

Manual de Usuario

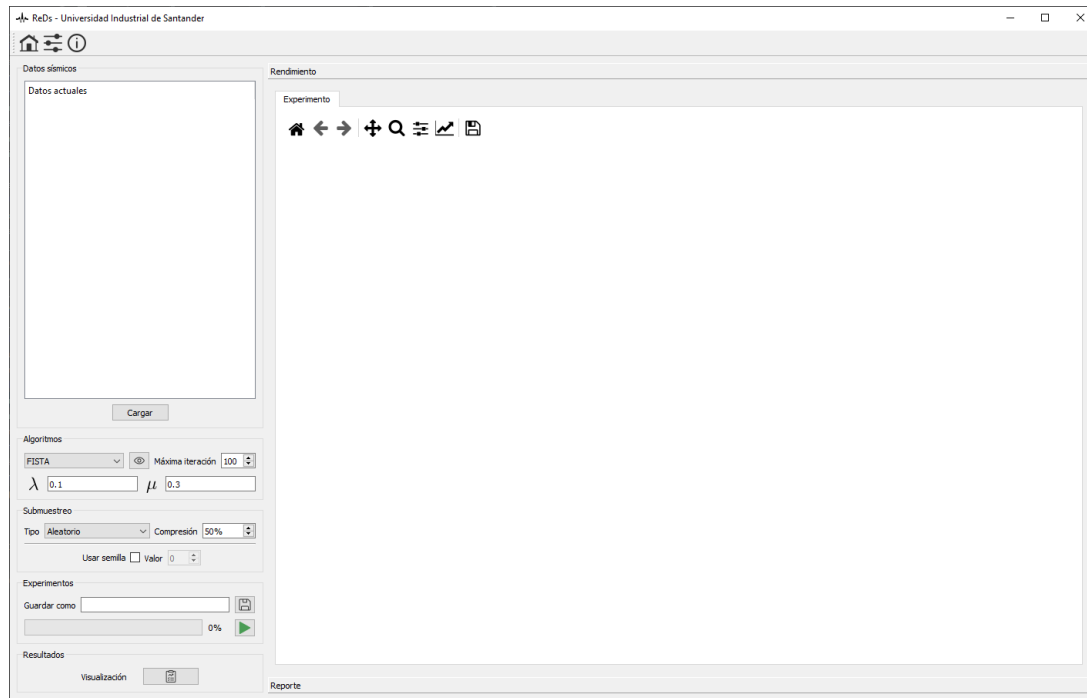
Diseño de Adquisición Sísmica Compresiva

ReDs

Version 2022.7

Emmanuel Martínez
Crisóstomo A. Barajas-Solano

7 de julio de 2022



Resumen

La herramienta software Diseño de Adquisición Sísmica Compresiva – ReDs hace parte del proyecto 9836 – “Nuevas tecnologías computacionales para el diseño de sistemas de adquisición sísmica 3D terrestre con muestreo compresivo para la reducción de costos económicos e impactos ambientales en la exploración de hidrocarburos en cuencas terrestres colombianas”.

El proyecto 9836 está adscrito a la Convocatoria para la financiación de proyectos de investigación en geociencias para el sector de hidrocarburos, desarrollado por la alianza Universidad Industrial de Santander (UIS), ECOPETROL y la Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo (ACGGP).

Este proyecto es financiado por MINCIENCIAS y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Los derechos y licencias de uso sobre esta aplicación software están reservados a las entidades aportantes.

Índice

1. Visión General de la Aplicación ReDs	7
2. Menú Principal	8
2.1. Lectura de Datos	8
2.2. Algoritmos	9
2.3. Submuestreo	9
2.4. Experimentos	11
2.4.1. Realizando un experimento	11
2.5. Visualización de Resultados	12
2.5.1. Rendimiento	13
2.5.2. Reconstrucción de Trazas	14
3. Ajuste de parámetros	15
3.1. Configuraciones	16
3.1.1. Realizando un ajuste de parámetros óptimo	17
4. Visualización general de Resultados	19
4.1. Menú principal	19
4.2. Menú de ajuste de parámetros	21
5. Acerca de	22
6. Recomendaciones de uso	23

1. Visión General de la Aplicación ReDs

Esta aplicación permite la reconstrucción de trazas de muestras sísmicas mediante 4 diferentes algoritmos:

- FISTA, COLOCAR NOMBRES COMPLETOS DE LOS ALGORITMOS
- GAP
- TwIST
- ADMM

El usuario puede configurar cada uno de los algoritmos de reconstrucción de tal manera que pueda realizar diferentes tipos de submuestreo y ajuste de parámetros, todo desde una interfaz gráfica de usuario simple y clara, tal cual como se observa en la figura 1.

La interfaz gráfica de la aplicación se encuentra distribuida en 7 secciones, a mencionar:

- ① Barra del menú
- ② Lector de datos
- ③ Panel de algoritmos
- ④ Panel de submuestreo
- ⑤ Menú de experimentos
- ⑥ Menú de cambio de vista
- ⑦ Menú de visualización

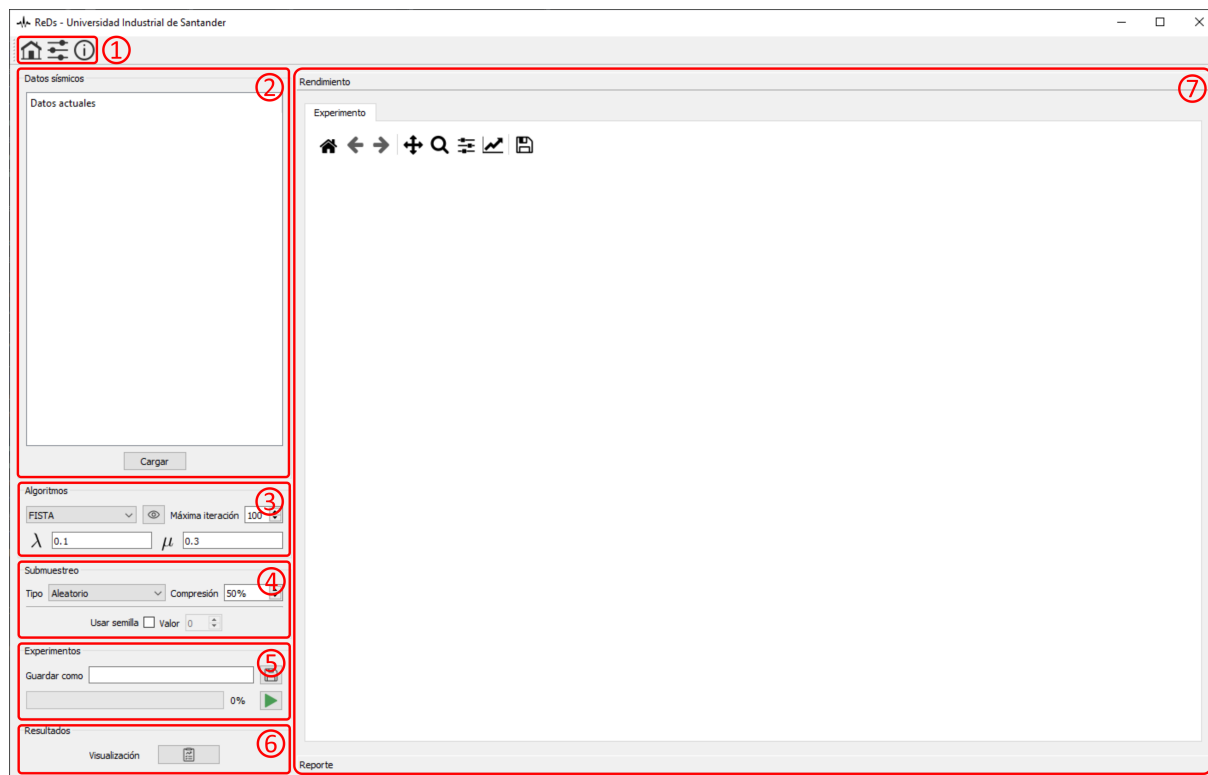


Figura 1: Secciones de la interfaz general de la aplicación ReDs.

A continuación se mostrará de forma específica las herramientas principales de la aplicación y, las diferentes configuraciones y opciones que pueden ser aplicadas a las muestras sísmicas para la realización de diferentes tipos de experimentos. Cabe resaltar que de acuerdo al tipo de prueba que se quiera realizar, el comportamiento de los paneles cambiará para adecuarse a dicha tarea.

