

INTERFAZ GRÁFICA PARA EL PROCESADO Y OPTIMIZACIÓN DE SEÑALES DEL BANCO DE IMPULSOS PARA DE LA RESPUESTA DE SILENCIADORES DE MOTORES

Albert Giménez Bolinches

Tutor: Ignacio Bosch Roig

Cotutor: Alberto Broatch Jacobi

Cotutor: Jorge García Tíscar

Trabajo Fin de Máster presentado en la Escuela
Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de
la Universitat Politècnica de València, para la obtención
del Título de Máster en Ingeniería de Telecomunicación

Curso 2015-16

Valencia, 14 de septiembre de 2016

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecerles a mis antiguos compañeros de piso: Vicente, Javier, Miguel, Carlos, Enrique (este último no era oficialmente del piso, pero como si lo fuera) por todo el apoyo que me han dado.

No puedo olvidarme de mis amigos, de Paula, de Angels, que aunque no hayan estado conmigo físicamente, siempre tenían palabras de apoyo y confiaban en mí.

Y por último, pero no por ello menos importante, a mi familia, que siempre ha creído en que lo conseguiría y ha facilitado mucho la labor. ¡VA POR VOSOTROS!

"No son las habilidades lo que demuestra lo que somos, son nuestras decisiones"

Albus Dumbledore (Harry Potter)

Resumen

Con el desarrollo de nuevas tecnologías se requiere de una adaptación de sistemas antiguos para poder seguir trabajando de forma eficiente. Existen infinidad de sistemas para adaptar los antiguos sistemas a tiempos modernos, el mayor problema es realizar un sistema moderno compatible con el antiguo para no tener que rehacer desde cero el sistema. De esta necesidad nace este trabajo. El IU CMT-Motores Térmicos requiere del diseño y optimización de un sistema de Interfaz gráfica para poder integrar el sistema de procesamiento de datos obtenidos en un banco de impulsos, referente a la respuesta de sistemas silenciadores para motores térmicos. Mediante el desarrollo de la interfaz, compatible con el sistema antiguo diseñado en Matlab, se pretende modernizar el sistema de procesamiento y facilitar la tarea de procesar los datos recogidos de los ensayos realizados con los silenciadores.

Resum

Amb el desenvolupament de noves tecnologies es necessària una adaptació dels sistemes antics a aquestes tecnologies per a seguir treballant de forma eficient. Existeixen infinitat de sistemes per a adaptar els sistemes vells als temps moderns, el major problema es realitzar un sistema modern que sigui compatible amb l'antic i no tindre que refer-ho tot i començar de zero. D'aquesta necessitat naix aquest treball. El IU CMT-Motores Térmicos requereix del disseny i optimització d'un sistema amb Interfície gràfica per a poder integrar el sistema de processat de dades obtingudes en un banc d'impulsos, referents a la resposta de sistemes de silenciadors per a motors tèrmics. Mitjançant el desenvolupament de la interfície, compatible amb l'antic sistema dissenyat a través de Matlab, es pretén modernitzar el sistema de processat i facilitar la tasca de processar les dades dels assaigs realitzats amb els silenciadors.

Abstract

The development of new technologies requires an adaptation of older systems. It is needed to continue working efficiently. There are many ways to adapt the older systems to modern times. The biggest problem is to make the modern system compatible with the older system to avoid having to rebuild the system from scratch. This work stems from this need. The IU CMT-Motores Térmicos requires the design and optimization of a GUI system to integrate the processing data. This processing data system is from a pulse bank concerning the response of silencing systems for internal combustion engines. By developing the interface, compatible with the old system designed in Matlab, is intended to modernize the processing system. This modernization facilitates the task of processing the data collected from the tests performed with mufflers.

Índice

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Ensayo del Tubo.....	1
1.2 Ensayo 3 transductores.....	2
1.3 Ensayo cuatro transductores.....	2
1.4 Proceso de medición e importancia de las medidas	3
Capítulo 2. Objetivos	4
2.1 Objetivos personales	4
Capítulo 3. Metodología y gestión del trabajo	5
3.1 Metodología de trabajo.....	5
3.2 Gestión temporal del trabajo	5
3.2.1 División en tareas	6
3.2.2 Diagrama de flujo.....	6
3.2.3 Diagrama de Gantt	8
Capítulo 4. Herramienta de trabajo	9
4.1 PC.....	9
4.2 Matlab	9
4.2.1 GUI Matlab	9
Capítulo 5. Motivación del proyecto.....	11
5.1 Sistema de procesamiento existente	11
5.2 Motivación del proyecto.....	13

Capítulo 6. Desarrollo	14
6.1 Interfaz V1.....	14
6.1.1 Test de la GUI V1	17
6.1.2 Conclusiones de la interfaz.....	27
6.2 Interfaz V2.....	27
6.2.1 Elementos Interfaz V2.....	28
6.2.2 Cambios del funcionamiento de la interfaz V2	33
6.2.3 Cambios en el código de la Interfaz V2	34
6.2.4 Testeo de la interfaz V2	35
Capítulo 7. Presupuesto.....	45
Capítulo 8. Conclusiones y líneas futuras	46
8.1 Propuesta de Trabajo Futuro	46
Capítulo 9. Bibliografía.....	49

Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama medida de la respuesta del tubo (sin elemento).....	2
Figura 2 Diagrama de la medida del elemento (1 salida, 3 transductores).....	2
Figura 3 Diagrama de la medida del elemento (2 salidas, 4 transductores)	3
Figura 4 Diagrama de Bloques de las Tareas del TFM	7
Figura 5 Diagrama de Gantt del TFM	8
Figura 6 Funcionamiento del sistema de procesamiento	11
Figura 7 Diferencias entre el procesado de los diferentes tipos de ensayo.....	12
Figura 8 Creación de la Interfaz V1 en herramienta GUIDE	15
Figura 9 Mensaje de bienvenida Interfaz V1.....	16
Figura 10 Mensaje confirmar salida	17
Figura 11 Pantalla de selección del path del Tubo	18
Figura 12 Pantalla de selección del path del ensayo en Directo.....	19
Figura 13 Pantalla de la Interfaz preparada para empezar el procesado.....	19
Figura 14 Primer gráfico y primera cuestión.....	20
Figura 15 Segunda cuestión.....	21
Figura 16 Segundo gráfico y tercera cuestión	21
Figura 17 Introducir factor corrector si es necesario	22
Figura 18 Introducir diámetro de entrada	23
Figura 19 Cuestión "¿Desea continuar?"	23
Figura 20 Temperatura Ambiente.....	24
Figura 21 Última gráfica sin desplazamiento de la gráfica	25
Figura 22 Carpeta de resultados del procesado	25

Figura 23 Aplicar factor de desplazamiento.....	26
Figura 24 Resultados con la onda desplazada	27
Figura 25 Desarrollo de la Interfaz V2 en herramienta GUIDE.....	28
Figura 26 Ventana principal Interfaz V2.....	35
Figura 27 Ventana de características (3 transductores)	36
Figura 28 Ventana de características (4 transductores)	36
Figura 29 Ventana principal interfaz con las características introducidas (3 transductores)37	
Figura 30 Ventana principal interfaz con las características introducidas (4 transductores)37	
Figura 31 Ventana de procesado, con el 1r gráfico	38
Figura 32 Cuestión 1 de la Interfaz V2.....	38
Figura 33 Cuestión 2 de la Interfaz V2.....	39
Figura 34 Cuestión 3 de la Interfaz V2.....	39
Figura 35 Cuestión 4 de la Interfaz V2.....	39
Figura 36 Cuestión 5 de la Interfaz V2.....	40
Figura 37 Cuestión 6 de la Interfaz V2.....	40
Figura 38 Cuestión 7 de la Interfaz V2.....	41
Figura 40 Ventana de procesado tras finalizar el procesado	41
Figura 39 Decisión tras finalizar el procesado en la Interfaz V2.....	42
Figura 41 Gráficas Procesado con Interfaz V2 (1)	42
Figura 42 Gráficas Procesado con Interfaz V2 (2)	43
Figura 43 Gráficas Procesado con Interfaz V2 (3)	43
Figura 44 Tarjeta de adquisición NI 9229	47

Índice de Tablas

Tabla 1 Elementos gráficos de la Interfaz V1	15
Tabla 2 Elementos Ventana principal Interfaz V2	29
Tabla 3 Elementos Ventana características Interfaz V2	31
Tabla 4 Elementos Ventana procesado Interfaz V2	32
Tabla 5 Presupuesto del Trabajo Final de Máster	45

Capítulo 1. Introducción

El desarrollo de la tecnología ha tenido desde siempre una serie de objetivos muy claros, entre los que podemos destacar dos de ellos: la realización de acciones y probar teorías que antes solo se podían teorizar y/o imaginar; y facilitar, optimizar o mejorar la forma de conseguir y realizar diversas acciones ya conocidas.

Este segundo objetivo es el que ha motivado este Trabajo Final de Máster, el cual tiene como meta facilitar la tarea del técnico encargado del procesado de los datos de los ensayos realizados, para medir la respuesta de los silenciadores desarrollados en el departamento de motores térmicos de la UPV.

Este sistema de medida consta de cuatro posibles casos para la toma de datos de un silenciador. Pudiendo tener o no el silenciador conectado, constar de 3 o 4 transductores o realizar la medida en sentido directo o en sentido directo e inverso, como procederemos a explicar a continuación.

1.1 Ensayo del Tubo

Para poder realizar el procesado del elemento o silenciador, primero hay que tener almacenada la respuesta del tubo que se utiliza para introducir la señal (esta señal es aire comprimido liberado por una válvula controlada mecánicamente que libera la cantidad deseada de aire). Esta señal recorre un tubo de 20 metros, con un transductor (número 1 en la Figura 1) que mide la señal después de que este haya recorrido una distancia suficiente para que la respuesta sea estable, y otro transductor (número 2 en la Figura 1) que mide la respuesta en la salida del tubo.



Figura 1 Diagrama medida de la respuesta del tubo (sin elemento)

1.2 Ensayo 3 transductores

La Figura 2 muestra cómo se realizaría el ensayo para un elemento silenciador de una sola salida, en el que se pondría éste elemento justo detrás del transductor 2 (recordamos que es la salida del tubo) y en la salida de este se colocaría el tercer transductor. Si el elemento no fuera simétrico internamente (si la respuesta en la salida de introducir la señal por la entrada fuera diferente a la de introducir la señal por la salida y medir la respuesta en la entrada), se realizaría el mismo ensayo girando el elemento, por lo que tendríamos un ensayo con dos medidas, una en sentido directo (introducir por la entrada) y otra en sentido inverso.

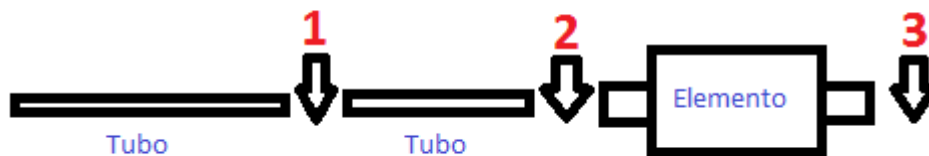


Figura 2 Diagrama de la medida del elemento (1 salida, 3 transductores)

1.3 Ensayo cuatro transductores

Los dos últimos casos se refieren a cuando se realiza un ensayo con un silenciador con dos salidas, ya que en este caso se requieren 4 transductores (otro transductor para la salida extra de este silenciador con respecto al elemento con 1 salida). En este caso se realizan dos medidas para el sentido inverso, ya que se tienen dos salidas, y si el silenciador no es simétrico internamente, ni las dos salidas tienen el mismo diámetro, se deben realizar 1 ensayo para el sentido directo y 2 ensayos para el sentido inverso, uno por cada salida.

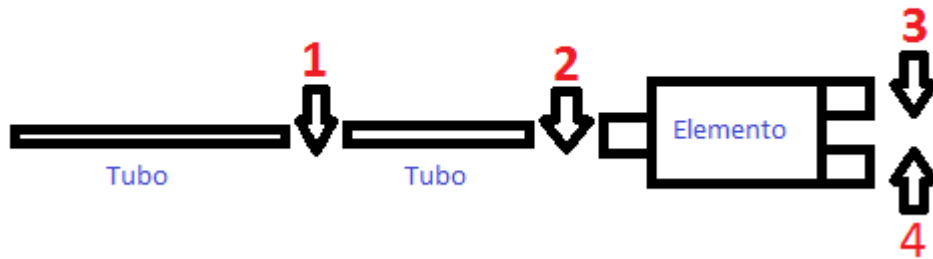


Figura 3 Diagrama de la medida del elemento (2 salidas, 4 transductores)

1.4 Proceso de medición e importancia de las medidas

Para poder realizar las medidas se necesita un sistema en el laboratorio con una válvula que permita la salida de aire durante el tiempo requerido y expulse la cantidad deseada de este, un tubo lo suficientemente largo y ancho para estabilizar la señal de aire que expulsa la válvula y una serie de transductores que se conectan a una tarjeta de adquisición para poder recoger los datos y pasárselos al sistema de procesamiento. En este caso, la tarjeta de adquisición guarda los datos con un formato de la plataforma Pulse [1].

