de comando: Crear Wav (Create Wav).



Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función. Permite la creación o conversión del registro sísmico en un fichero de sonido con formato Wav. Para realizar esta acción se necesita haber dado correctamente las entradas de: “nombre y ruta del registro a convertir”, “frecuencia de muestreo”, “número de traza” y “nombre y ruta del directorio donde se almacenará el registro convertido a sonido”.

c2) Botón de comando: Escuchar sonido (Listen Wav).



Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función. Una vez creado el fichero de sonido, permite escucharlo, ya sea a través de los parlantes del PC o de un audífono o cascos de sonido. Para realizar esta acción, previamente el fichero Wav debe de estar correctamente almacenado en el directorio o carpeta que se ha designado.

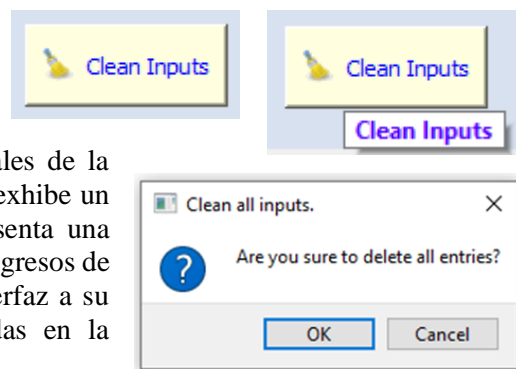
d1) Botón de comando: Gráfica del registro (Plot File).



Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función. Este botón permite visualizar la gráfica del registro que se desea convertir. Se puede pulsar independientemente de haber sido creado o convertido el registro a sonido. Su función es ayudar al operador humano a visualizar el registro a convertir.

d2) Botón de comando: Limpieza de entradas (Clean Inputs).

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.



3.1.2.- Bloque de Ruta de Registros y directorio (3).

Loading paths and storing records:

Directory and record to upload:

Directory to store the record:

3

Fig. 11 Bloque de Ruta, compuesto por: a) Ruta de directorio para cargar el registro (*Directory and record to upload*). Y b) Ruta de directorio donde se almacenará el registro convertido en sonido Wav (*Directory to store the record*). Se observa las áreas en donde se presentará el camino (Path) de la ruta a seguir en cada acción), Los registros pueden tener más de una traza. Si es así se deberán seleccionar la traza correspondiente al registro a convertir.

3.1.3.- Bloque de Comandos (4).

NOTE: Make sure that the upload directories and storage are selected.
So, how to set the proper sound Fs.

Back

Exit

4

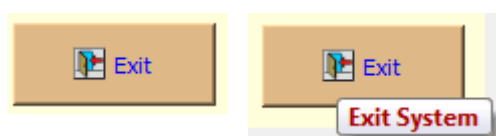
Fig. 12 Bloque de comandos, compuesto por: Botones de “Go Back” y “Exit”

En la imagen se presenta, el botón de “*Go Back* (Regresar)”, que realiza la búsqueda y carga de los registros sísmicos por medio de diversos formatos. El botón de “*Exit* Salir)”, que realiza la salida del sistema.

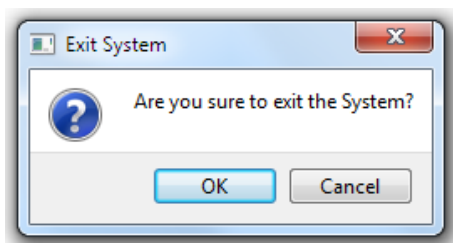
- 1) Botón “*Go Back*”: Permite regresar a la pantalla inicial de presentación del sistema (Index). Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función.



- 2) 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.

4.- Ejemplos de carga de ruta de archivos y directorio.