2. Menú Principal

La aplicación cuenta con una barra de tareas, que se encuentra en la parte superior ① de la figura 1. Aquí se observan 3 botones distintos que permitirán realizar distintos tipos de pruebas sobre los datos sísmicos.

Como se observa en la figura 2, el primer botón habilitará a la aplicación para realizar pruebas generales sobre las muestras sísmicas, este es el menú principal.



Figura 2: Botón del menú principal.

El menú principal permite realizar experimentos con las muestras sísmicas siguiendo el orden que se observa en la figura 1. A continuación se muestra paso a paso el funcionamiento de cada uno de los paneles, desde la lectura de datos sísmicos hasta la visualización y guardado de resultados.

2.1. Lectura de Datos

El panel de lectura de datos ②, situado al extremo izquierdo superior en la figura 1, muestra los nombres de los datos sísmicos que el usuario haya cargado en la aplicación para realizar diversas pruebas.

Leyendo una muestra sísmica

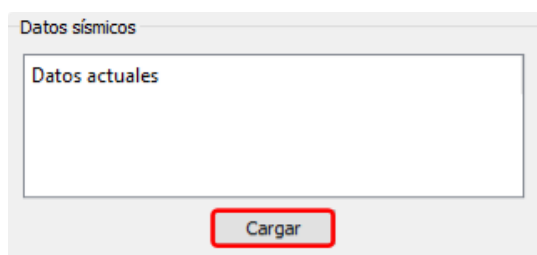


Figura 3: Cargando una muestra sísmica.

Para leer una muestra sísmica, se pulsa la opción *Cargar* en ②, como se observa en la figura 3. Inmediatamente se abrirá la ventana *Abrir dato sísmico*, como se observa en la figura 4, donde el usuario podrá seleccionar un dato sísmico. Para este ejemplo cargaremos *data.npy*. La aplicación ReDs reconoce las extensiones *.npy* y *.mat* para cargar datos sísmicos.

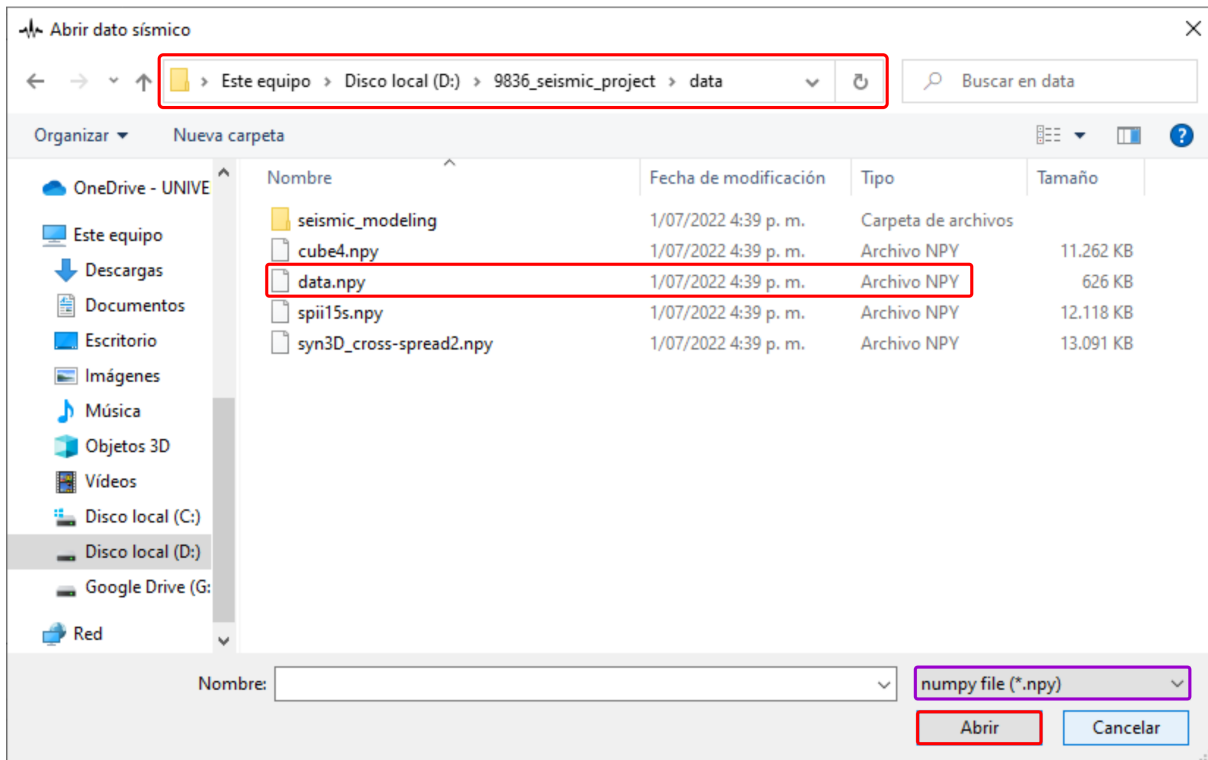


Figura 4: Ventana de selección de dato sísmico.

Una vez seleccionado el dato sísmico, se debe pulsar en la opción *Abrir*. Se podrá observar entonces en ② el dato sísmico cargado, como se muestra en la figura 5. Aquí los datos se observan siguiendo la siguiente estructura: ① representa al directorio padre y ② es el dato sísmico cargado hijo del directorio padre.

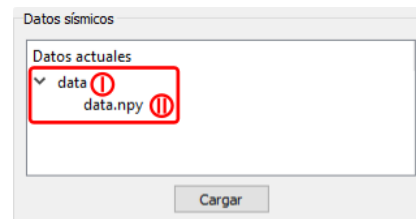



Figura 5: Panel con un dato sísmico cargado.

2.2. Algoritmos

Los algoritmos disponibles en la aplicación son *FISTA*, *GAP*, *TwIST* y *ADMM*, tal como se observa en el panel ③, en el extremo izquierdo de la figura 1. En este panel se pueden observar las opciones de configuración de parámetros según el algoritmo seleccionado, incluyendo la cantidad máxima de iteraciones a realizar.

Adicionalmente, el botón  permite visualizar los diferentes algoritmos con sus correspondientes parámetros, como se observa en la figura 6. Cada uno de los algoritmos disponibles cuenta con una colección propia de parámetros, los cuales el pueden ser configurados por el usuario según lo desee.

2.3. Submuestreo

Debido a que hay varias formas de recuperar un *shot* a partir de las medidas recolectadas previamente, el panel de submuestreo ④ permite configurar cuál tipo de submuestreo se desea realizar a la muestra sísmica, a manera de simulación. Todos los tipos de submuestreo,