El proceso consiste en generar la señal de aire con la válvula, estabilizar la señal con el tubo y recoger las medidas con los transductores. El ensayo corresponde con una serie de medidas, 10 medidas si corresponde al ensayo del tubo solo, y 5 medidas para el ensayo del elemento en cada dirección.

La realización de estas medidas es importante ya que junto con el procesado se puede determinar si el prototipo realizado es óptimo al ver la respuesta que ha tenido, si los cálculos realizados para el desarrollo del silenciador han sido correctos, ya que si la respuesta no ha sido satisfactoria podría ser por un defecto en la fabricación o, lo cual traería más problemas, los cálculos no fueron correctos, por lo que se debería rediseñar el silenciador. Al fin y al cabo la función del sistema que se desea realizar es para procesar los datos del silenciador, datos que se usarán para validar si el silenciador realiza correctamente su función y ver si los resultados teóricos de un experimento corresponden con los resultados reales al medir la respuesta del prototipo.

La forma de facilitar el trabajo al técnico para procesar los datos recogidos por estos ensayos se explicará en los siguientes capítulos de la memoria. Para ello nos serviremos de la herramienta de MATLAB y su apartado de GUIDE, así como también del foro de mathworks [2], que proporciona soluciones a muchas de las preguntas que puedan llegar a surgir sobre el funcionamiento de Matlab, y también una guía sobre el desarrollo de una GUI en Matlab [3].

Capítulo 2. Objetivos

Este Trabajo final de Máster tiene como objetivo el desarrollo de una interfaz gráfica y optimización de un sistema para el procesamiento de las señales adquiridas en un banco de impulsos, referente a la respuesta de sistemas de silenciadores para motores térmicos.

Para conseguir dicho objetivo general nos hemos puesto varios hitos que debemos ir cumpliendo:

1. Estudio del sistema actual de procesamiento de datos del banco de impulsos para la posterior optimización e inclusión en el conjunto con la interfaz.
2. Estudio bibliográfico de las posibilidades y potencial de utilizar el GUI de Matlab para la creación de la interfaz.
3. Creación de la interfaz gráfica en MatLab que evite la rigidez de los actuales scripts manuales con multitud de ventanas emergentes.

2.1 Objetivos personales

Durante la realización de este trabajo final de máster me he planteado como objetivo personal aumentar mi conocimiento en el ámbito del desarrollo en Matlab, así como aprender nuevas funcionalidades de este software, como pueden ser la creación de interfaces gráficas para facilitar el uso de los diferentes programas que se desarrollen.

Capítulo 3. Metodología y gestión del trabajo

3.1 Metodología de trabajo

En este apartado de la memoria se explica la organización con la que se ha abordado la realización del trabajo.

Para poder empezar con el desarrollo de las mejoras para el sistema de procesamiento de datos antes debemos realizar un estudio del sistema actual, identificar las carencias del sistema existente para poder sufragarlas con el nuevo sistema.

Vistas las carencias, se pasó al estudio de las soluciones que se adecuaban a nuestras necesidades y a nuestros recursos.

Elegido ya el método para la realización del nuevo sistema, se pasó a realizar una documentación de los métodos y de las características de las interfaces gráficas de Matlab (a partir de ahora GUI de Matlab) para poder así aprovechar todo el potencial y los recursos que nos proporciona esta excelente herramienta.

Una vez realizada la documentación y el aprendizaje pertinentes, se pasó al diseño de la interfaz, así como la modificación y optimización del sistema de procesado para adecuar el funcionamiento correctamente a la nueva interfaz.

El objetivo principal de desarrollar el trabajo con este método es el correcto aprendizaje de funcionamiento del sistema para poder adecuar la GUI del Matlab de la forma más eficiente y sencilla posible.

3.2 Gestión temporal del trabajo

En este apartado se muestra la forma en la que se ha organizado el desarrollo de este trabajo final de máster, para así obtener la máxima eficiencia posible y tener previsión para que los posibles inconvenientes que surjan no provoquen un retraso sustancial en la finalización de este

3.2.1 *División en tareas*

El primer punto importante es la segmentación, identificación y secuenciación de las diferentes tareas cuya consecución permitirá una correcta finalización del proyecto.

Por ello se ha dividido el TFM en estas tareas:

- ❖ Estudio del sistema de procesado con el que se está trabajando actualmente.
- ❖ Revisión de las posibles soluciones para adaptarlo a una mayor funcionalidad.
- ❖ Aprendizaje de las herramientas usadas para la mejora (GUIDE de Matlab).
- ❖ Interfaz V1
 - Desarrollo de la interfaz V1 y optimización del código para adecuarlo a la interfaz.
 - Testeo de la Interfaz V1
 - Revisión de la Interfaz con los tutores
- ❖ Interfaz V2
 - Desarrollo de la interfaz V2 y optimización del código para adecuarlo a la interfaz.
 - Testeo de la Interfaz V2
 - Revisión de la Interfaz con los tutores
- ❖ Redacción de la Memoria del Trabajo Final de Máster.

Se podrían desarrollar más versiones, pero al tener un tiempo limitado y al no generar una mejora significativa, se ha estimado que con dos versiones será suficiente, siempre y cuando la primera no satisfaga todas las necesidades.

3.2.2 *Diagrama de flujo*

Con la división de tareas ya realizada, el siguiente paso es ordenarlas para así tener una organización de cómo se ha desarrollado este TFM.

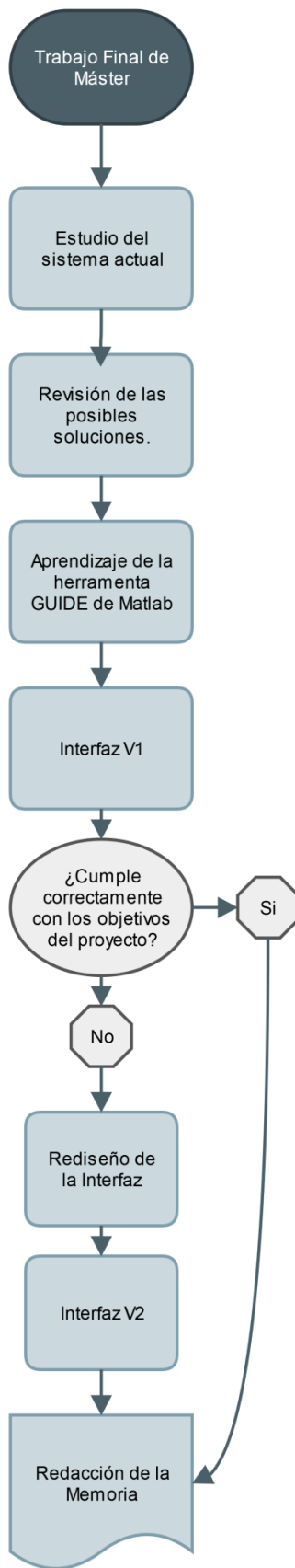


Figura 4 Diagrama de Bloques de las Tareas del TFM

3.2.3 Diagrama de Gantt

Para poder realizar una correcta planificación del TFM, se ha optado por la realización de un Diagrama de Gantt a partir de la división en tareas y del diagrama de flujo. Para ello se ha estimado la carga de trabajo de las diversas tareas, para así poder lograr una mejor organización.

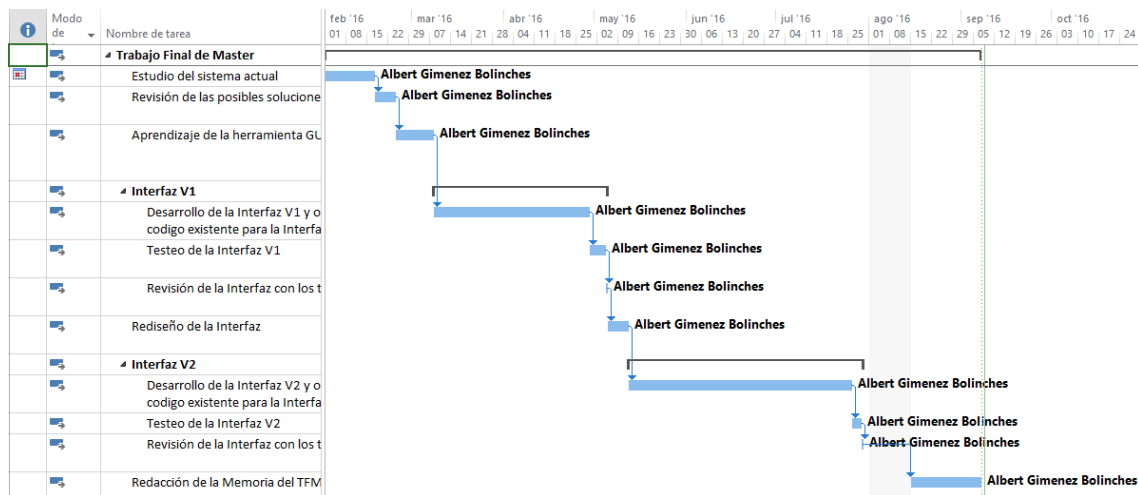


Figura 5 Diagrama de Gantt del TFM

Capítulo 4. Herramienta de trabajo

Para el desarrollo del trabajo hemos utilizado un PC con el software Matlab (versión 2014a) y hemos usado las funcionalidades del GUI para el desarrollo de la interfaz. En esta integraremos el software de procesamiento de datos obtenidos en los transductores del banco de impulsos, que se utiliza para medir la respuesta de los silenciadores de motor diseñados en el departamento.

4.1 PC

El PC con el que se ha trabajado es un MSI modelo CX61 2PC que cuenta con un procesador Intel Core I7 de cuarta generación, una GPU NVIDIA GeForce 820M (2 GB de memoria de la GPU) y 8 GB de memoria RAM.

4.2 Matlab

La plataforma Matlab (en nuestro caso la versión 2014a) de sobra conocida por todos los ingenieros y estudiantes de telecomunicaciones, se utiliza en infinidad de sistemas y productos, ya sea desde sistemas de seguridad activa de automóviles como en redes móviles LTE, procesamiento de señales, de imágenes y un largo etcétera. El lenguaje de Matlab está basado en matrices, que es la forma más natural de expresar las matemáticas de computación y consta con una gran variedad de toolboxes (muchas de ellas integradas, y otras que hay que adquirir de forma separada) que permiten empezar a trabajar de inmediato en lo que se proponga. Otra de las grandes ventajas de Matlab es una vasta documentación escrita por ingenieros y científicos que permite mantener la productividad, aunque no se sea un completo experto en la materia y un soporte técnico en tiempo real que responde a las cuestiones con rapidez, así como también la experiencia de la comunidad MathWorks, en la que seguro que están muchas de las respuestas a las posibles cuestiones que vayan surgiendo.

4.2.1 GUI Matlab

Las GUI permiten un control sencillo usando el ratón de las aplicaciones de software, lo cual elimina la necesidad de aprender un lenguaje y escribir los comandos para ejecutar una aplicación. En las GUI se pueden incluir menús, barras de herramientas, botones y controles deslizantes que permiten al diseñador facilitar el uso de la aplicación al usuario final.

GUIDE (entorno de desarrollo de GUI) proporciona las herramientas necesarias para el diseño de interfaces de usuario para aplicaciones personalizadas. Primero se diseña

gráficamente la forma de la interfaz, y entonces GUIDE genera automáticamente el código Matlab para construir la interfaz, el cual se puede modificar después para que la interfaz se comporte de la forma deseada. Por otra parte, si así se desea, se puede diseñar la interfaz programando un código para que defina las propiedades y los comportamientos de los componentes de la interfaz. De esta forma se ejerce un mayor control sobre el diseño y el desarrollo.

Capítulo 5. Motivación del proyecto

Antes de ver que motivó al proyecto se tiene que comprender el sistema actual de procesamiento, para así ver las carencias que tiene y si es necesario el trabajo a realizar.

5.1 Sistema de procesamiento existente

El sistema actual de procesamiento de datos sirve para, una vez recogida las respuestas del elemento y del tubo por el que se mueve la señal (que en este caso es un impulso de aire) se procesen de manera conjunta para poder ver si la respuesta de dicho elemento (que puede ser un silenciador de una o dos salidas, y que puede ser simétrico o no) es la que se esperaba y si se adecua a nuestras pretensiones y necesidades. Para esto tenemos una serie de scripts para realizar dicho procesamiento guardar los resultados y presentarlos por la pantalla.