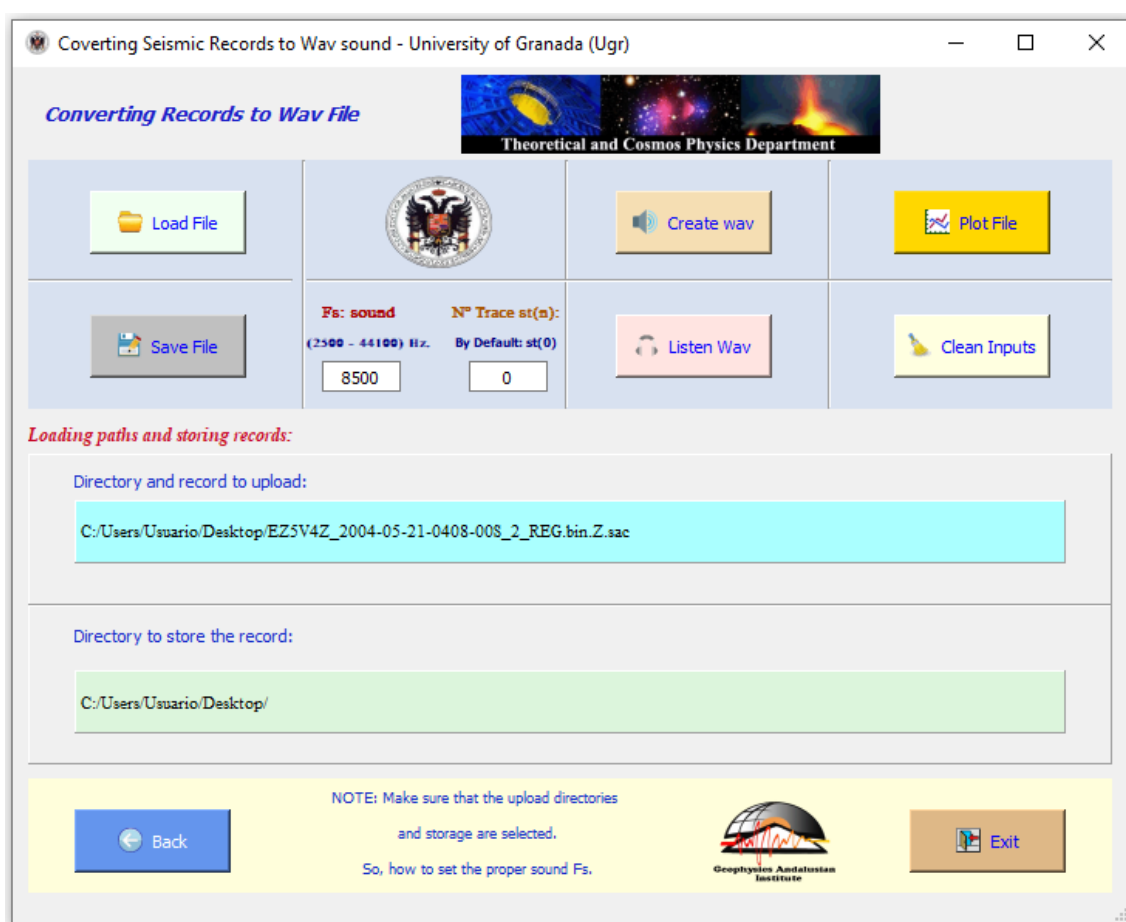
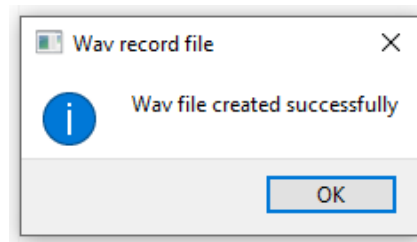


Fig. 13 Ejemplo de carga de registros y selección de directorio donde se va a almacenar el registro convertido a sonido Wav.

En la imagen anterior de la interfaz se observan el registro de tipo SAC que ha sido seleccionado para ser convertido a sonido Wav y el directorio en donde se almacenará. La frecuencia (*samplerate*) de muestreo ha sido designada a **8500**. Una vez que se han designado estos caminos, se da clic al botón de “**Create wav**” y se procede a crear y almacenar el registro resultante. Si todo marcha bien, se presentará la pantalla que indicará que el registro ha sido creado y almacenado correctamente.



En caso contrario se presentará una serie de validaciones que habrá que solucionar. Entre ellas las siguientes.

5.- Validación de errores en registro o entradas.

Al hacer clic en el botón “**Create Wav**”, 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 varias cajas de dialogo, que presentan un mensaje de alerta ante esta situación. Esto permite al usuario, proceder a modificar las entradas o en su defecto elegir un registro válido, sin necesidad de que el sistema colapse o se detenga. Las pantallas que se visualizan son las siguientes:

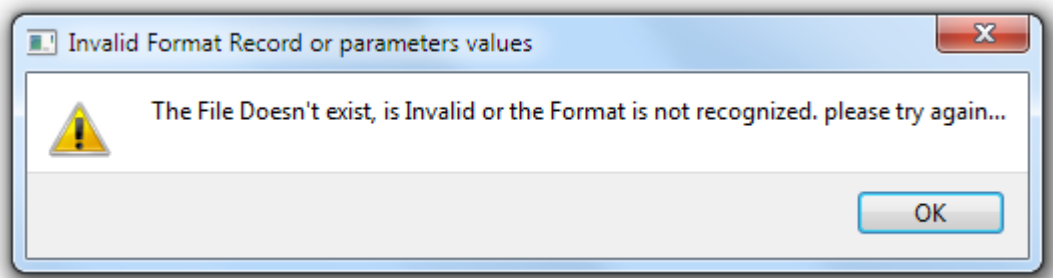


Fig. 14 Validación de entradas inválidas formatos o registros incorrectos.