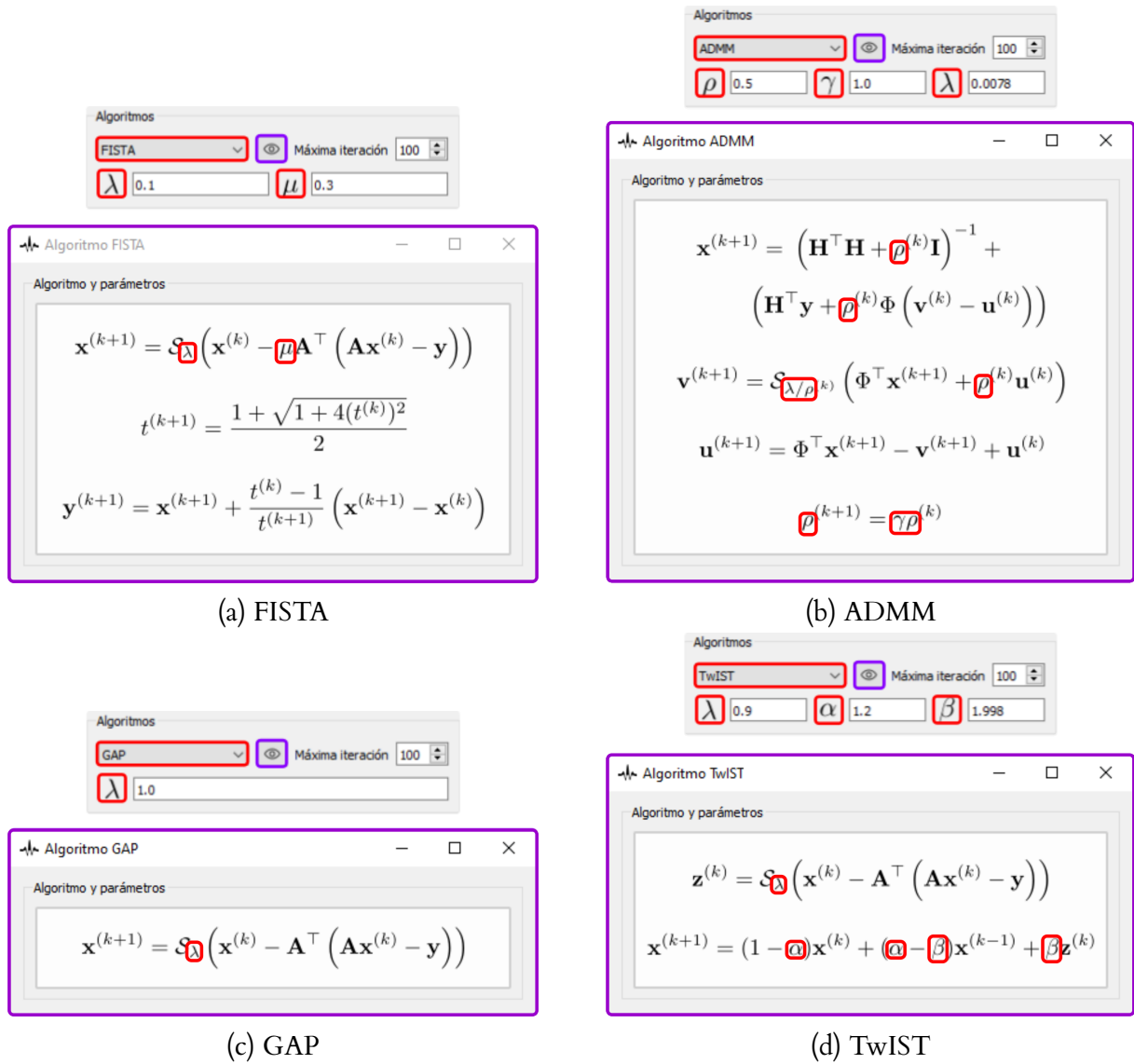


Figura 6: Algoritmos disponibles y sus respectivos parámetros.

excepto el de tipo lista, comparten el mismo nivel de compresión que el usuario desee asignar. A continuación se presentan los tipos de submuestreo a aplicar en ReDs:

Submuestreo Aleatorio

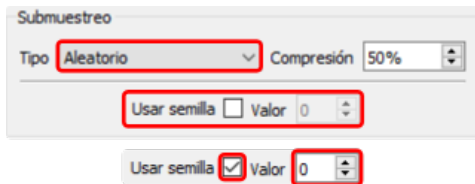


Figura 7: Submuestreo aleatorio.

Aplica un submuestreo aleatorio a las muestras sísmicas de acuerdo al nivel de compresión. Al habilitar la semilla, se puede establecer el mismo submuestreo para todas las veces que se ejecute un experimento, como se observa en la figura 7.

Submuestreo Uniforme

Aplica un submuestreo uniforme a las muestras sísmicas de acuerdo al nivel de compresión, como se observa en la figura 8.

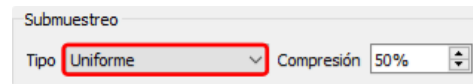


Figura 8: Submuestreo uniforme.

Submuestreo Jitter

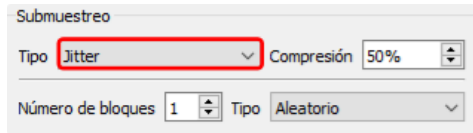


Figura 9: Submuestreo jitter.

Aplica un submuestreo aleatorio o uniforme de acuerdo a la cantidad de bloques ingresados por el usuario a las muestras sísmicas de acuerdo al nivel de compresión, como se observa en la figura 9.

Submuestreo Lista

Aplica un submuestreo de tipo lista donde los *shots* a remover son ingresados por el usuario, como se observa en la figura 10. Para este tipo de submuestreo es necesario validar que el usuario ingrese los datos con un formato lógico y específico.

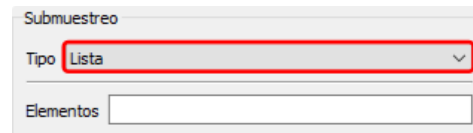


Figura 10: Submuestreo de tipo lista.

Las condiciones son las siguientes:

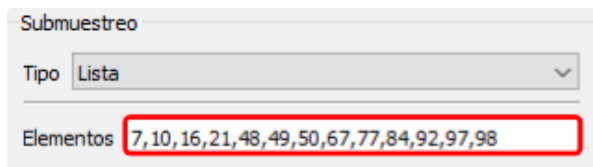



Figura 11: Ejemplo de submuestreo de tipo lista.

- La secuencia debe ser x_1, x_2, x_n , tal que $x_i \in \mathbb{Z}^+$, donde entre cada x_i no deben haber espacios y estar separados por números, como se observa en la figura 11.
- Cada x_i debe cumplir $0 \leq x_i \leq N$, donde N es la cantidad máxima líneas de receptores que contiene un *shot*.
- Deben haber mínimo siete x_i distintos.

2.4. Experimentos

Una vez ya se ha cargado un dato sísmico, seleccionado el algoritmo, ajustado sus parámetros y configurado el tipo de submuestreo, entonces se podrá realizar un experimento. El panel ⑤, en el extremo izquierdo de la figura 1 permite controlar el progreso de la ejecución del experimento a realizar.

2.4.1. Realizando un experimento

Para iniciar un nuevo experimento se debe pulsar el botón  que se observa en la figura 12. Aquí el usuario seleccionará el directorio donde desee que los resultados de su experimento sean guardados, como se observa en la figura 13.

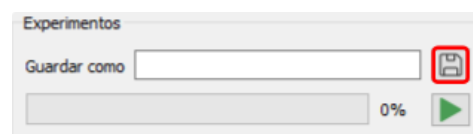


Figura 12: Panel de experimentos.

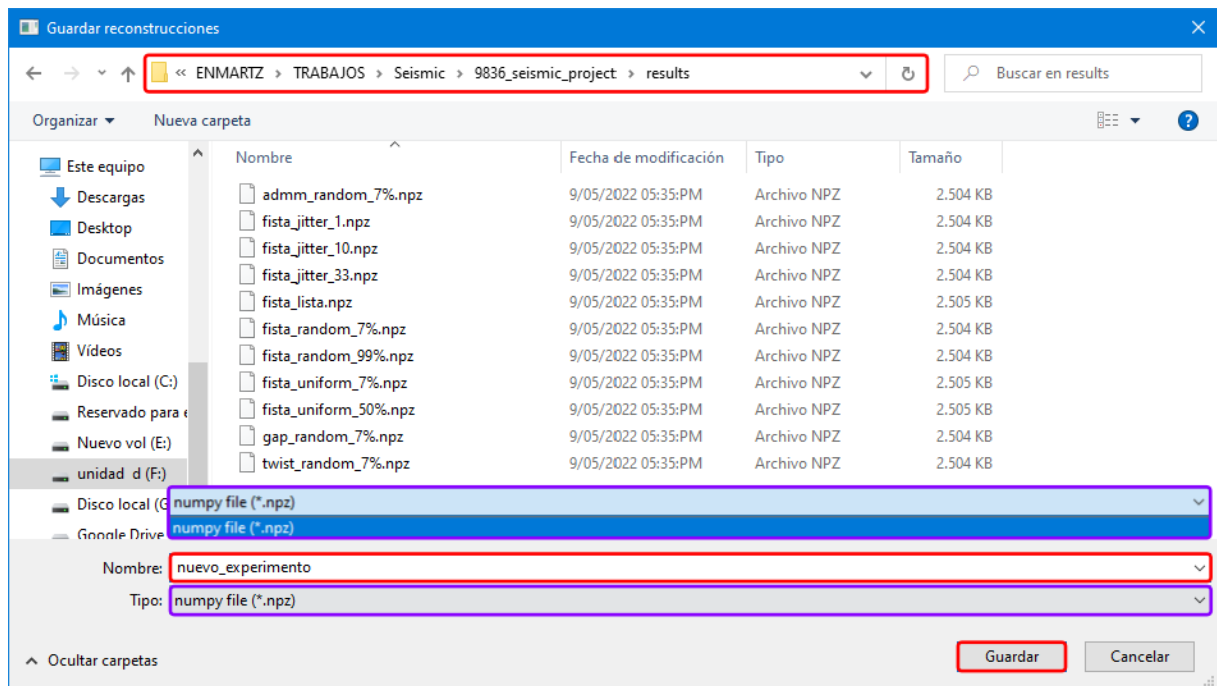


Figura 13: Ventana de guardado de resultados.