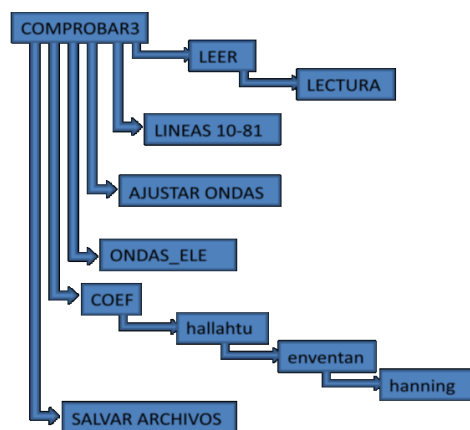


Figura 6 Funcionamiento del sistema de procesamiento

En la imagen anterior vemos la forma en las que funciona el sistema de procesamiento, aunque depende del modelo de silenciador que se quiera procesar se ejecutan unos scripts u otros, entre los que hay que destacar los 4 scripts básicos que se ejecutan para cada uno de los 4 tipos de medidas:

- PROCESA3 → Ensayo con 3 transductores en sentido directo
- PROCESA3_2D → Ensayo con 3 transductores en sentido directo e inverso
- PROCESA4 → Ensayo con 4 transductores en sentido directo
- PROCESA4_2D → Ensayo con 4 transductores en sentido directo e inverso

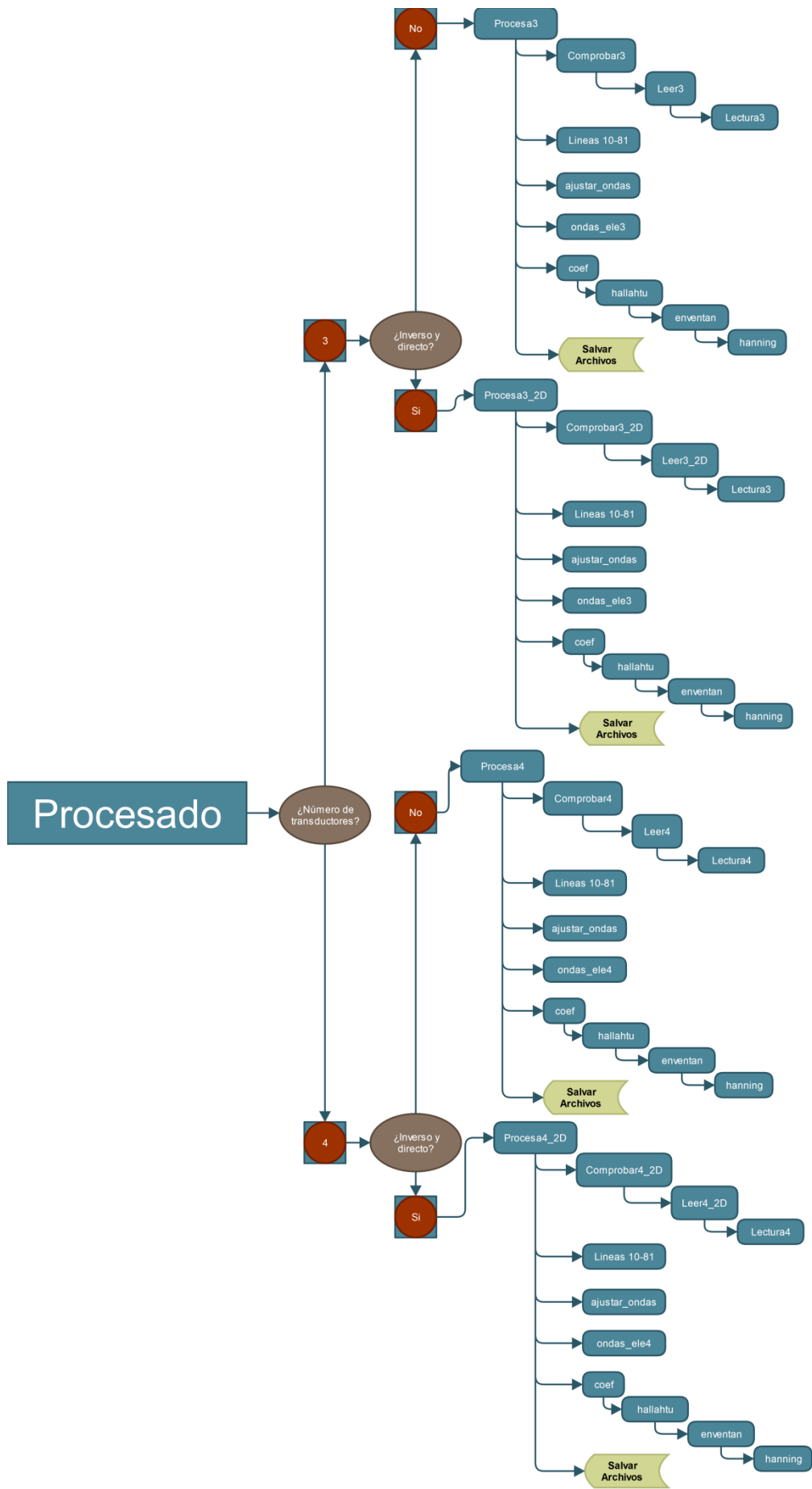


Figura 7 Diferencias entre el procesado de los diferentes tipos de ensayo

Vemos las funciones que realiza cada script dentro del sistema de procesamiento:

- *ProcesaX**: Es el programa raíz que debemos ejecutar y que llama al resto. Antes de ejecutar en el programa “LeerX*” debemos haber establecido el directorio correctamente. Salva los resultados al final de la ejecución
- *ComprobarX**: Se encarga de ejecutar el programa “Leer Se encarga de eliminar las reflexiones de las ondas.
- *LEERX* Y LECTURAX**: Cargan los archivos de tubo y elementos correspondientes
- *Líneas 10-81*: Correspondientes al script raíz. Busca las dos ondas generadas más parecidas de los ensayos de tubo y elemento, y realiza las comprobaciones pertinentes.
- *AJUSTAR ONDAS*: Superpone la onda incidente del ensayo tubo con la compuesta del ensayo elemento.
- *ONDAS-ELEX**: Calcula las ondas generada, incidente, compuesta, reflejada y transmitida, y genera la figura de matlab con incidente, reflejada y transmitida y la guarda.
- *COEF*: Calcula los coeficientes de transmisión (T), reflexión (R) y la pérdida de transmisión (TL)
- *Hallahtu*: En la Fila8 se puede ajustar un parámetro de filtrado, ($h_v = \text{enventan}(h, \text{ind}, 0.4)$). Si no hay ningún número se toma por defecto un 0.2 (20% de filtrado). Se puede seleccionar entre 0.1 y 0.9. Comprobar el filtrado con el rizado de las señales en las gráficas y que se superpongan, y que la TL empieza en torno a “0”.

*La *X* cambia con respecto al programa que vayas a ejecutar por el tipo de ensayo que se desea procesar.

5.2 Motivación del proyecto

Con el estudio del sistema de procesamiento actual se han identificado una serie de problemas, el mayor de ellos es la rigidez y la tosquedad de este, ya que necesita una modificación de forma manual de los scripts cada vez que se quiera cambiar de ensayo a procesar y se debe ejecutar un script dependiendo del tipo de ensayo que se realizó. Además de eso se generan muchas ventanas emergentes de figuras y de cuestiones que debe responder el técnico que está realizando dicho procesamiento. Por lo tanto, el uso del sistema no es muy intuitivo debido a los pasos previos que se deben realizar al procesado, y además también es muy farragoso realizar el procesado debido a la gran cantidad de opciones y representaciones que muestra en ventanas emergentes.

Estas carencias motivan la realización del proyecto, para hacer más funcional el sistema de procesamiento, facilitando su uso a los técnicos que lo usarán haciendo que no se deban aprender que script debe modificar para introducir el path o que programa debe ejecutar dependiendo del ensayo. También se tiene como objetivo reducir el número de ventanas emergentes con cuestiones que debe responder el técnico.

Capítulo 6. Desarrollo

A continuación, vamos a mostrar los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto. Comenzando por la primera interfaz desarrollada, llamada V1, pasando a continuación a explicar una segunda versión, V2, menos engorrosa aún, al eliminar los mensajes emergentes. También se realizará un breve testeo de la interfaz para comprobar que sufragan las deficiencias existentes en el sistema anterior.

6.1 Interfaz V1

Una vez identificados los problemas del sistema antiguo se procede con el desarrollo de un nuevo procedimiento, que sea menos rudo y facilite la interacción con el usuario final.

Para lograr esto haremos uso de la herramienta GUIDE de Matlab para crear una interfaz gráfica que nos permitirá tener un sistema más intuitivo [4]. Empezaremos por crear los elementos que formaran nuestra GUI de forma gráfica, para posteriormente modificar el código de cada parte de la interfaz y de esta forma conseguir que realicen las funciones deseadas [5] [6].

En la imagen podemos ver la primera versión de la interfaz finalizada con la herramienta GUIDE.

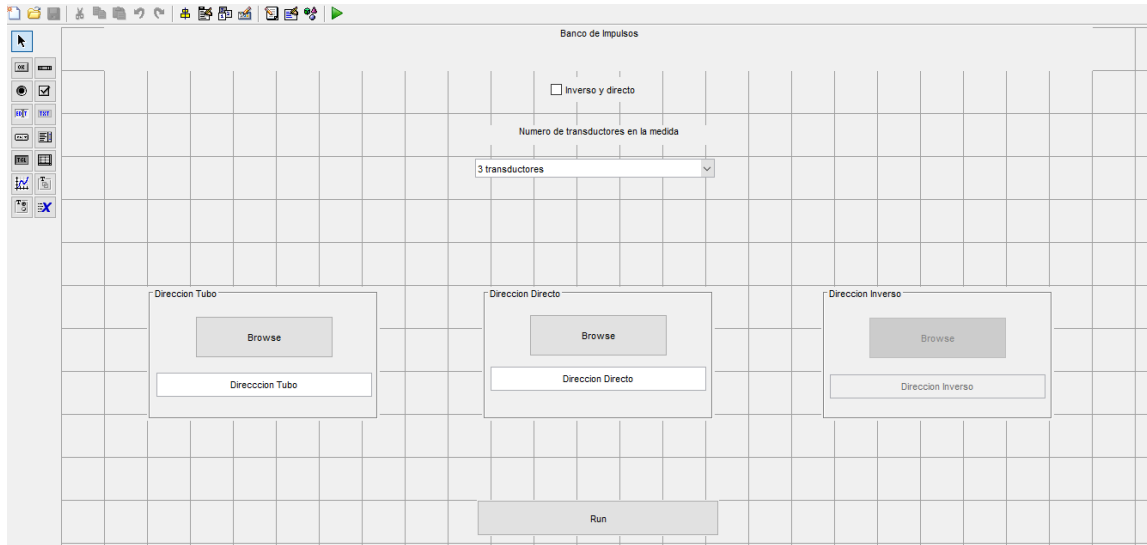
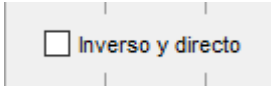






Figura 8 Creación de la Interfaz VI en herramienta GUIDE

En la siguiente tabla podemos ver las funciones que realizan los diferentes elementos de la GUI:

Tabla 1 Elementos gráficos de la Interfaz V1

Elemento	Función
	<p>Realiza la elección entre si es una simulación en un sentido (solo sentido directo) o en dos sentidos (inverso y directo). Cuando está activo significa que es una simulación de dos direcciones.</p>
	<p>Este Pop Menú sirve para elegir si el ensayo era con 3 transductores o con 4.</p>
	<p>Esta sección consta de 2 elementos, un botón con el que poder elegir el path (hay uno para el tubo, uno para el ensayo en directo y otro para el ensayo en inverso, si este fuera necesario). El otro elemento es una barra de texto en el que se muestra la dirección elegida mediante el botón.</p>

	<p>Este es la misma sección que en el apartado anterior, pero vemos que está inhabilitado para poder clicar o seleccionar el texto. Esto se debe a que mientras no se active la opción de inverso y directo, la sección de elegir el path del ensayo en inversa estará deshabilitado [7].</p>
	<p>Mediante este botón se lanzará el procesado de los ensayos cuya dirección se haya seleccionado.</p>

Realizada la interfaz gráfica, el siguiente paso para que dichos elementos cumplan su función es programar el actual código en formato Matlab. Para ello debemos guardar la parte gráfica de la interfaz, y de esta forma la propia herramienta GUIDE nos genera un código base para poder editarlo a nuestra conveniencia. Este código consta una serie de funciones. Una que se ejecuta justo antes de que la interfaz sea visible, que hemos utilizado para inicializar las variables globales que se usarán. Otra parte que se ejecuta justo después de que la interfaz sea visible, que en este caso hemos utilizado para mostrar un mensaje de bienvenida al banco de impulsos:

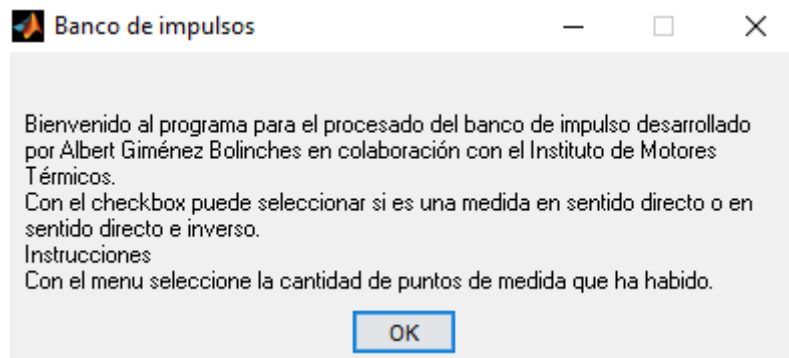


Figura 9 Mensaje de bienvenida Interfaz V1

Las demás funciones son una para cada elemento existente en la interfaz. A continuación, se explica específicamente el ejercicio realizado por cada función (hay algunas funciones de elementos que no tienen respuesta que no se explican, pero cada elemento tiene su función, aunque esta esté vacía):

- *function checkbox_inversodirecto*: Almacena el valor de dicho elemento en una variable global de la interfaz, y aprovechando dicho valor habilita o deshabilita el elemento *browse_inverso* y *dirección_inverso_edit* en función de si está activo o no el checkbox.
- *function browse_tubo*: Lanza una ventana para seleccionar un archivo, y recoge y almacena la dirección y el nombre de dicho archivo. También presenta por el

dirección_tubo_edit la dirección de dicha serie de archivos, que serán los resultados del ensayo del tubo que se usarán en el procesado.