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 o no se puede realizar la conversión porque el registro es inválido. 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. Las validaciones de entradas son las siguientes:

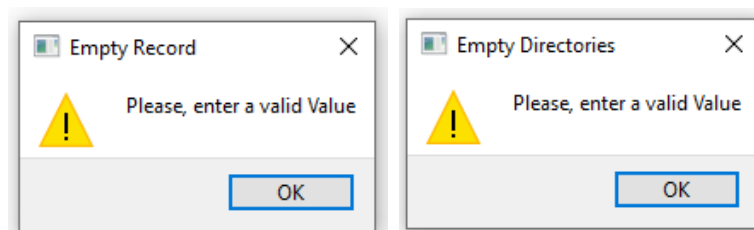


Fig. 15 Validación de entradas vacías en el registro y el directorio donde va a ser almacenado el resultado. Se debe de proceder a ingresar un formato valido en cada una de ellas.

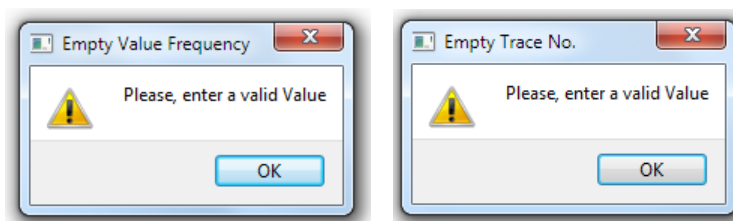


Fig. 16 Validación de entrada de la frecuencia de muestreo vacía y validación de número de traza vacía.

6.- Resultados de Secciones de archivos y conversión.

A continuación, se procederá a presentar ejemplos de resultados finales del proceso de selección y conversión a un fichero Wav del registro sísmico.

6.1.- Ejemplo de resultados de selección de registros y conversión.

De acuerdo a todo el proceso anteriormente descrito, el proceso para realizar la selección y creación del fichero de sonido Wav de un registro sísmico es muy sencillo, consta de los siguientes pasos:

- Dar clic al botón “**Load File**”, para seleccionar el registro sísmico que se desea convertir a sonido. (se visualiza el registro ruta del archivo: **Directory and record to Upload**). Por defecto, la ruta inicial se encuentra en el directorio raíz “C” del PC”, ya sean en el sistema Windows o Linux).
- Abrir o seleccionar la carpeta o directorio donde se guardará la señal convertida a fichero Wav. (se visualiza el registro ruta de la carpeta: **Directory to store the record**).
- Introducir las entradas de “Frecuencia de muestreo (Fs)” y número de traza (o dejar por defecto la traza 0).
- Dar clic al botón de “**Create Wav**”, para convertir el registro en un fichero de sonido Wav y almacenarlo en el directorio elegido.

Se presentará una ventana de diálogo que indica que el fichero de sonido Wav ha sido creado correctamente en la carpeta o directorio donde se almacenará.

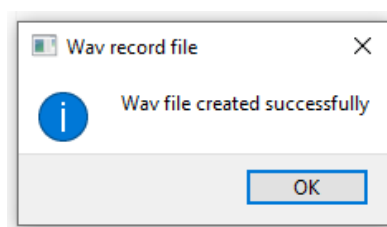


Fig. 17 Caja de dialogo que indica que el fichero de sonido Wav ha sido creado correctamente.

Adicionalmente, se puede visualizar la señal o registro que ha sido convertida a sonido, dando clic al botón de “**Plot File**”. También se puede escuchar el sonido creado dando clic al botón “**Listen Wav**”. Se debe de tener en cuenta de que dependiendo del tamaño del registro será la duración del registro a convertir, por lo que el sonido Wav resultante puede tener una duración igualmente mayor, así que hay que tomar en cuenta este tiempo a la hora de escuchar el fichero de sonido Wav.

Un ejemplo de la gráfica de un registro a convertir se observa en la siguiente figura.