Para poder guardar el experimento es necesario asignarle un nombre, en este ejemplo se pondrá *nuevo_experimento*, este archivo será guardado con la extensión *.npz* y finalmente, presionamos el botón *Guardar*.

Finalmente, para correr el experimento, se debe pulsar en el botón ► y en la barra de progreso a la izquierda de dicho botón se po-

drá ir observando en tiempo real cuanto demorará el experimento en ejecutarse, como se observa en la figura 14.

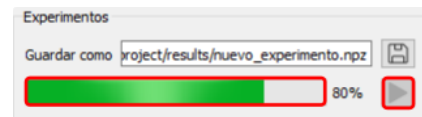


Figura 14: Ejecución de un experimento en tiempo real.

2.5. Visualización de Resultados

Finalmente, los resultados de todos los experimentos que se realicen a través de esta aplicación se podrán observar a la derecha ⑦ de la figura 1. En este panel se encuentran dos tipos de visualización: la visualización del rendimiento (iteraciones vs. error/psnr) y visualización de la reconstrucción, como se observa en la figura 15.

Como se mencionó en la sección 2.4, los experimentos que sean ejecutados se podrá ver tanto el rendimiento como la reconstrucción de las trazas en tiempo real. A continuación se detallará que es lo que se observa exactamente en cada una de estos subpaneles.



Figura 15: Panel de resultados.

2.5.1. Rendimiento

En esta subventana se observará el rendimiento actual del experimento que esté corriendo, como se observa en la figura 19. En esta figura se puede observar una gráfica con dos ejes, el **eje izquierdo** representa el índice de similitud estructural (SSIM) y el **eje derecho** representa la proporción máxima de señal a ruido (PSNR) de las trazas reconstruidas con respecto a las verdaderas. En general, ambas métricas son de percepción que cuantifican la degradación de la calidad de la imagen.

Sobre esta gráfica que observan diferentes herramientas que pueden ser usadas para modificar alguna característica de la gráfica 16, que se dan en este orden:



Figura 16: Opciones de la gráfica.

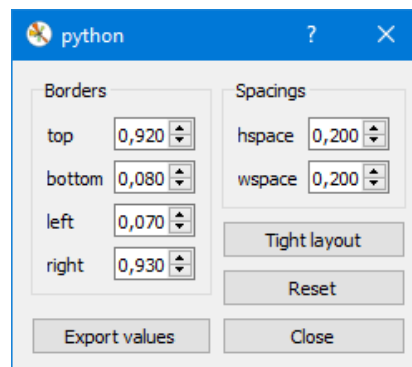


Figura 17: Configuración de subplots.

- I. El botón permite volver a la gráfica a su estado original, y los otros dos botones , permiten ir hacia adelante o hacia atrás en las modificaciones que se le hayan hecho a la gráfica.
- II. El botón permite desplazar la gráfica en cualquier dirección, y el botón permite realizar un acercamiento o alejamiento de la gráfica.
- III. Los siguientes botones tienen un comportamiento más complejo. El botón abre la subventana que se observa en la figura 17. Esto permitirá ajustar la visualización de los bordes de la gráfica y el espaciado con respecto a su contenedor padre. Por otra parte, el botón permitirá configurar la visualización de los ejes (cantidad de valores) y el tipo de escala para cada eje, como se observa en la figura 18.
- IV. Finalmente, el botón permitirá guardar una imagen de la gráfica exactamente como se observe en ese instante.

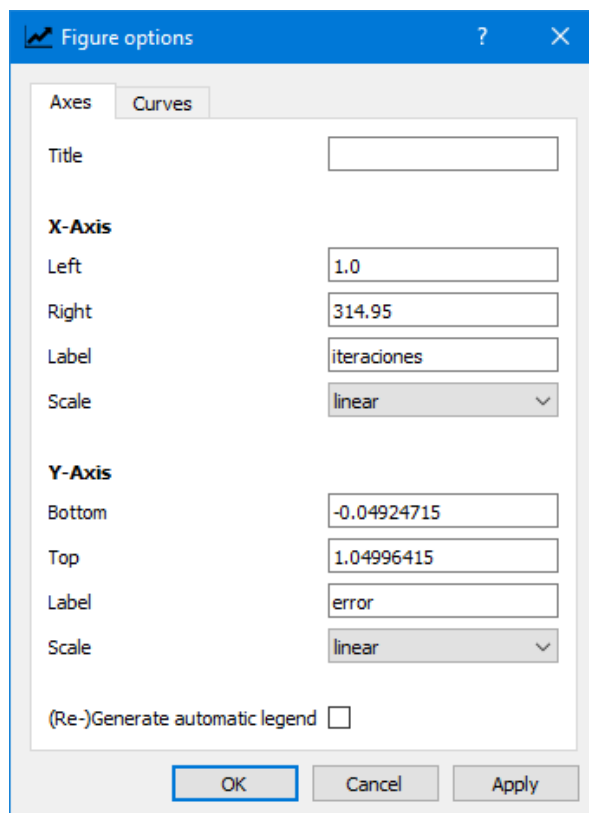


Figura 18: Editor de ejes, curvas y parámetros de la gráfica.

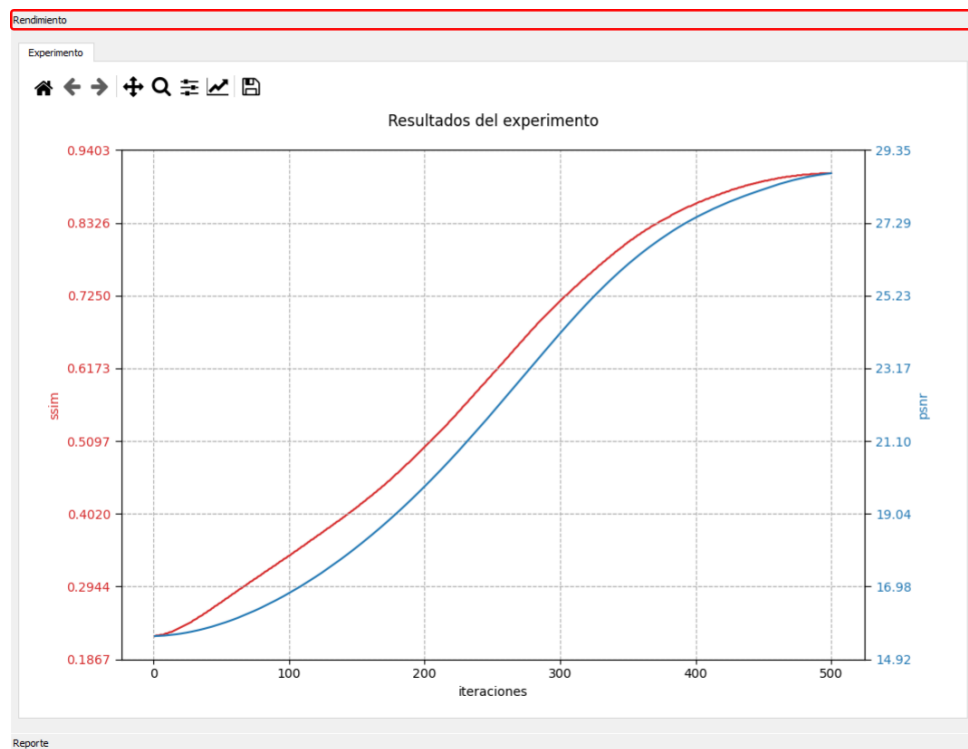


Figura 19: Rendimiento de un experimento realizado.

2.5.2. Reconstrucción de Trazas

Por otra parte, los resultados cuantitativos del experimento se observan en el subpanel de *Reporte* de la figura 20. En esta figura, la gráfica se divide en 4 partes:

- I. Esta gráfica es la muestra sísmica completa, la cual se usa como referencia para comparar contra la reconstruida, tanto cuantitativa como cualitativamente.
- II. Está gráfica es la muestra sísmica submuestreada y es la que pasa a través de los algoritmos para reconstruir el sentido de las líneas de receptores faltantes.
- III. Está gráfica contiene la muestra sísmica reconstruida.
- IV. Finalmente, esta gráfica contiene una de las trazas reconstruidas comparada contra la de referencia.