- *function browse_directo* y *function browse_inverso*: Las dos realizan la misma función. Recogen y almacenan, al igual que en *browse_tubo* la dirección y el nombre del archivo que seleccionan, que en este caso servirán para identificar la dirección de los resultados del ensayo directo e inverso respectivamente. También presentan dicho path por *dirección_directo_edit* y *dirección_inverso_edit* las direcciones recogidas por sus respectivas funciones. Para finalizar crean una carpeta en dicha dirección, en la que se guardaran los resultados del procesado. Esta carpeta se llamará “**pathdirecto**\RESULTADOS-**fecha-numero**”, siendo **pathdirecto** la dirección donde están los resultados del ensayo en la dirección directa, **fecha** el día en el que se realiza el procesado y **numero** el número de carpetas de resultados almacenadas en la dirección que se ha seleccionado.
- *function Run*: La función que lanza el procesado leerá el valor del *checkbox_inversodirecto* y del *menú_procesados* para, en función de que ensayo se haya realizado, lanzar un script de procesado u otro.
- *function figure1_CloseRequestFcn*: está función se lanza cuando se intenta cerrar el banco de impulsos, y presenta un mensaje que pide la confirmación de que se desea salir del programa, y así evitar posibles salidas involuntarias.

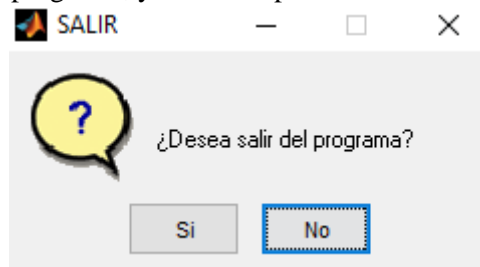


Figura 10 Mensaje confirmar salida

6.1.1 Test de la GUI VI

Desarrollada ya la interfaz, se procede a su ejecución para realizar un testeo final y ver si cumple nuestras expectativas. Se toma como ejemplo el ensayo en sentido directo y 3 transductores (se ha realizado también en los demás, pero las capturas realizadas corresponden al ensayo tomado como ejemplo).

Ejecutamos la GUI y vemos que el mensaje de bienvenida se muestra correctamente, seguimos y realizamos la captura del path del tubo y del path del ensayo en sentido directo.

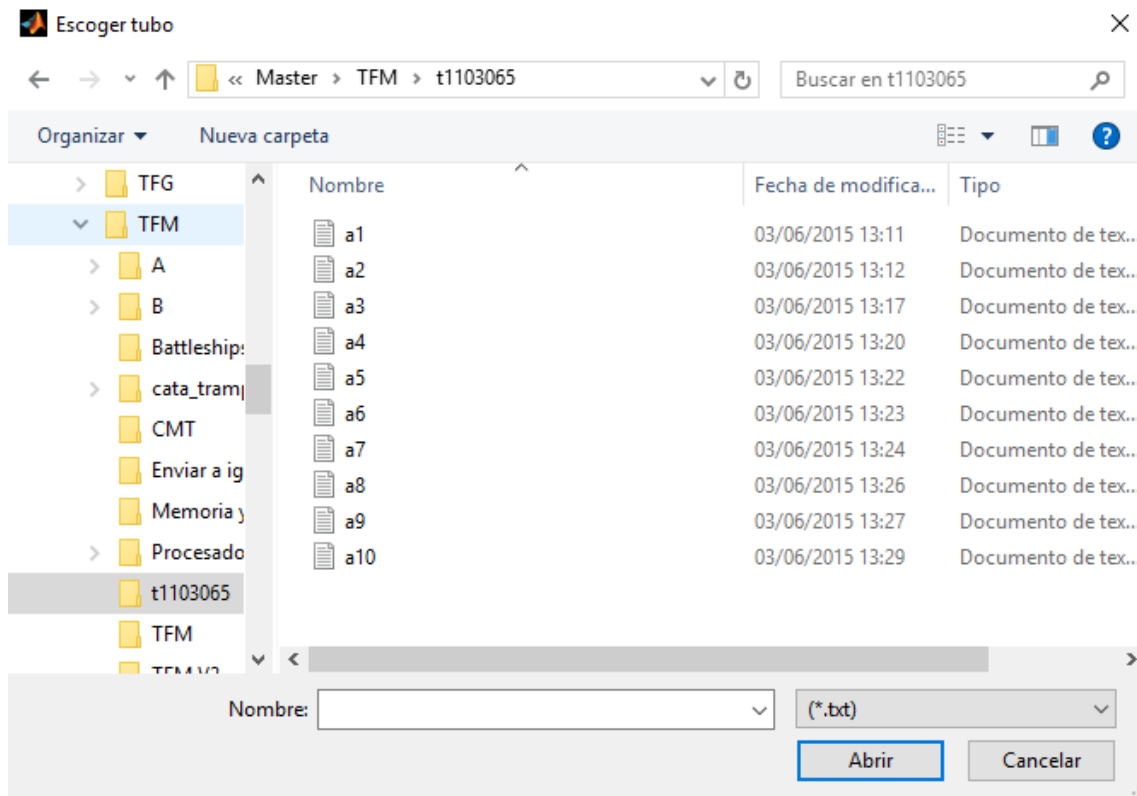


Figura 11 Pantalla de selección del path del Tubo

La figura anterior muestra la pantalla para seleccionar el path del ensayo del tubo, mientras que la siguiente muestra una pantalla muy similar, que corresponde a la selección del path del ensayo del elemento en dirección directa.

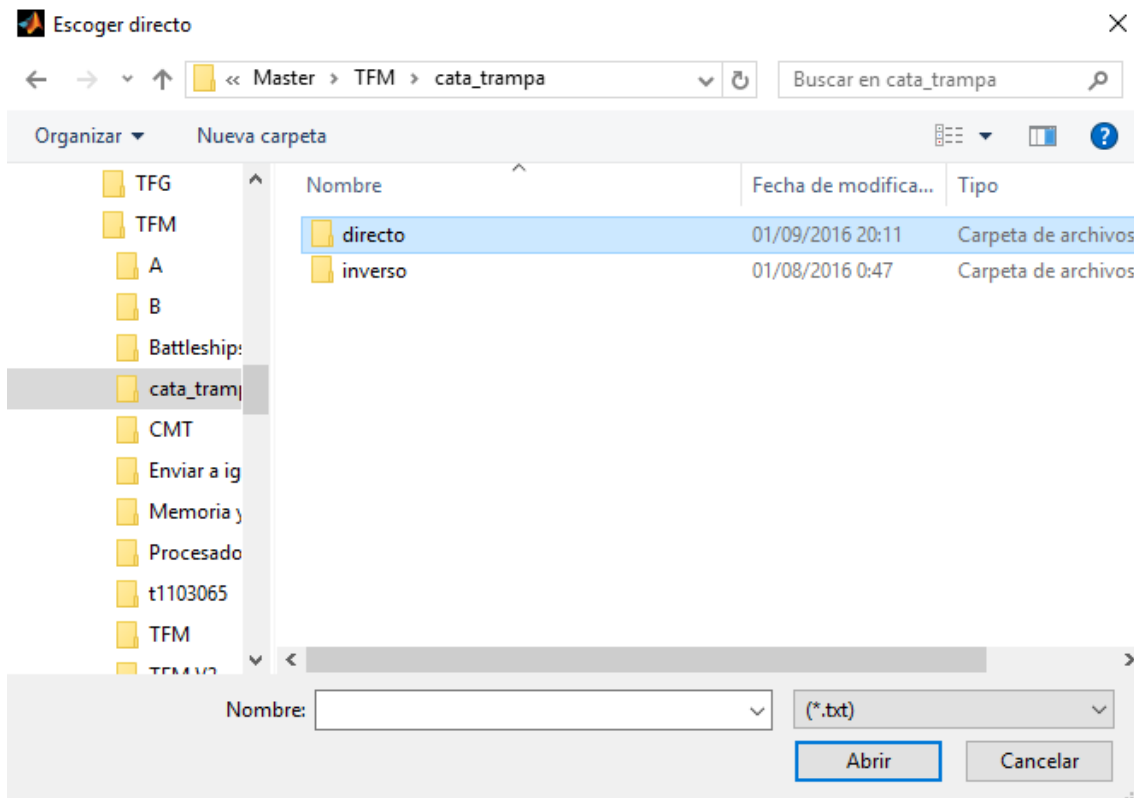


Figura 12 Pantalla de selección del path del ensayo en Directo

Seleccionados ya los paths, la interfaz muestra un aspecto como el de la Figura 13, en la que ya está todo listo para empezar a realizar el procesado de los datos recogidos en los ensayos.

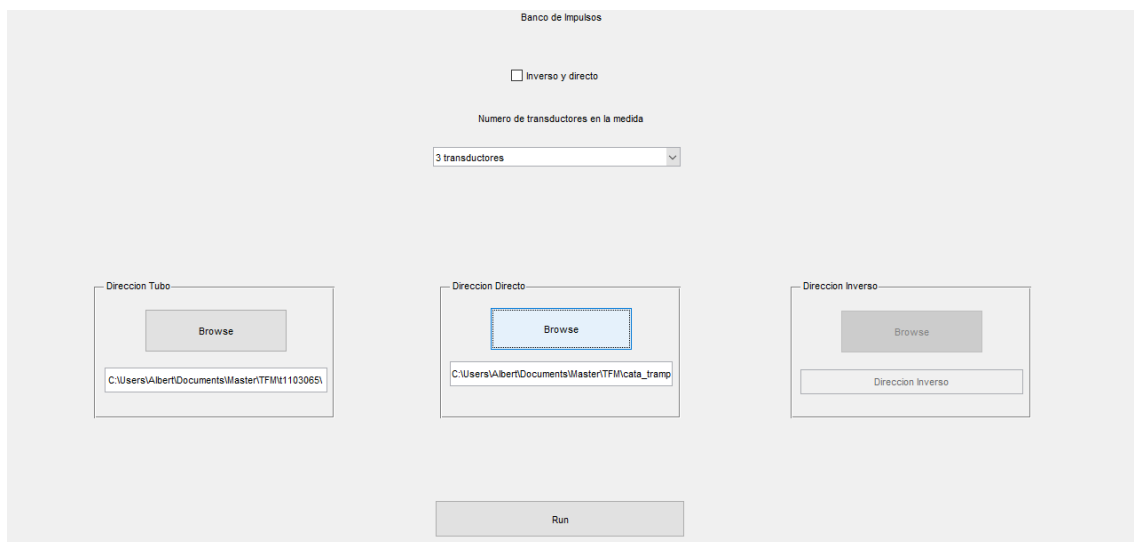


Figura 13 Pantalla de la Interfaz preparada para empezar el procesado

Se pulsa el botón de “Run” y se procede a la ejecución del procesado con los datos de los ensayos recogidos en las direcciones que se han escogido.

Vemos que empieza mostrando gráficos de las ondas capturadas por los transductores, y también realiza una serie de cuestiones a las que el usuario (normalmente el técnico) deberá responder para poder seguir con el procesado.

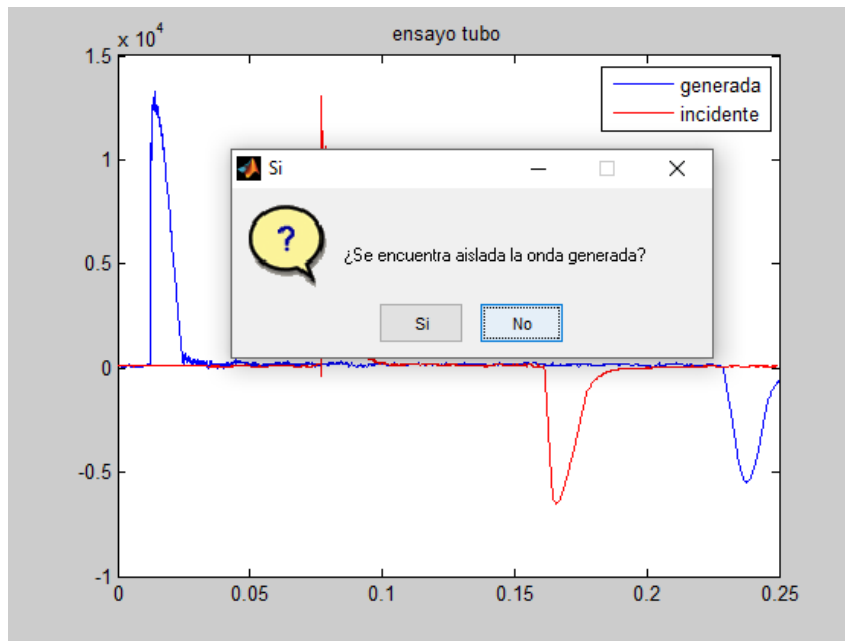


Figura 14 Primer gráfico y primera cuestión

La siguiente figura mostrará cómo, sin haber cambiado de gráfica, vuelve a mostrar una segunda ventana emergente con su correspondiente cuestión.