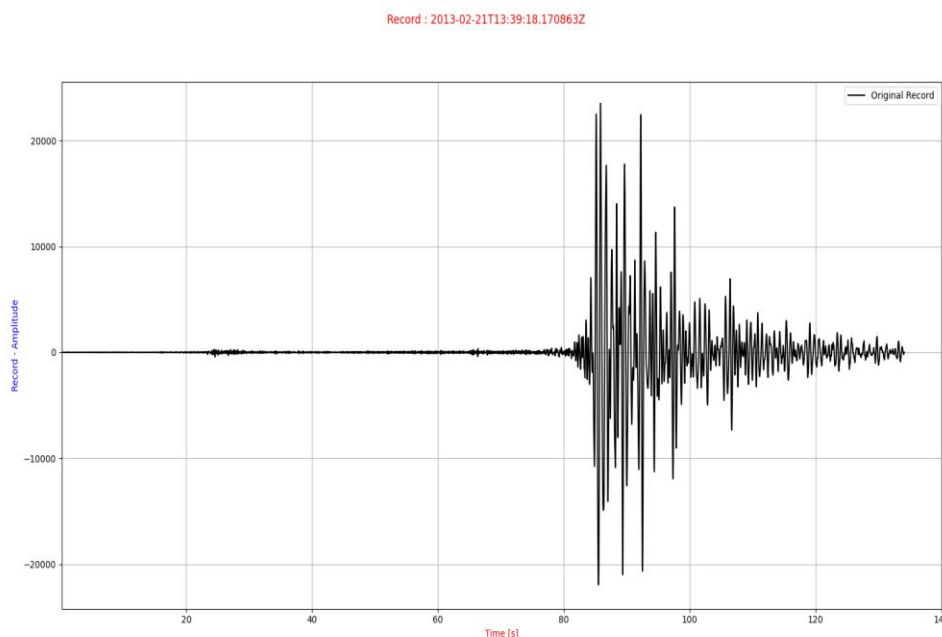


Fig. 18 Ejemplo de la gráfica de un registro SAC a convertir en un fichero de sonido Wav.

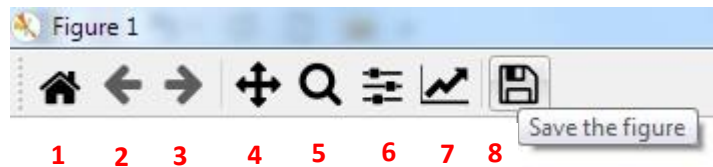
Ya sea antes o después de guardar el registro Wav resultante, se puede guardar la gráfica resultante, incluyendo un acercamiento (*mediante la herramienta Zoom [Lupa]*), realizado a la gráfica original (*Cfr. Herramientas Matplotlib, Págs. 17-22*).



NOTA IMPORTANTE: Los registros almacenados, se presentan de acuerdo a la señal original, tal y como está en el formato que se lee. De esta forma, el evento o registro convertido a formato Wav será similar (sin filtrar) al ser guardado. El usuario ya puede hacer uso de filtros por medio del módulo de análisis (*Analysis of Spectral Characteristics System of Seismic Records*) Además, puede hacer uso del programa para cortar el evento (*System to select, cut and save events since seismic records*), para realizar todos los análisis que determine conveniente a posteriori.

7.- 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:

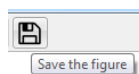
1. [Reset original view](#): Restituye al inicio todas las gráficas
2. [Back to previous view](#): Vista previa de la gráfica seleccionada
3. [Forward to next view](#): Vista Adelante de la siguiente imagen
4. [Left button pans, Right button zooms, x/y fixes axis, CTRL fixes aspect](#). Mueve la gráfica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

7.1.- 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.