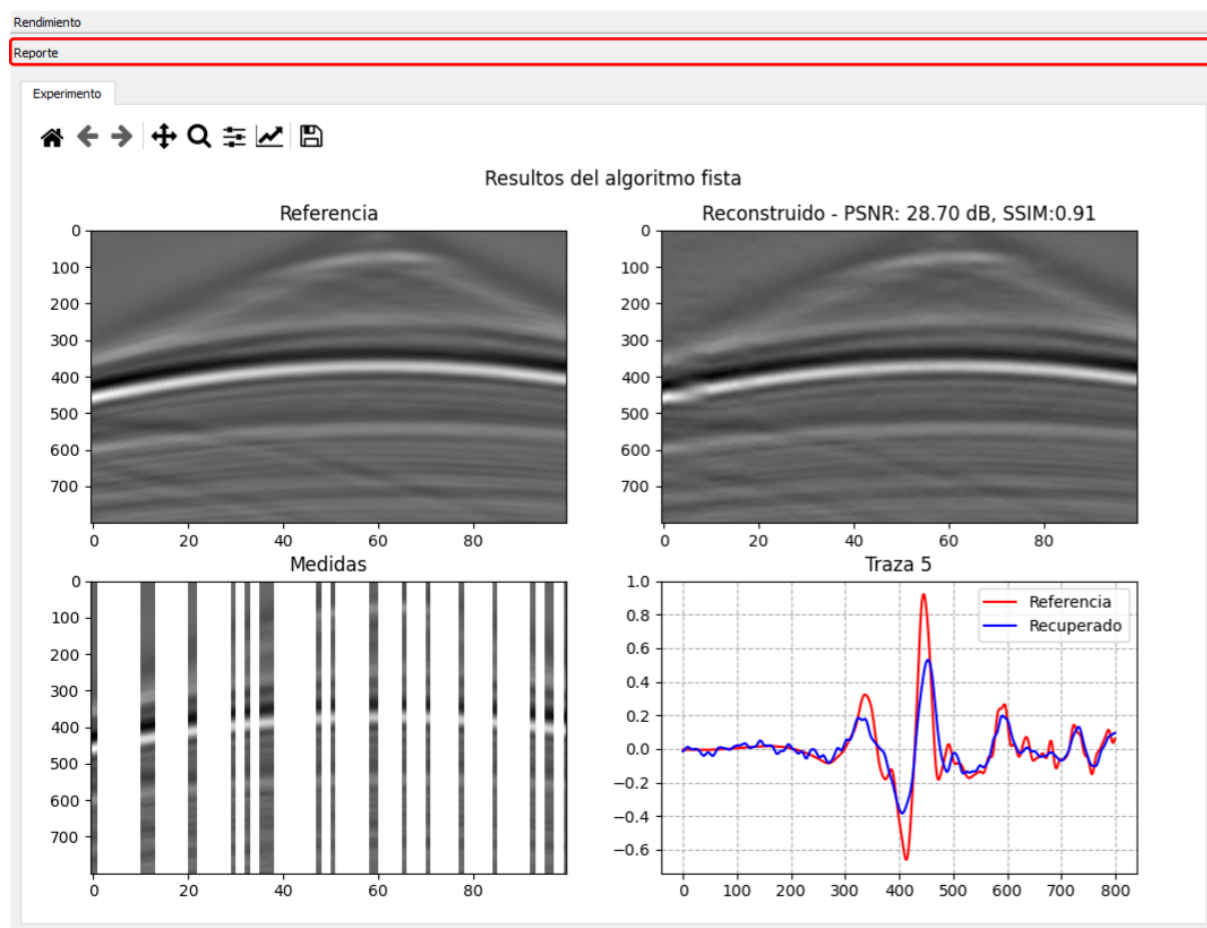


Figura 20: Reporte cuantitativo de un experimento realizado.

3. Ajuste de parámetros

Como se observa en la figura 21, el segundo botón habilitará a la aplicación para realizar pruebas basadas en un ajuste de parámetros sobre las muestras sísmicas, este es el menú de ajuste de parámetros.



Figura 21: Botón del menú de ajuste de parámetros.

El ajuste de parámetros permite probar diferentes rangos de parámetros para cada uno de los algoritmos de una forma sencilla y visualizar la curva de rendimiento en dichos ajustes.

Como se explicó previamente, la aplicación se adapta a los tipos de pruebas que se quieran realizar, por lo que la aplicación deshabilita los paneles u opciones que no son necesarias para el ajuste de parámetros, en este caso, y se habilita un nuevo panel llamado *Ajuste de parámetros*, como se observa en la figura 22.

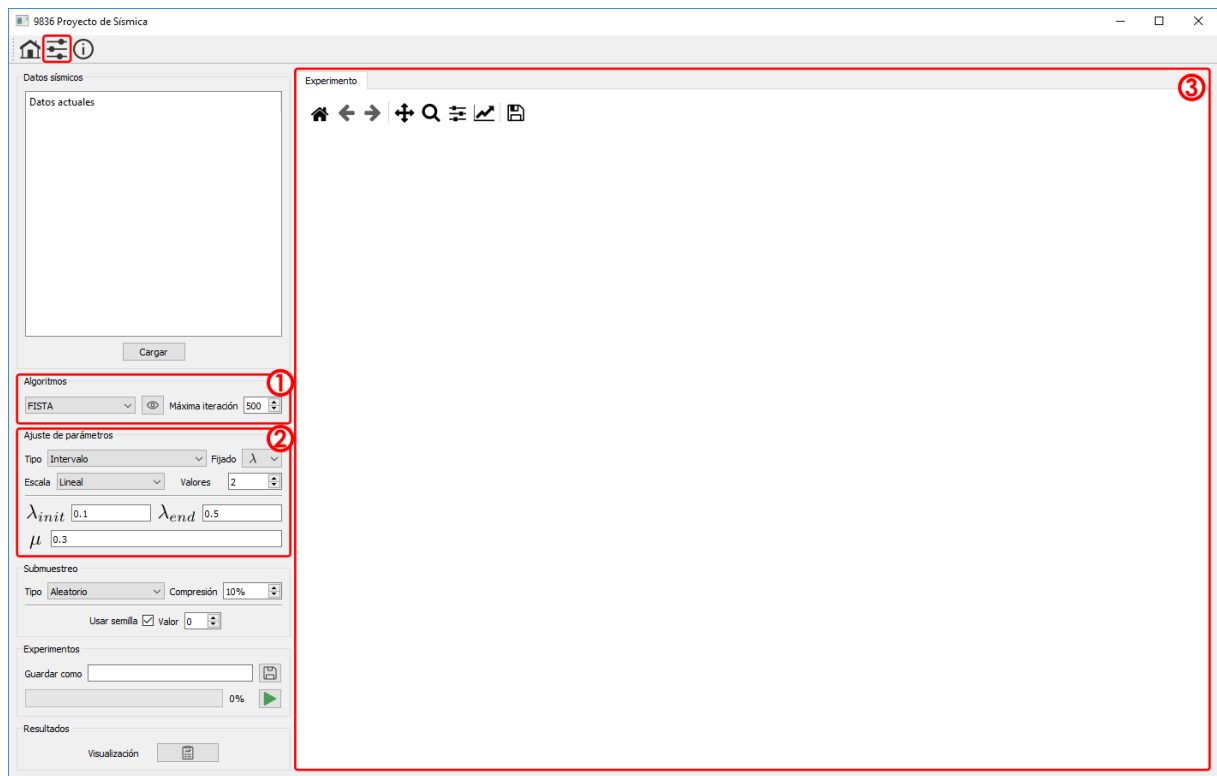


Figura 22: Partes del ajuste de parámetros en la aplicación.

En esta figura se observan los cambios que surgen comparados con la interfaz general 1. En ① se deshabilitan los parámetros de los algoritmos para usar el nuevo panel de ajuste de parámetros ② y poder realizar nuevas configuraciones de experimentos sobre los datos sísmicos cargados. Adicionalmente, la visualización de resultados se simplifica a una sola gráfica ③. A continuación, se analizará el panel de ajuste de parámetros y la visualización de resultados.