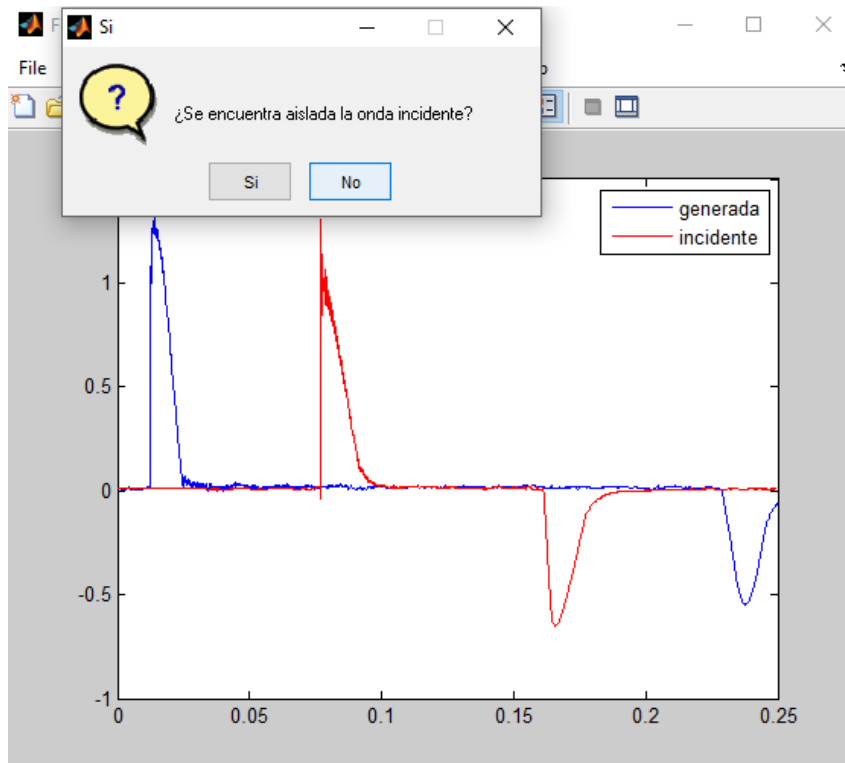


Figura 15 Segunda cuestión

16. Respondiente a la segunda cuestión se mostrará el segundo gráfico, recogido en la Figura

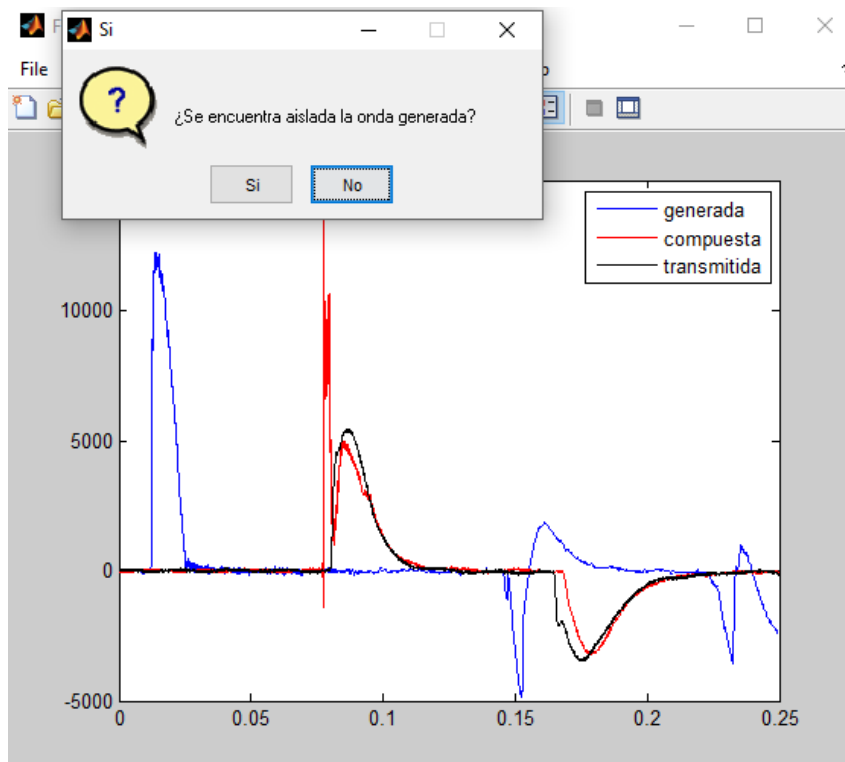


Figura 16 Segundo gráfico y tercera cuestión

Al responder a la cuestión de la figura anterior se generarán 2 cuestiones más con la misma interrogación pero refiriéndose a la onda compuesta y a la onda transmitida.

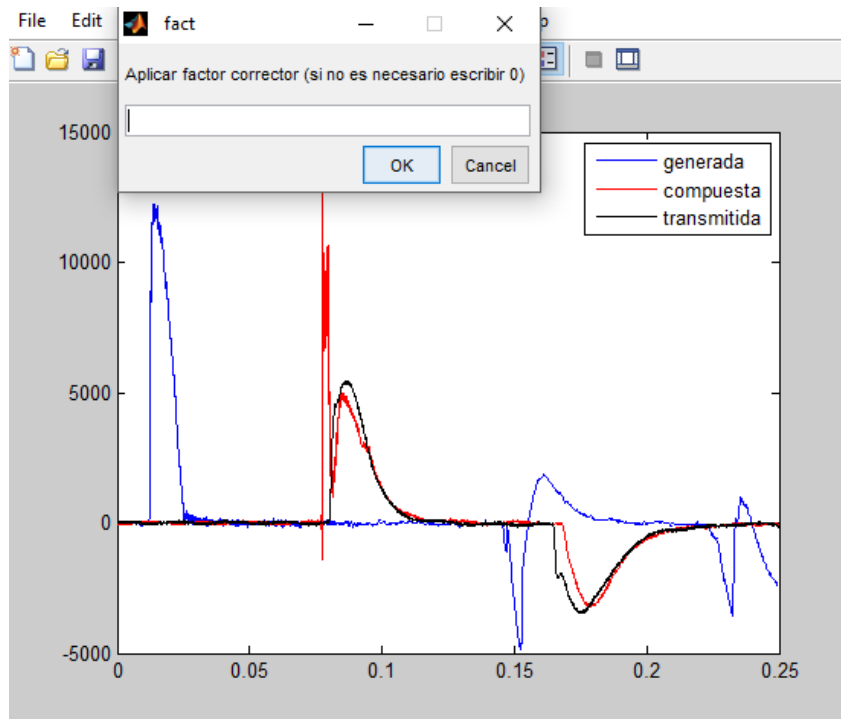


Figura 17 Introducir factor corrector si es necesario

Seguidamente el programa pregunta al usuario si desea aplicar un factor corrector a dichas ondas para que estén aisladas (Figura 17).

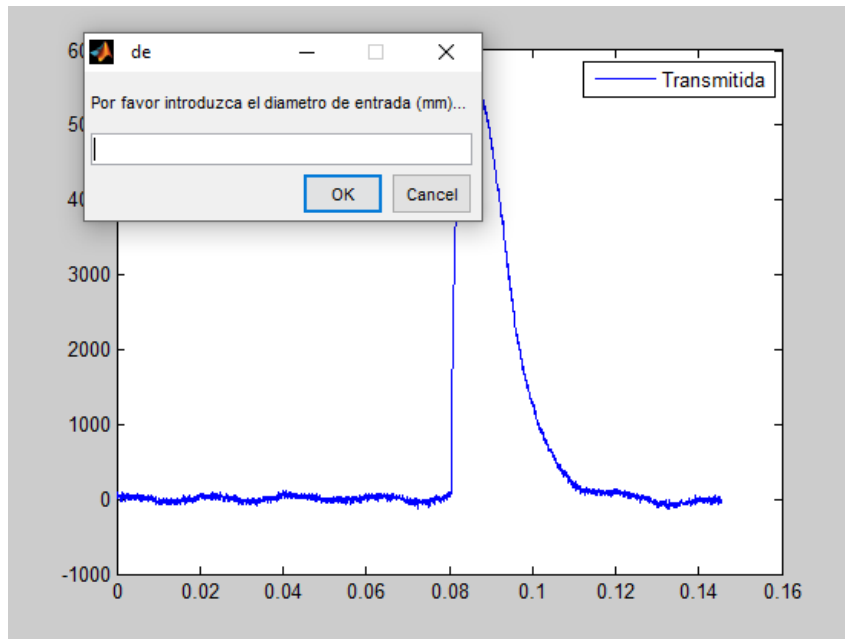


Figura 18 Introducir diámetro de entrada

Tras eso el sistema presenta una serie de gráficos (uno para la onda generada, otro para la compuesta y por último otro para la transmitida) con las ondas tras aplicar dicho factor y vuelve a realizar una petición, en este caso, el diámetro de entrada y de salida del silenciador que se ha utilizado en el ensayo.

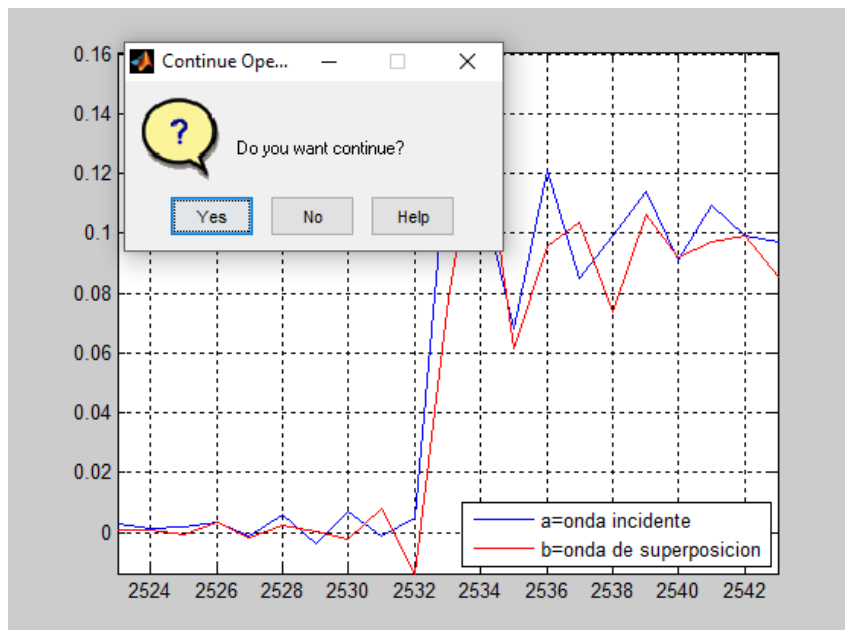


Figura 19 Cuestión "¿Desea continuar?"

Tras esto, el programa pide que realicemos una elección, si desea continuar con el procesado con las ondas conforme están o si, por el contrario, no se desea continuar con estas ondas.

Si se responde afirmativamente a la cuestión, el sistema realiza las últimas acciones del procesado, pide que se introduzca la temperatura ambiente durante la realización del ensayo, y finaliza el procesado con la última gráfica y salvando los datos de los resultados del procesado en la carpeta de resultados (que se genera dentro de la carpeta donde se encuentran los resultados del ensayo) para el posterior análisis.

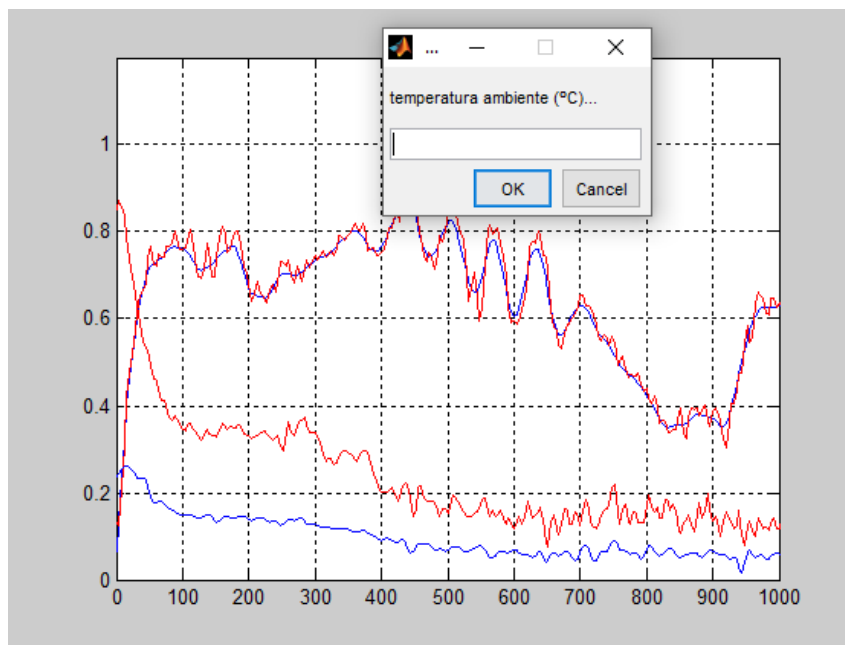


Figura 20 Temperatura Ambiente

En la figura anterior se ilustra cómo antes de poder finalizar el procesado, el sistema requiere de una última intervención del usuario, para introducir la temperatura ambiente durante el ensayo.