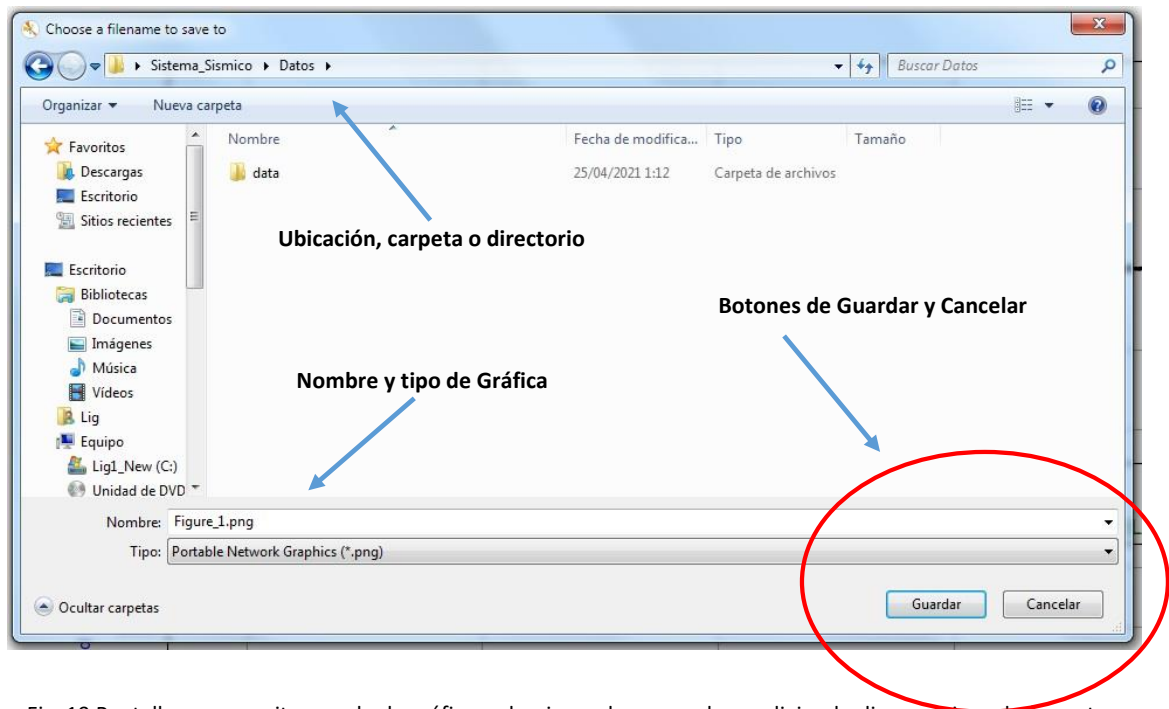


Fig. 19 Pantalla que permite guardar la gráfica, seleccionando un nombre e eligiendo diversos tipos de formatos. Botones de “guardar” y “Cancelar”, para completar o cancelar el proceso.

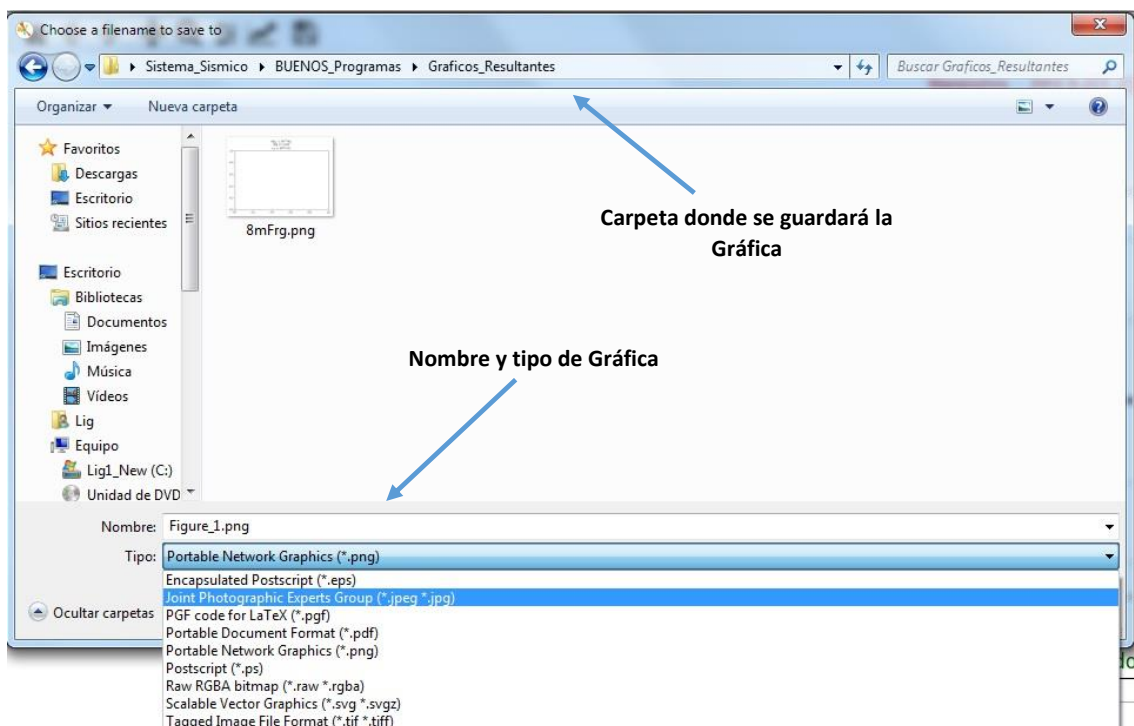


Fig. 20 Pantalla donde se observa los tipos de formatos disponibles para guardar la gráfica.