3.1. Configuraciones

Como se observa en la figura 23, el panel de ajuste de parámetros permite al usuario configurar el tipo de prueba que desea realizar y se encuentra dividido en:

- I. **Tipo de ajuste:** El tipo de ajuste permite configurar la cantidad de valores de un mismo parámetro para algún algoritmo con los que se desean realizar pruebas. Este puede ser en intervalo, donde el usuario debe ingresar la cantidad de *valores* que desea ingresar, como se observa en la figura 23. El otro tipo de ajuste es de lista, donde el usuario debe ingresar cada uno de los valores con los que desea realizar pruebas.
- II. **Parámetro:** Esta caja de parámetros se adaptará al algoritmo escogido. Su función es permitir al usuario seleccionar el parámetro al cual se le va a realizar el ajuste de acuerdo al tipo de ajuste.
- III. **Escala:** Permite al usuario modificar el comportamiento de los valores de los parámetros. Esta escala puede ser lineal, cuyo comportamiento no afectará a los valores de los parámetros, de tal manera que $y = x$, donde x es cualquier valor de los parámetros. El otro tipo de escala es la escala logarítmica, la cual tomará cada uno de los valores establecidos por el usuario, de tal manera que $y = 10^x$.

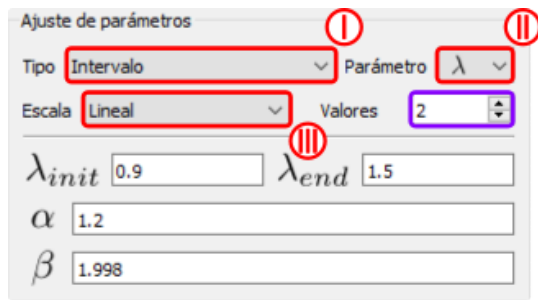


Figura 23: Panel de ajuste de parámetros.

3.1.1. Realizando un ajuste de parámetros óptimo

Para realizar un ajuste de parámetros óptimo, primero se deberá cargar el dato sísmico, el proceso es igual a la mencionada en la sección 2.1.

Ahora se debe seleccionar el algoritmo al cual se le desea hallar los parámetros óptimos dado el dato sísmico cargado, en este caso se selecciona FISTA, y se establece la configuración de parámetros que se observa en la figura 24. A continuación, se explicará esta selección de parámetros:

- Para el ajuste de parámetros se seleccionó de tipo intervalo con escala logarítmica ya que facilita al usuario la selección de parámetros y visualización de resultados obtenidos.
- Para el submuestreo se fijó una semilla con el propósito de que la muestra sísmica siempre tenga el mismo tipo de submuestreo y poder hacer una óptima selección de los parámetros.

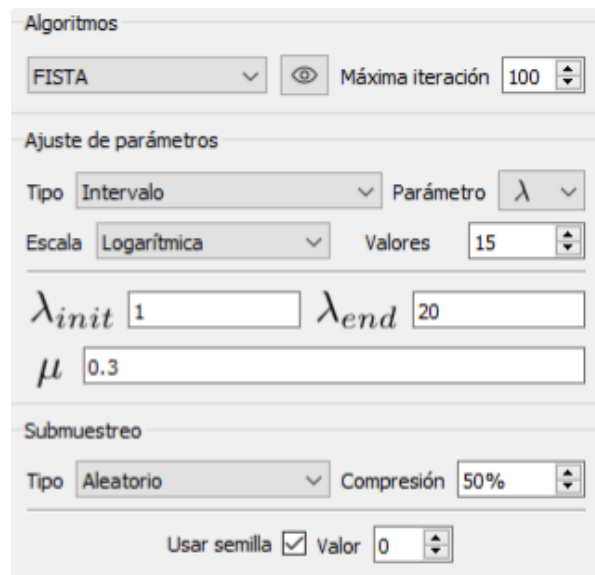


Figura 24: Ajuste de parámetros para el algoritmo FISTA.

Primero se ajustará el parámetro λ , estos resultados se observan en la figura 25. En esta figura se pueden observar los resultados obtenidos para la configuración de parámetros establecida en la figura 24. Por inspección, el valor óptimo para λ es $\lambda^* \approx 2,91$.

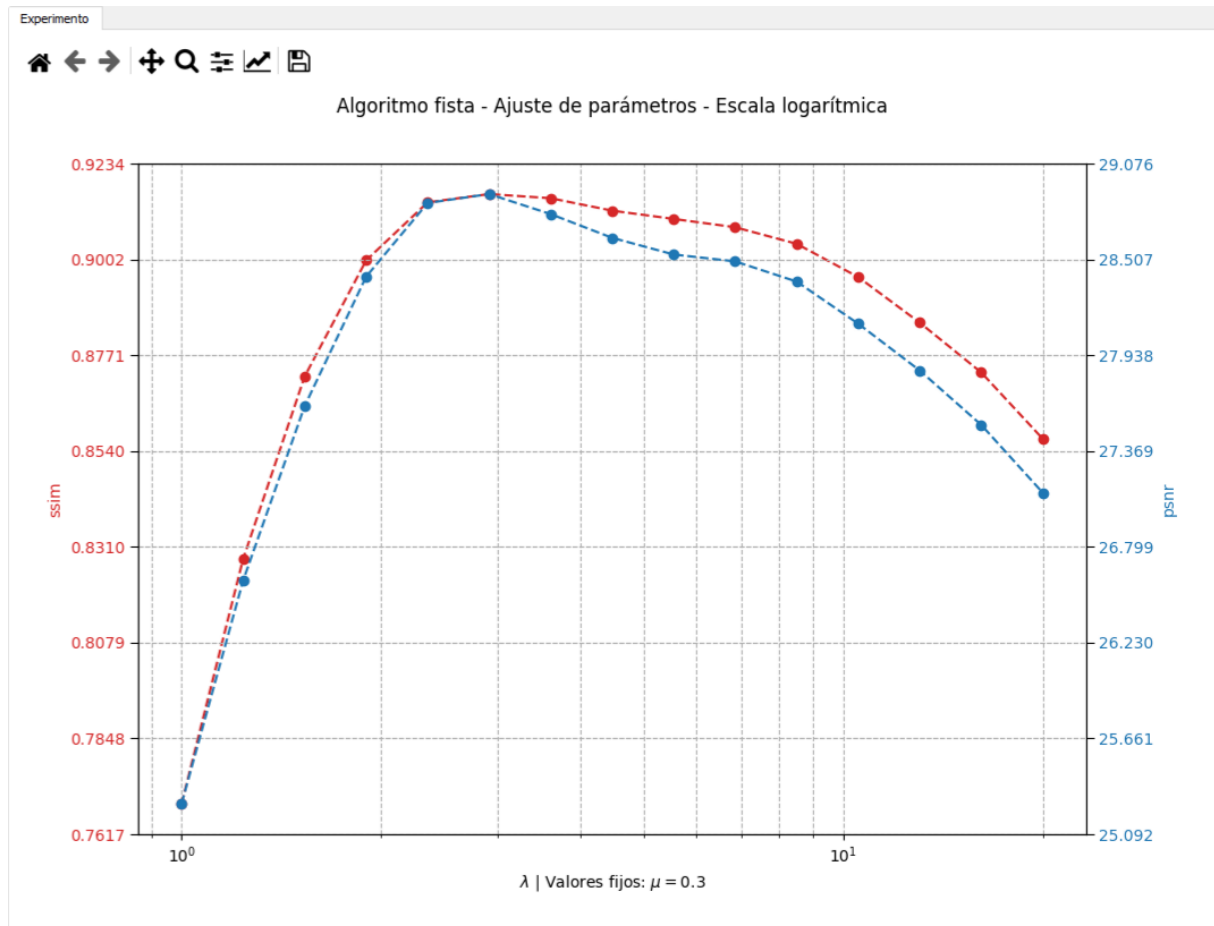


Figura 25: Ajuste del parámetro λ para el algoritmo FISTA.

Ahora, para encontrar el valor óptimo μ^* , se toma el valor de λ^* y se evalúa para un intervalo de μ , como el que se observa en la figura 26. Los resultados obtenidos para este ajuste de parámetros se observan en la figura 27. Por inspección, se observa que el valor óptimo $\mu^* \approx 0.39$.

Ajuste de parámetros

Tipo: Intervalo Parámetro: μ

Escala: Logarítmica Valores: 15

λ : 2.91

μ_{init} : 0.1 μ_{end} : 1.1

Figura 26: Ajuste del parámetro μ para el algoritmo FISTA.