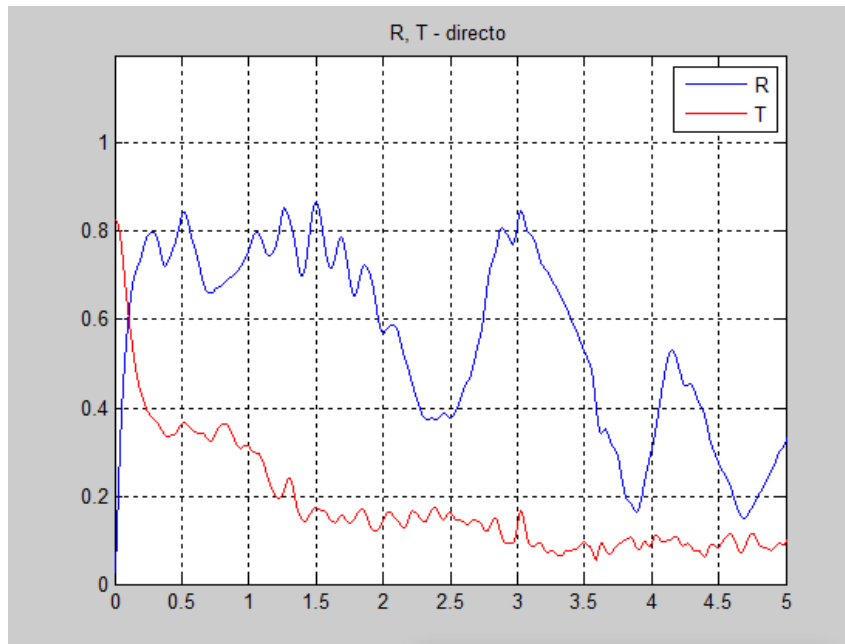


Figura 21 Última gráfica sin desplazamiento de la gráfica

Acabado el procesado con la última gráfica mostrada (Figura 21), se procede a comprobar si efectivamente los datos resultantes del procesado se han almacenado en la carpeta correspondiente.

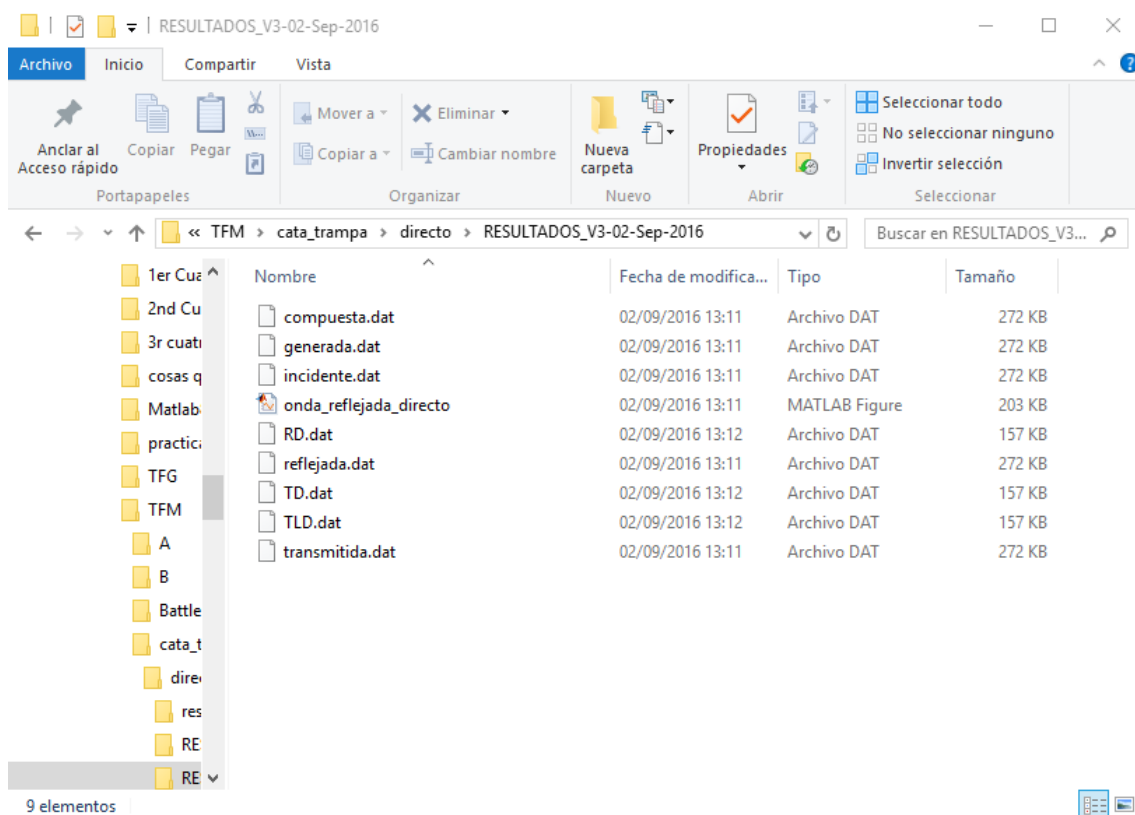


Figura 22 Carpeta de resultados del procesado

Se puede probar cómo, efectivamente, los datos han sido almacenados en la carpeta de resultados.

Si por el contrario, se hubiera respondido que no a la cuestión (Figura 19), el sistema hubiera realizado una petición de un factor de desplazamiento para la onda.

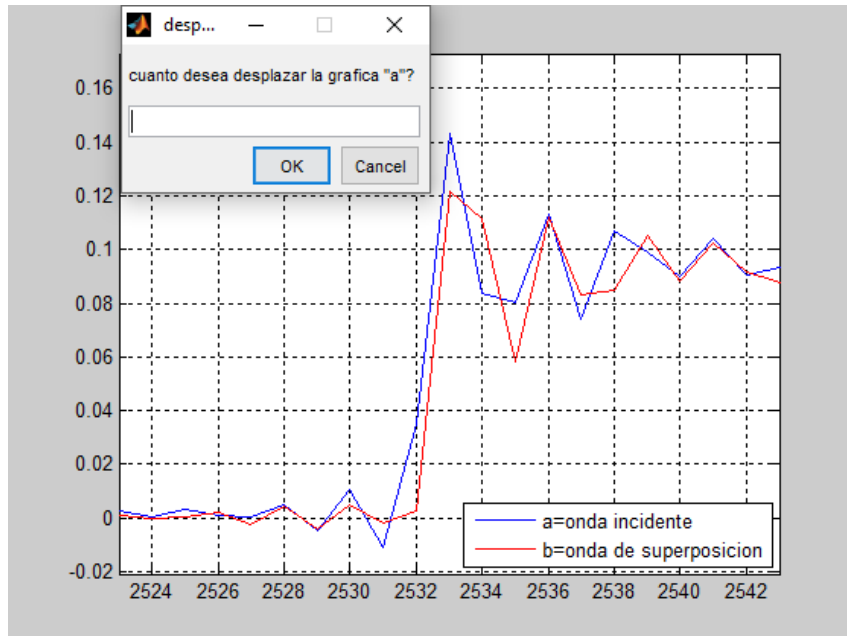


Figura 23 Aplicar factor de desplazamiento

Después de introducir el factor de desplazamiento (Figura 23) el sistema hubiera vuelto a repetir la cuestión de la Figura 19. Este bucle se puede repetir 2 veces más, y después de la tercera vez que se repite dicha cuestión, o de que se desee continuar con la onda desplazada satisfactoriamente, se finaliza el procesado con las mismas acciones, pero con la onda desplazada y se salvan los resultados de la misma forma (Figura 22).

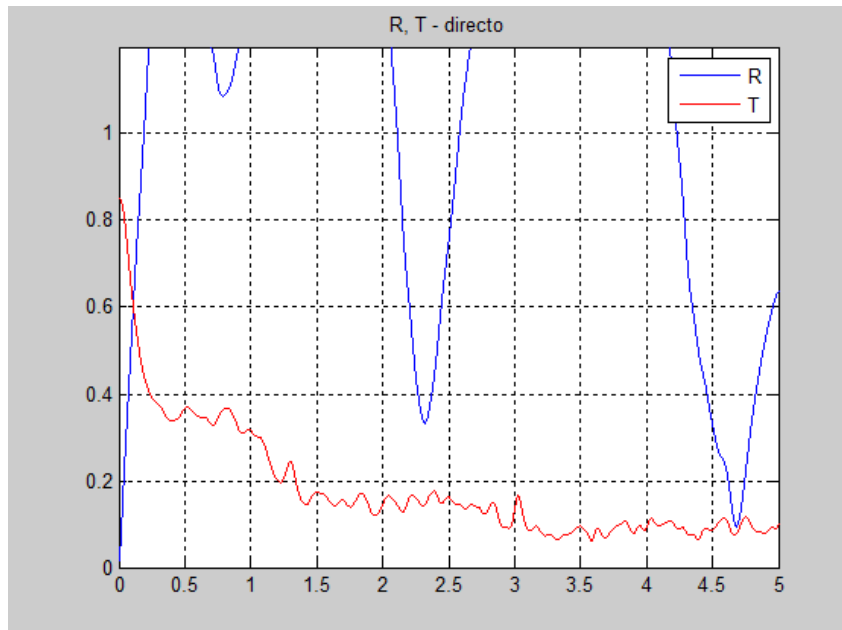


Figura 24 Resultados con la onda desplazada

Se puede comprobar como la gráfica resultante tras el desplazamiento difiere de la que se genera si este no se produce (Figura 21).

6.1.2 Conclusiones de la interfaz

Se ha visto que el sistema funciona correctamente, por lo que el objetivo de tener un sistema con una interfaz para evitar la problemática que suponía tener que modificar cada vez los scripts está cumplido. Ahora bien, hay problemas que persisten en esta interfaz, y el mayor de ellos es que, a pesar de haber modificado los scripts para que se adecuen a la interfaz, este sistema sigue teniendo demasiadas ventanas emergentes, por lo que sigue siendo engorroso de utilizar.

Para solucionar este problema, se propone una interfaz alternativa, sin mensajes emergentes durante el procesado, que se explicará a continuación.

6.2 Interfaz V2

Como se ha visto, la primera interfaz diseñada no resolvía todos los problemas del sistema, por lo que se propone un rediseño muy amplio de esta, para así suprimir en la mayor medida posible las molestias que pueda generar la GUI V1 al usuario, como son las ventanas emergentes para cada gráfico y las ventanas con cuestiones que impiden que se puedan ver los gráficos anteriores hasta que se hayan respondido. Para cambiar esto se ha cambiado la forma de presentar los gráficos y las cuestiones, utilizando para ello elementos propios de la interfaz, de la misma forma que para reducir las cuestiones, se ha rediseñado la interfaz para que no sea posible ejecutar el procesado hasta que se hayan rellenado una serie de campos con las características del silenciador, y evitar de esta forma que el sistema las pida durante el procesado.

6.2.1 Elementos Interfaz V2

La interfaz ha sufrido un rediseño, en el que se han incluido nuevos elementos que permitirán integrar las funcionalidades que se desean en la interfaz.