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

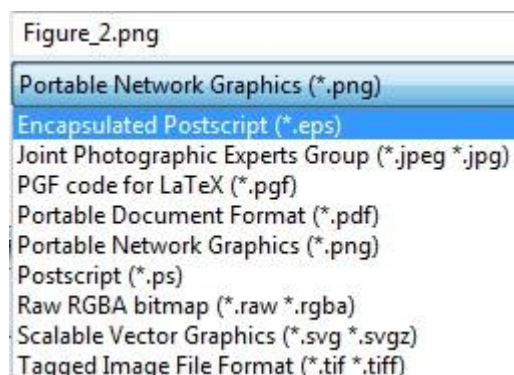
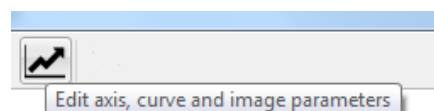


Fig. 21 Lista de los Formatos disponibles, para guardar la gráfica generada por el análisis

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. 38), con lo que la gráfica se almacenará y estará disponible para el uso que se estime necesario.

7.2.- Edición de los ejes e imágenes de las Gráficas

A través del botón de “Edición”, punto 7 (Cfr. Pág. 27) 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.

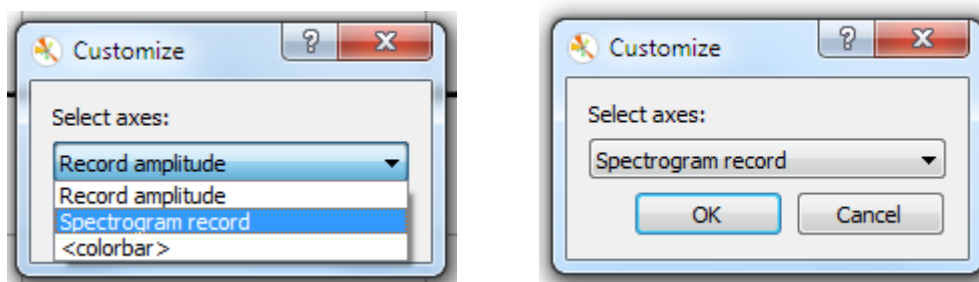


Fig. 22 Caja de diálogo de *Customize (Personalizar)*, se ha seleccionado el eje del espectrograma

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.

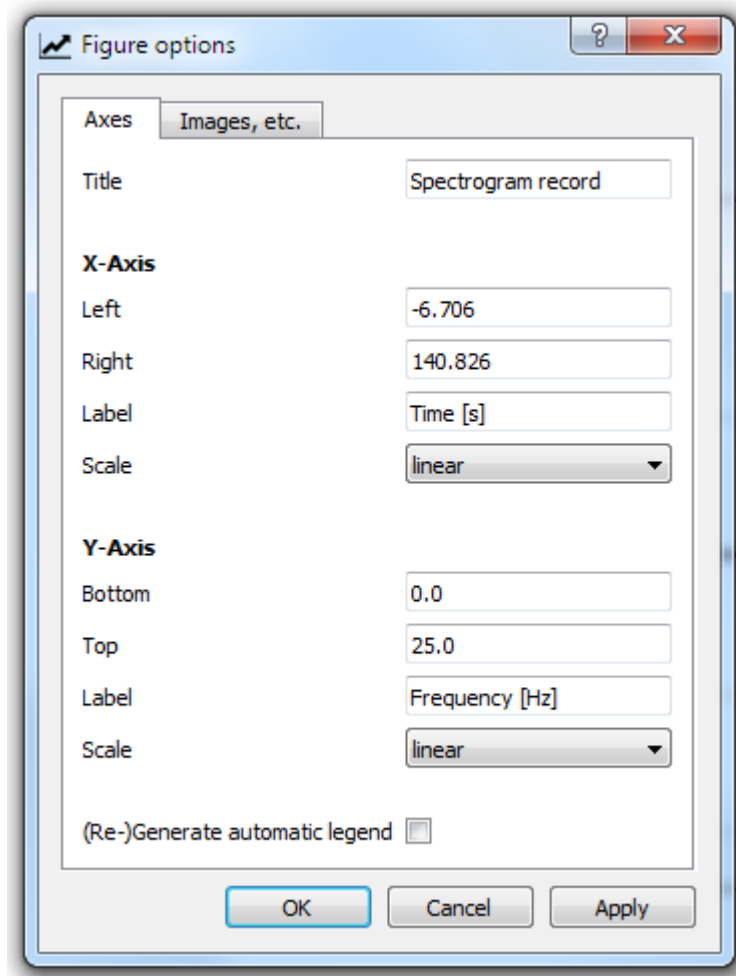


Fig. 23 Caja de diálogo de opciones de edición del título y ejes de la figura

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.