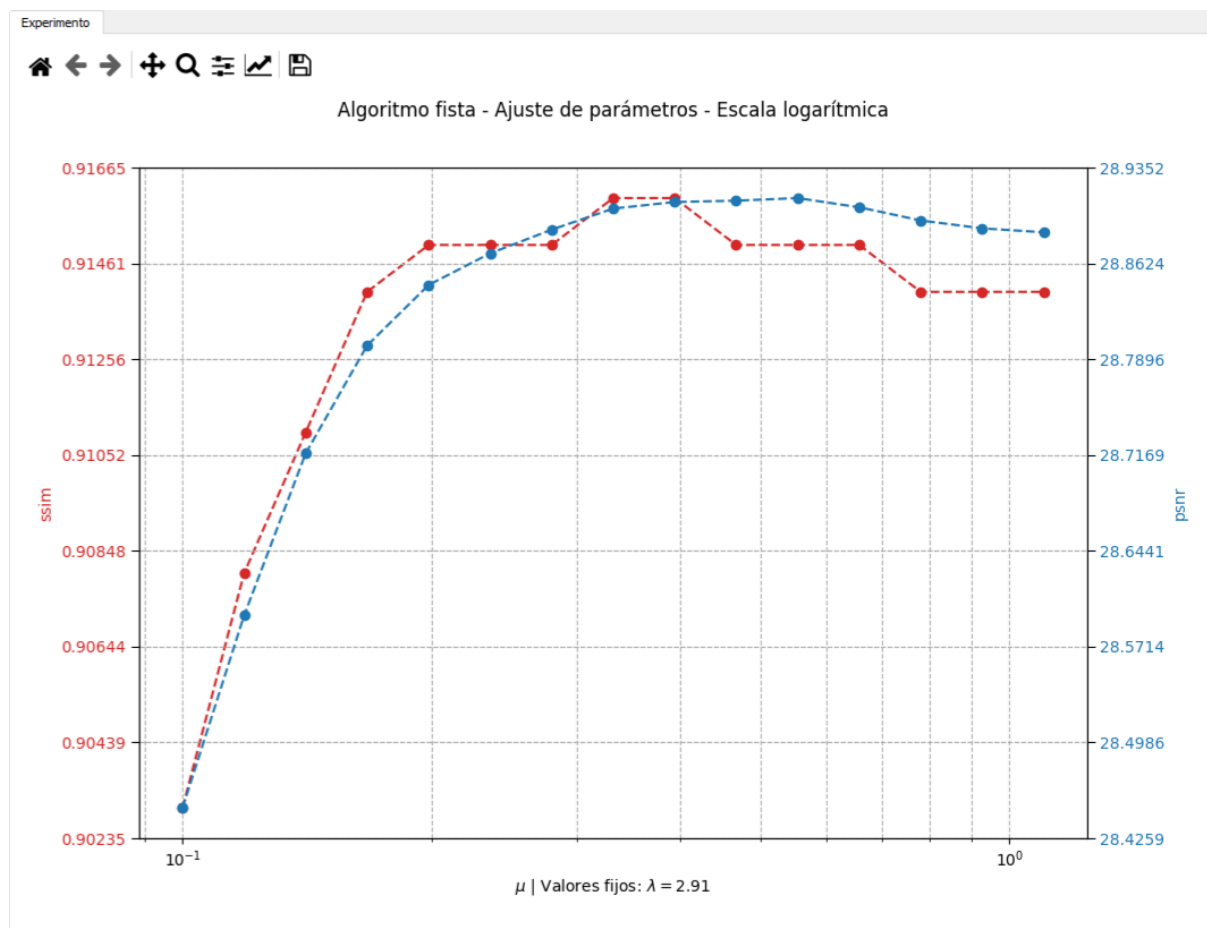


Figura 27: Ajuste del parámetro μ para el algoritmo FISTA.

4. Visualización general de Resultados

Los experimentos realizados quedan almacenados en el directorio escogidos por el usuario de forma local en su computadora. Esos resultados pueden ser visualizados a través del panel de visualización ⑥ en la figura 1.

4.1. Menú principal

Esta herramienta funciona de la misma manera para los dos tipos de experimentos actuales (general y ajuste de parámetros), cargando los respectivos datos como se visualizaron en secciones anteriores. Para usar este panel debemos pulsar el botón en ①, como se observa en la figura 28. Al pulsar este botón el comportamiento de la interfaz cambiará a lectura de resultados de experimentos ya realizados. Por lo que ahora se usará el botón *Cargar* ② para cargar dichos datos.

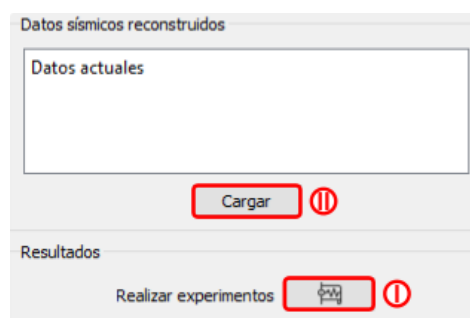


Figura 28: Lectura de resultados.

Leyendo resultados de experimentos realizados

Como se observa en la figura 30, el usuario podrá seleccionar el archivo que desee visualizar (en este caso *resultados_1.npz*) con los resultados de un experimento previamente realizado. Una vez seleccionado, se debe pulsar la opción *Abrir* y los resultados serán cargados tanto en el panel de resultados de la figura 29, donde ① es el directorio padre de los resultados cargados ②.

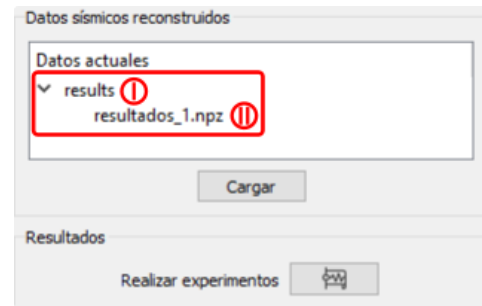


Figura 29: Panel con resultados cargados de un experimento previo.

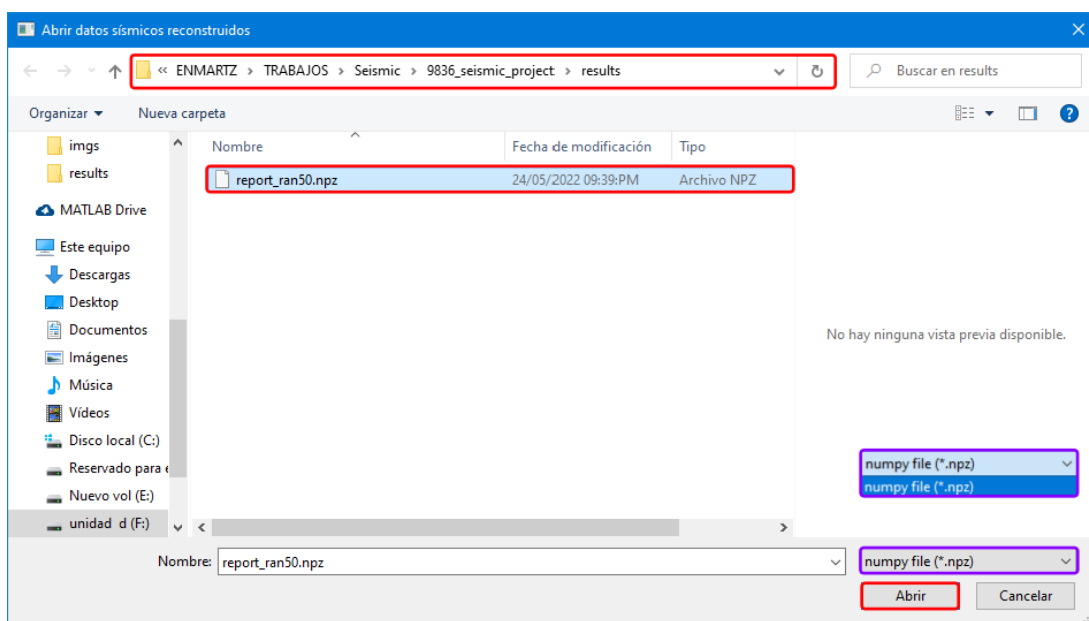


Figura 30: Ventana de selección de resultados.

Finalmente, los datos cargados se pueden visualizar en el panel de gráficas a la derecha de la aplicación, como se observa en la figura 31.