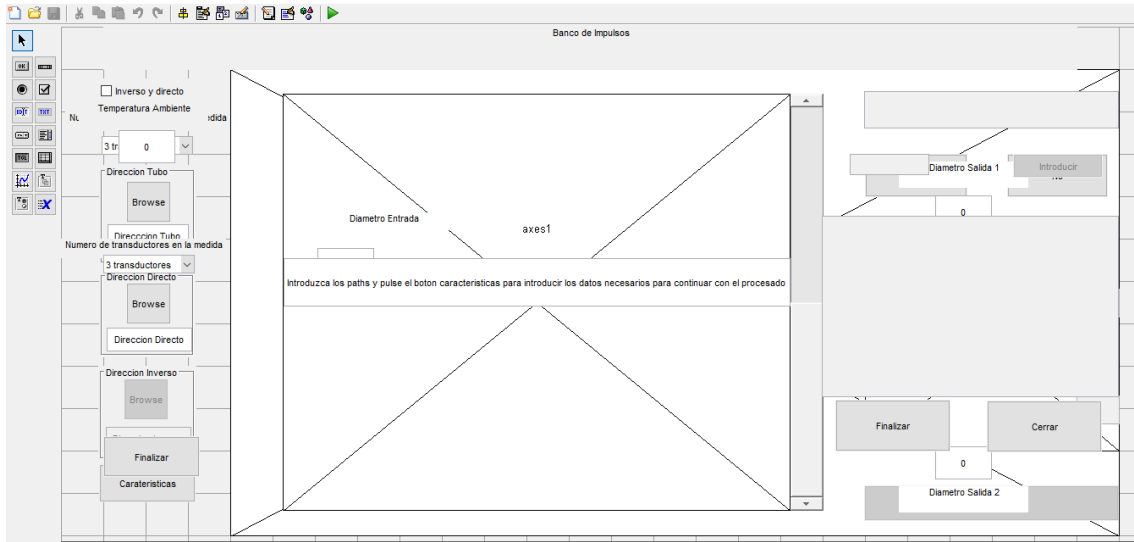
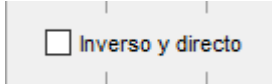
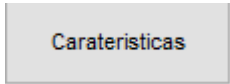
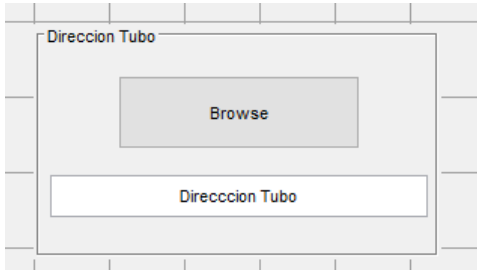


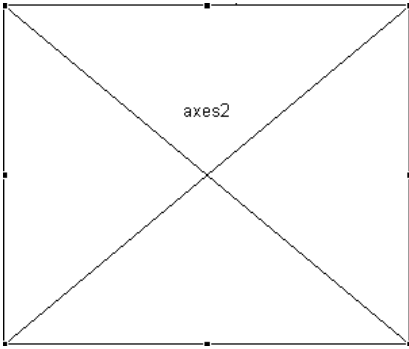




Figura 25 Desarrollo de la Interfaz V2 en herramienta GUIDE

Como se puede ver en la Figura 25, el número de elementos de la interfaz se ha incrementado ostensiblemente en la segunda versión. Esto se debe a la nueva ventana para introducir las características, a la forma de presentar los gráficos y de realizar las cuestiones y a la forma de presentar el final del procesado. Para poder lograrlo se ha realizado un cambio interno en la interfaz, ya que al ejecutar el procesado ya no se ejecuta el script principal del sistema anterior, si no que este se ha incluido dentro del código de la interfaz, y se ha modificado de acuerdo a las necesidades del nuevo sistema que se quiere crear. También se ve cómo se han conservado los elementos para capturar el path de los ensayos del tubo y de las dos direcciones. En la siguiente tabla se recopilan los nuevos elementos propios de la ventana principal de la interfaz:

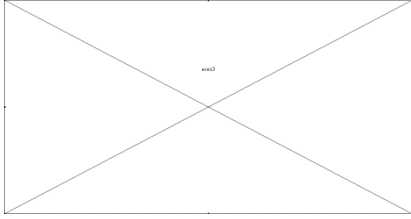
Tabla 2 Elementos Ventana principal Interfaz V2


Elemento	Función
	<p>Realiza la misma función que en la GUI V1</p>
	<p>Abre la ventana de características escondiendo la ventana principal de la interfaz.</p>
	<p>Esta sección consta de 2 elementos, un botón con el que poder elegir el path (hay uno para el tubo, uno para el ensayo en directo y otro para el ensayo en inverso, si este fuera necesario). El otro elemento es una barra de texto en el que se muestra la dirección elegida mediante el botón.</p>
	<p>Este es la misma sección que en el apartado anterior, pero vemos que está inhabilitado para poder clicar o seleccionar el texto. Esto se debe a que mientras no se active la opción de inverso y directo, la sección de elegir el path del ensayo en inversa estará deshabilitado.</p>
	<p>Realiza la misma función que en la GUI V1. Permanecerá inhabilitado hasta que se rellenen los campos correspondientes en la ventana de características.</p>

	<p>Su función es mostrar un esquema del silenciador (ya sea de una o dos salidas). Permanecerá invisible hasta que se haya pulsado el botón de características y se haya vuelto a la ventana principal</p>
	<p>Su función es mostrar las instrucciones a seguir para poder iniciar el procesado. Cuando se han cumplido los requisitos, cambia el mensaje e indica que se puede pulsar Run.</p>
	<p>Muestra el diámetro de las salidas o de la entrada del silenciador. Permanece invisible hasta que se haya vuelto a la pantalla principal desde la ventana de características</p>

El siguiente punto a explicar serán los elementos de la pantalla de introducción de las características del elemento, que se ilustrarán en la siguiente tabla.

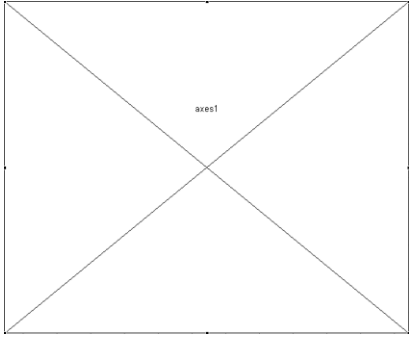

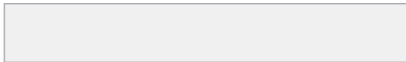
Tabla 3 Elementos Ventana características Interfaz V2




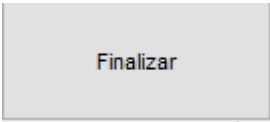
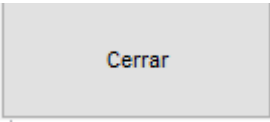
Elemento	Función
	<p>En este elemento se muestra un esquema del silenciador, dependiendo de si tiene una o dos salidas, y sobre él habrá otros elemento para introducir las características físicas de las aberturas del silenciador.</p>
<p style="text-align: center;">Diametro Entrada</p> <div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 30px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 30px;">0</div>	<p>Su función consiste en recoger y salvar el diámetro de entrada del silenciador.</p>
<p style="text-align: center;">Diametro Salida 1</p> <div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 30px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 30px;">0</div>	<p>Al igual que en el elemento anterior, la función de este consisten en recoger y salvar el diámetro, pero en este caso, el de la primera salida.</p>
<div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 30px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 30px;">0</div> <p style="text-align: center;">Diametro Salida 2</p>	<p>Tiene la misma función que los otros dos elementos que recogen el diámetro, pero en este caso solo será visible si se trata de un ensayo de 4 transductores, ya que son los únicos con 2 salidas.</p>
<p style="text-align: center;">Numero de transductores en la medida</p> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 25px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 25px;">3 transductores</div>	<p>Sirve para elegir el número de transductores que se han utilizado en el ensayo cuyos datos se quieren procesar.</p>
<p style="text-align: center;">Temperatura Ambiente</p> <div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 30px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 30px;">0</div>	<p>A través de este elemento introducimos la temperatura ambiente en la que se realizó el ensayo.</p>

	<p>Al pulsar este botón se regresará a la pantalla principal del sistema de procesamiento del banco de impulsos.</p>
---	--

Explicados ya los elementos correspondientes a la pantalla de introducción de las características del elemento, la siguiente tabla introducirá con una breve explicación cada uno de los elementos que forman la pantalla de procesado.

Tabla 4 Elementos Ventana procesado Interfaz V2

Elemento	Función
	<p>A través de este axes, el sistema presentará todos los gráficos que antes mostraba con las ventanas emergentes.</p>
	<p>Mediante el slider, el programa controlará que gráfico muestra el axes1 y de esta forma el usuario puede revisar mejor todos los gráficos que el sistema haya creado a partir de los datos surgidos en el ensayo. Permanecerá invisible hasta que haya más de un gráfico para mostrar.</p>
	<p>En este edit_text se mostrarán las cuestiones y peticiones que el sistema le realice al usuario. Permanecerá invisible hasta que el sistema requiera su uso.</p>

	<p>A través de estos botones se podrán responder las cuestiones que el programa vaya necesitando las respuestas para continuar con el procesado. Permanecerá invisible hasta que el sistema requiera su uso.</p>
	<p>Al igual que los botones de respuesta, se usará este elemento para introducir un valor que requiera el sistema, como por ejemplo si requiere introducir un factor de corrección. Permanecerá invisible hasta que el sistema requiera su uso.</p>
	<p>El sistema hará uso de este elemento para presentar un mensaje al finalizar el procesado. Permanecerá invisible hasta el final del procesado.</p>
	<p>Utilizando este botón, el usuario finalizará el procesado actual y volverá a la pantalla principal del sistema. Al pulsar este botón, no se presentará el mensaje de si realmente se desea cerrar el programa.</p>
	<p>Al igual que el botón anterior, este también finaliza el procesado, pero cierra el programa. Con este botón si que surgirá el mensaje de confirmación de cerrar el programa.</p>

6.2.2 Cambios del funcionamiento de la interfaz V2

Con la segunda versión de la interfaz el funcionamiento ha cambiado. Para poder empezar el procesado es necesario rellenar una serie de características iniciales del ensayo que se ha realizado para recopilar los datos que de los que se desea hacer el procesado. Por supuesto, sigue siendo necesario introducir las direcciones de los archivos del ensayo, tanto del tubo como del silenciador en la dirección directa, como también del ensayo en dirección inversa si es necesario.

Otro aspecto que se ha cambiado es la ventana de procesado, que antes no existía ya que la interfaz presentaba los gráficos y las cuestiones con ventanas externas. Esta ventana ofrece cambios significativos en la forma de funcionar del sistema, que mejora enormemente (aparte de los cambios en los elementos gráficos que ya hemos visto en el apartado anterior). Estos cambios en el funcionamiento mejoran enormemente la experiencia del usuario durante la realización del procesado. Gracias a esta pantalla, se pueden revisar todos los gráficos que se hayan creado en este procesado hasta el momento, sin que lo impida una ventana emergente que pide prioridad de respuesta. Para poder lograrlo se hace uso de dos elementos de la interfaz, el axes y el slider. El axes se ha programado para que presente por la pantalla el gráfico correspondiente a la posición del slider. El slider está programado de forma que detecte automáticamente el número de gráficos generados hasta el momento y cambie el tamaño de la barra de desplazamiento en función de eso.

Previamente al procesado, y por tanto a la ventana de procesado, se ha incluido otra ventana donde se rellenan las características necesarias para poder iniciar el procesado. De esta forma, se han evitado una serie de molestas cuestiones al haberlas respondido previamente al procesado y almacenado para que el sistema utilice la respuesta cuando sea necesario. Sin haber rellenado la ventana de características satisfactoriamente (no se puede dejar a cero el diámetro de entrada ni de salida del silenciador, por ejemplo), el botón de Run permanecerá inhabilitado.

En esta ventana de características se introducen:

- el número de transductores del ensayo
- la temperatura ambiente durante el ensayo
- el diámetro de entrada y de salida (de salida pueden ser dos si es un ensayo con cuatro transductores).

Cuando se hayan rellenado los campos, se debe pulsar el botón de Finalizar de la ventana de características y el sistema te redirige a la ventana principal, donde se puede ver que el botón de Run se ha habilitado, como también se puede ver un gráfico con el mismo esquema que en la ventana de características, donde se pueden ver los campos relativos al silenciador que se han indicado en esta. De esta forma ya se puede proceder al inicio del procesado.

Durante el procesado, en la ventana de procesado se irán presentando las cuestiones que se deben responder cuando proceda, y al finalizar se presentará un mensaje y dos botones. Uno de ellos, el de volver a la pantalla principal, sirve para reiniciar el sistema y volver a la pantalla principal para realizar otro procesado, y el otro, el de cerrar, cierra totalmente el sistema. Al pulsar el botón de volver a la pantalla principal, el sistema se reinicia sin presentar un mensaje de si se desea cerrar el programa, mientras que, al pulsar el botón de cerrar, lo detecta como un intento de cerrar totalmente el programa y si se pide una confirmación.

6.2.3 Cambios en el código de la Interfaz V2

Se han visto cambios significativos en la parte gráfica de la interfaz, pero en el código también han habido grandes permutas.

La más significativa es que al ejecutar el procesado no se ejecuta otro script, si no que se ha integrado el código en la interfaz, por lo que el programa del script se ha tenido que adaptar

mucho más que si solo se hubiera ejecutado y recogido los datos de la interfaz. Este hecho es el que ha permitido la integración de los gráficos y de las cuestiones dentro de la interfaz gráfica, que era el gran cambio que se deseaba con respecto a la interfaz V1, ya que este hecho permite que las ventanas emergentes se eliminen. Aunque no todos los scripts se han integrado, hay algunos que no ha sido necesario integrarlos, ya que solo realizan cálculos y no generan ningún gráfico ni cuestión, por lo que es más sencillo llamarlos de forma correcta y de esta forma aligerar el código de la interfaz.