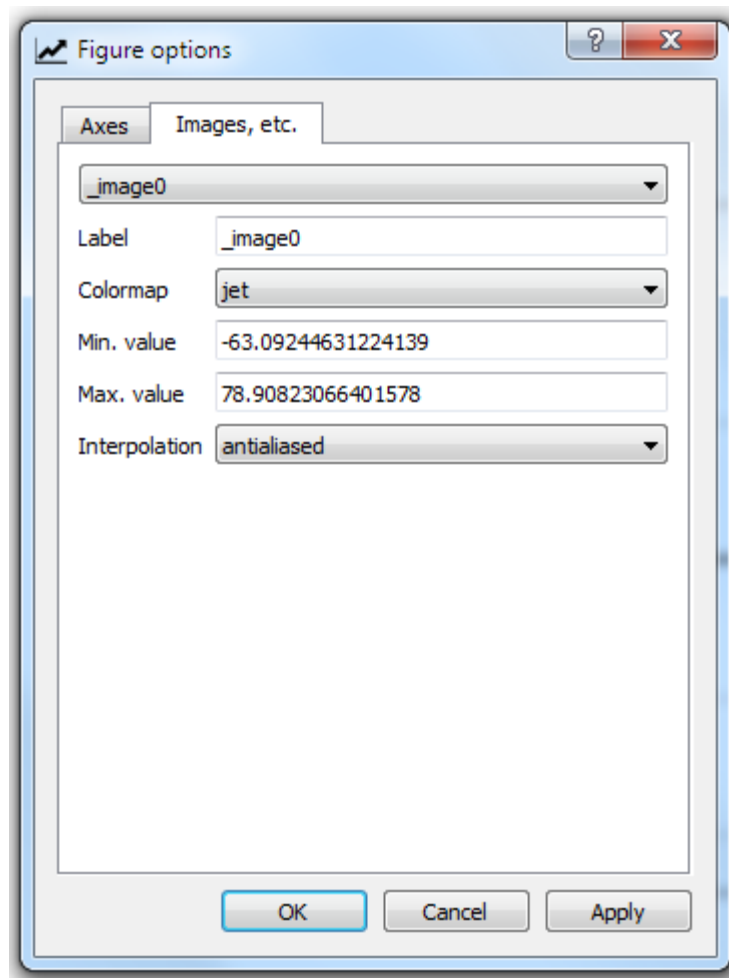


Fig. 24 Caja de diálogo de opciones de edición de los parámetros de la imagen

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.

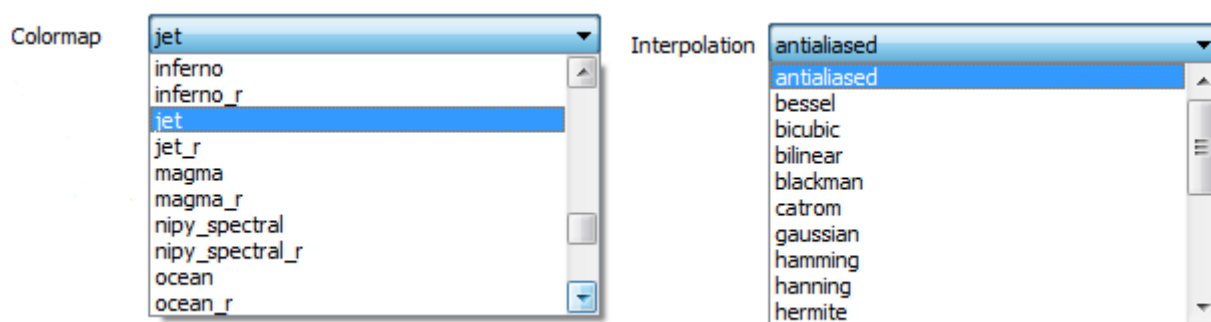


Fig. 25 Cajas de diálogo de edición de los parámetros de “*Colormap* (Mapa de color)” y de “*Interpolation* (Interpolación)” de la gráfica.

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 y que permita el proceso de conversión a ficheros de sonido Wav de eventos sísmicos, para ayudar con el sonido a conformar una Base de Datos segmentada a futuro entre otras utilidades. La sencillez de esta primera versión radica en que consta de un único módulo, en el que se han incluido el desarrollo necesario para realizar el la selección y conversión a Wav de un registro sísmico. La necesidad de esto es que se cada evento (LP, VT, Tremor, etc.) presentan un característico sonido en cada volcán, ayudarse con el sonido a identificar el sonido correspondiente a cada evento puede ser de utilidad. 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-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.