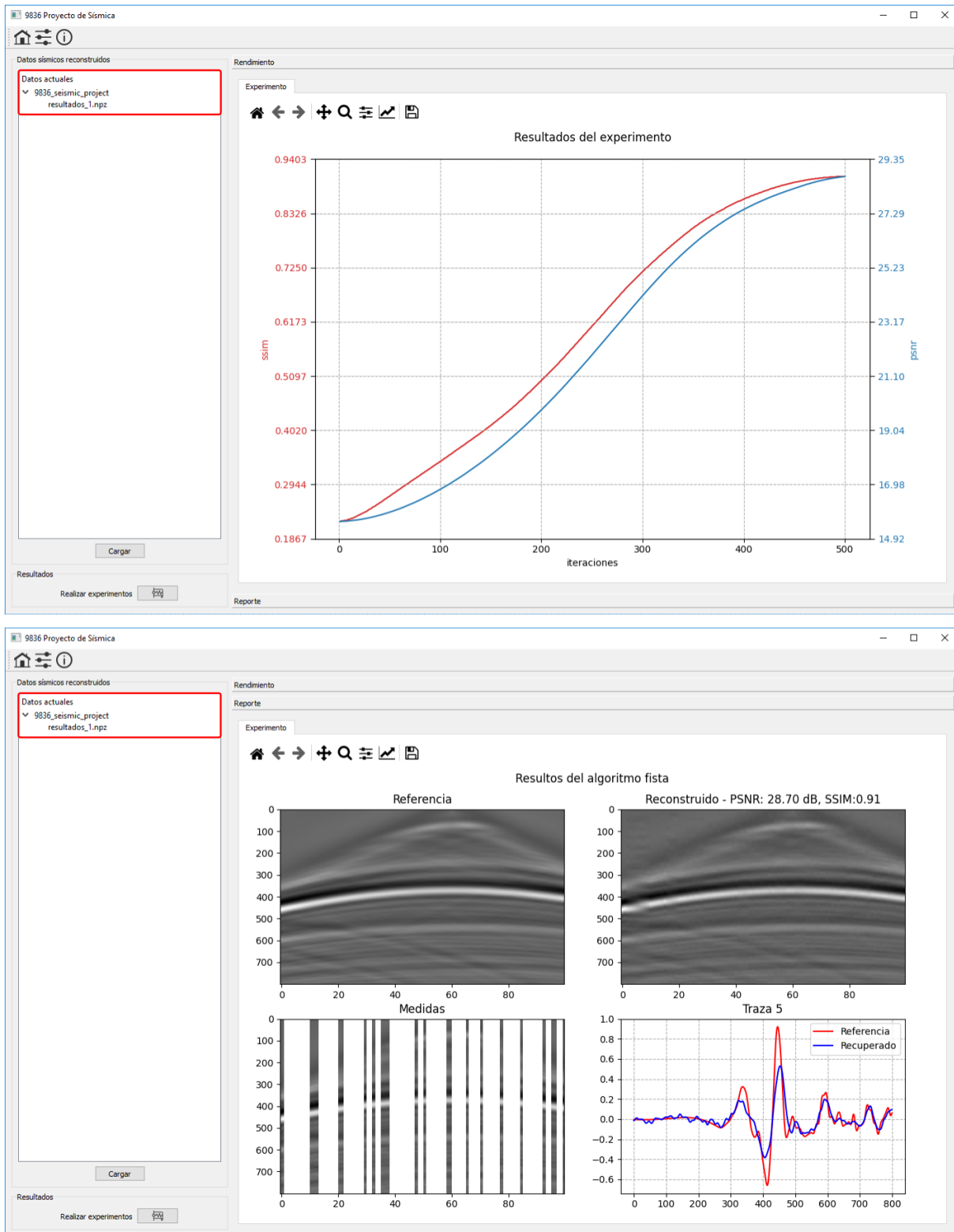


Figura 31: Visualización de los resultados cargados.

4.2. Menú de ajuste de parámetros

Similar al proceso de lectura de datos para experimentos realizados en el menú principal, para esta ocasión se debe estar en el menú de ajuste de parámetros, como se muestra en la figura 22 y repetir el proceso explicado previamente pero cargando los resultados de algún

experimento de ajuste de parámetros. En este caso se cargó uno llamado *resultados_2.npz*, que se visualiza en la figura 32.

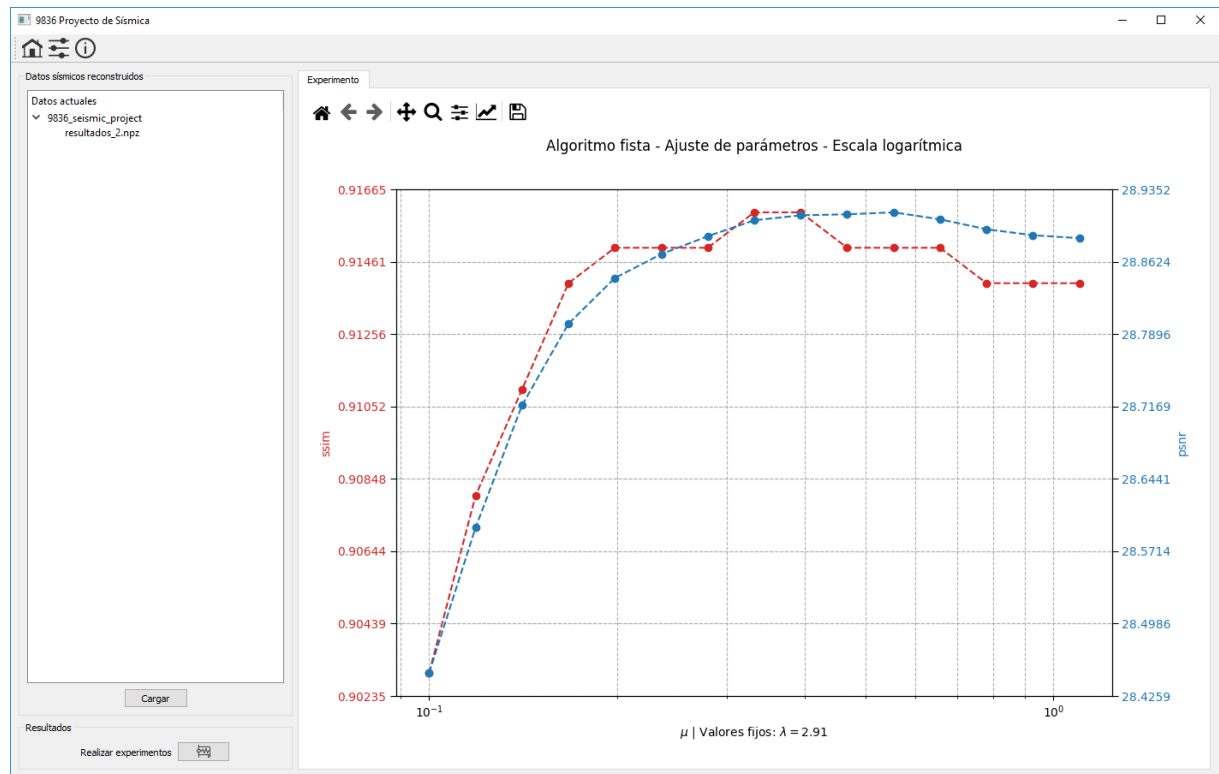


Figura 32: Visualización de los resultados de ajuste de parámetros cargados.

5. Acerca de

Como se mencionó al principio de este manual, esta aplicación se encuentra asociada con varias compañías colombianas relacionadas en el sector de la sísmica. Por lo tanto, si se pulsa el botón *Acerca de* 33, se abrirá una nueva ventana donde se menciona dicha información de manera más detallada, como se

observa en la figura 34.

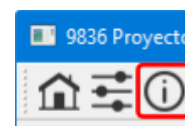


Figura 33: Botón de Acerca de.





Figura 34: Acerca de.

6. Recomendaciones de uso

Con el propósito de obtener el mayor rendimiento de la aplicación se realizan las siguientes recomendaciones:

- Realizar los experimentos siguiendo este orden:

Menú principal

1. Cargar un dato sísmico.
2. Seleccionar el algoritmo que desea usar y configurar sus parámetros.
3. Seleccionar el tipo de submuestreo y configurar sus parámetros.
4. Darle un nombre a los resultados a guardar usando el botón .
5. Inicial el experimento usando el botón .

Ajuste de parámetros

Se sigue el mismo orden que el menú principal, pero los incisos 2 y 3 cambian por:

2. Seleccionar el algoritmo que desea usar y configurar la cantidad máxima de iteraciones.
3. Configurar el ajuste de parámetros que se desea realizar.

- Para la configuración de parámetros se recomienda usar valores razonables y no excesivamente grandes debido a que dependiendo del equipo de cómputo utilizado y al algoritmo seleccionado, se puede elevar el consumo de CPU y memoria RAM al intentar utilizar otras herramientas de la aplicación mientras se corre algún experimento. Actualmente, la aplicación continua en desarrollo para soportar estos tipos de usos o por lo menos advirtiéndolo al usuario.