Departamento de Física Teórica y del Cosmos, Facultad de Ciencias.

Instituto Andaluz de Geofísica.

Universidad de Granada (Ugr)

Granada, España – 2021-2023



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_I*”: (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 del sistema.
 - c. Programa: “*Sound_1.py*”. Programa principal de análisis para seleccionar y transformar registros sísmicos a sonidos con formato “Wav”
- 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 “*4_Manual_Seismic_signals_converting_Wav_file_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.

- a) Copia de la carpeta “*Set_tools_System_1_I*” a “Mis documentos” de Windows desde la carpeta que lo contiene (*Analysis_System_1*).
- b) Copia del fichero “*Set_tools_System_1_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.

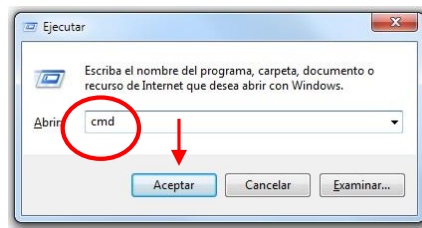


Fig. A1 Pantalla de Ejecutar en Windows. En el círculo rojo, teclear “cmd” y clic a “Aceptar”

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.

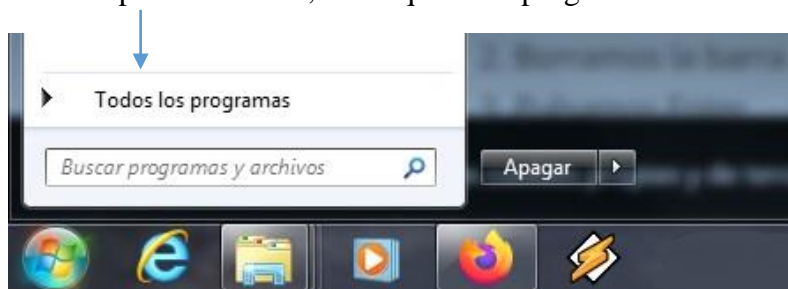


Fig. A2 Pantalla de Búsqueda de programas en Windows.

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).

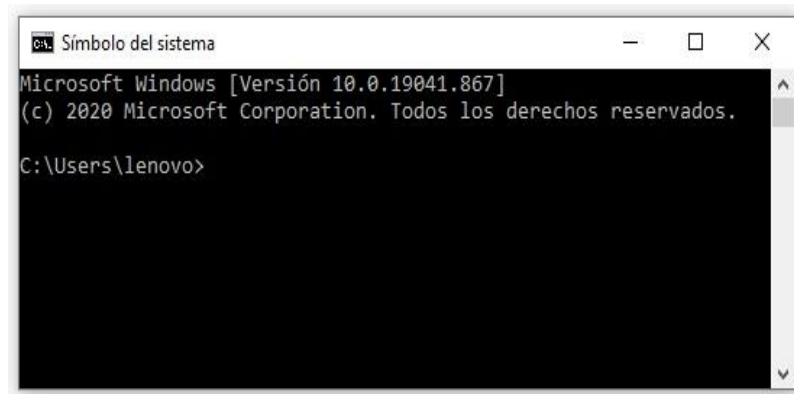


Fig. A4 Pantalla o consola de comandos “CMD” en Windows 10.

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.

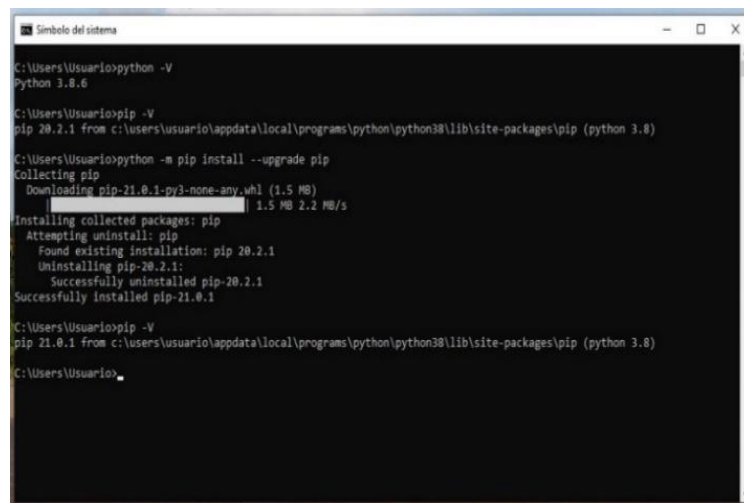


Fig. A5 Pantalla CMD, indicando las versiones de python y pip en Windows.

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).



```
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 carpeta “*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.- Install “**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
```