Otro cambio importante es la forma de mostrar los gráficos, ya que el elemento axes del GUIDE no permite almacenar gráficos en este, solo permite mostrarlos, y si se desea mostrar un gráfico diferente en el mismo axes la única solución es sobrescribirlo. Para solucionar este pequeño problema surgen varias soluciones, entre las que destacaban dos: generar un axes para cada posible gráfico e ir mostrándolos u ocultándolos según la posición del slider, o por otra parte, generar un solo axes, y almacenar estos gráficos en una figura y leer la figura y mostrar el gráfico en el axes según la posición del slider. Se escogió la segunda opción, ya que como se puede ver en la Figura 25, la cantidad de elementos de la interfaz V2 es bastante alta, y para mostrar cada gráfico en un axes se requerirían un total de 19. Por lo que la solución adoptada consiste en generar figuras de Matlab [8] (archivos .fig) en los que se guardarán los gráficos [9] con sus leyendas y títulos [10], y generar en el código del slider un case que lea la figura correspondiente a la posición donde se encuentra este y lo muestre por el axes [11]. Estas figuras se eliminan al finalizar el procesado, ya que se modificó el código de la respuesta de la interfaz al cerrar el sistema para que las elimine, evitando así un carga innecesaria del sistema de almacenamiento del equipo.

6.2.4 Testeo de la interfaz V2

Revisados ya los cambios realizados en la interfaz respecto a la versión anterior, se procede a su ejecución y revisión del correcto funcionamiento y de si cumple con las necesidades y corrige los problemas de la versión anterior. Como con el test de la interfaz V1, se escoge como ejemplo el ensayo de 3 transductores en sentido directo.

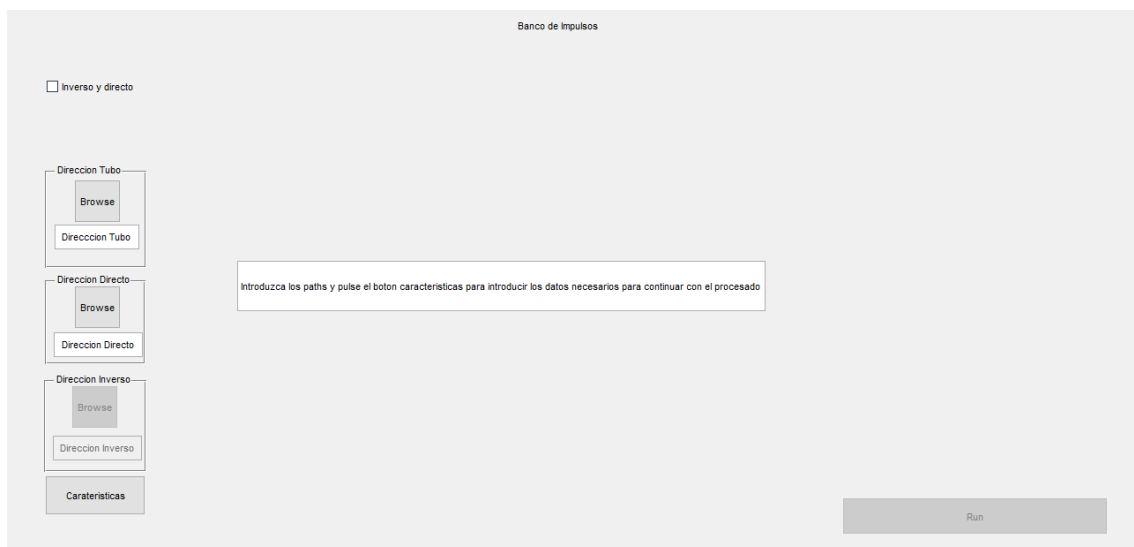


Figura 26 Ventana principal Interfaz V2

El primer punto es ejecutar el sistema y comprobar si se ejecuta correctamente. Se muestra el mensaje de bienvenida, con lo que se comprueba que esta todo correcto. Seguidamente se seleccionan el path del ensayo del tubo y del ensayo en la dirección directa (tal y como se realizaba en la anterior interfaz), para seguir, haciendo caso del mensaje de instrucciones, pulsando el botón de características y abriendo la ventana de características.

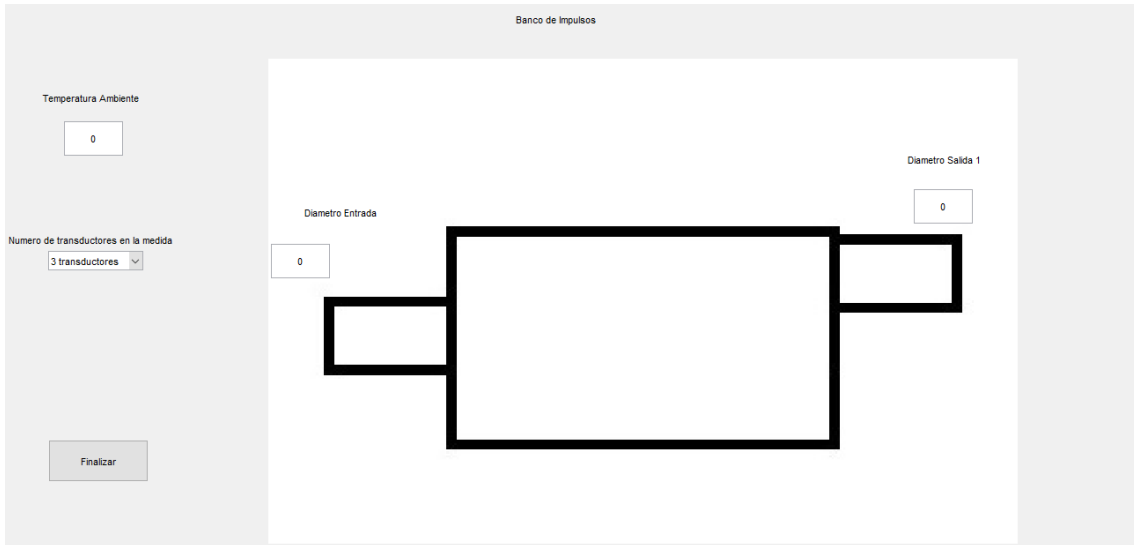


Figura 27 Ventana de características (3 transductores)

Se introducen las características del elemento del ensayo, así como el número de transductores correspondiente y la temperatura ambiente. El esquema del tubo cambia si se varía el número de transductores, por lo que se puede ver que funciona correctamente.

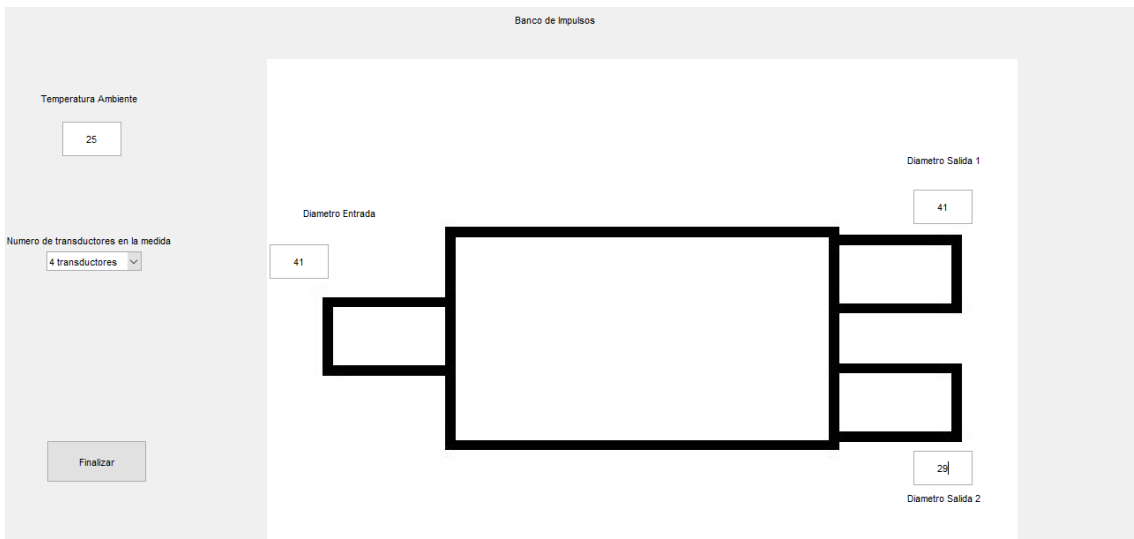


Figura 28 Ventana de características (4 transductores)

Se finaliza la introducción de características pulsando el botón Finalizar y se vuelve a la pantalla principal del sistema, donde se puede ver que la pantalla ha cambiado respecto a cómo era antes de abrir la ventana de características [12]. En un primer lugar se comprueba que se muestra el mismo esquema que en la ventana anterior, aunque con un tamaño más reducido. Y,

en segundo lugar, si se han introducido unos datos válidos, el mensaje de instrucciones habrá cambiado, así como también el botón de Run se habrá habilitado.

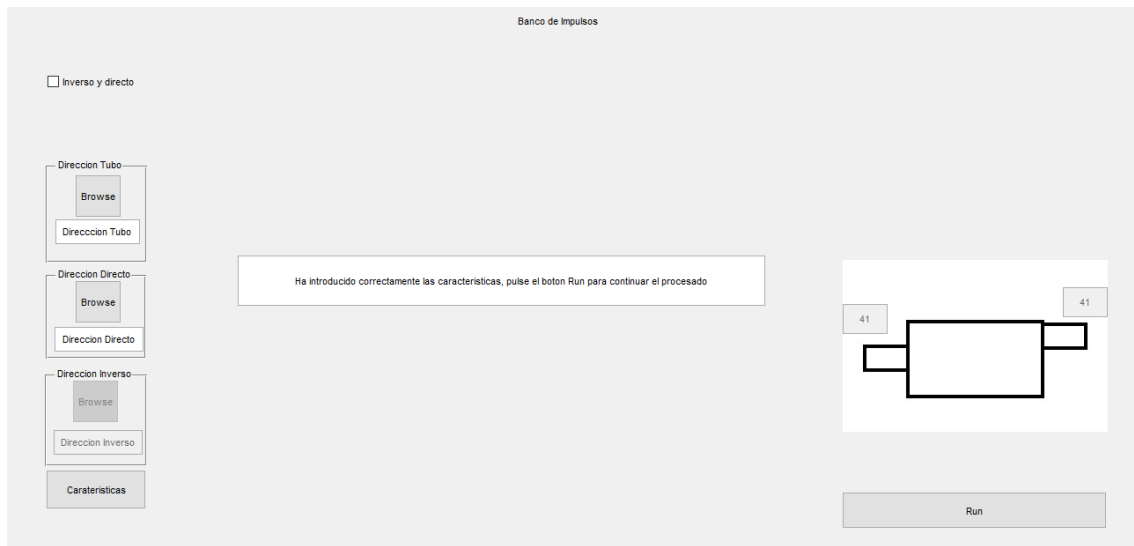


Figura 29 Ventana principal interfaz con las características introducidas (3 transductores)

A continuación se muestra una figura con la pantalla principal tras introducir las características, pero de un ensayo con cuatro transductores.

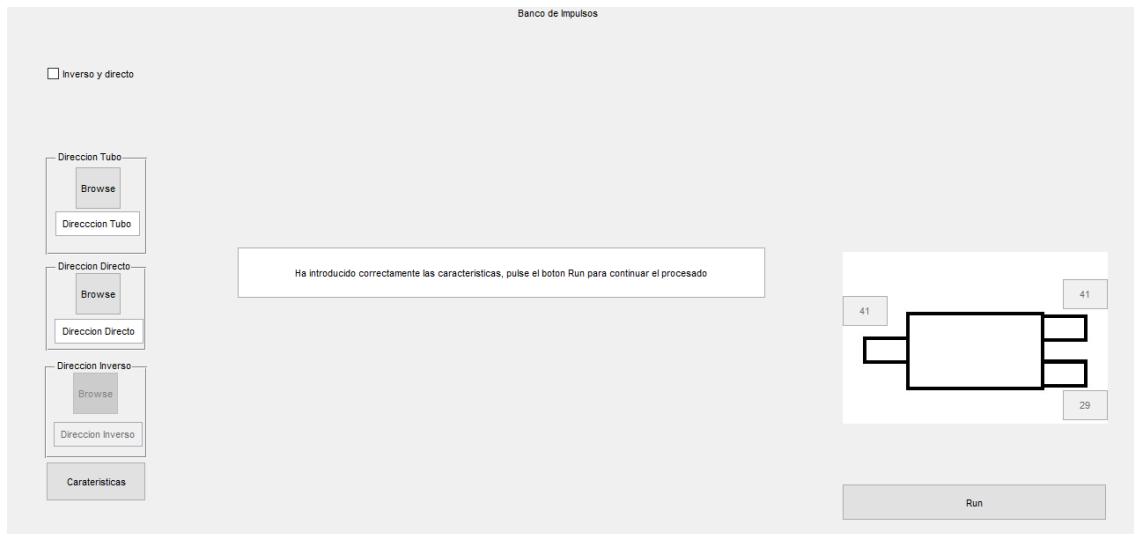


Figura 30 Ventana principal interfaz con las características introducidas (4 transductores)

Se puede manifestar como el esquema también cambia si se cambia el número de transductores en la ventana de características.

Comprobado que todos los pasos del pre procesado se pueden realizar correctamente, se pasa a pulsar el botón Run y lanzar el procesado, con lo que se pasará a la ventana de procesado.

Se puede manifestar como el esquema también cambia si se cambia el número de transductores en la ventana de características.

Comprobado que todos los pasos del pre procesamiento se pueden realizar correctamente, se pasa a pulsar el botón Run y lanzar el procesado, con lo que se pasará a la ventana de procesado.

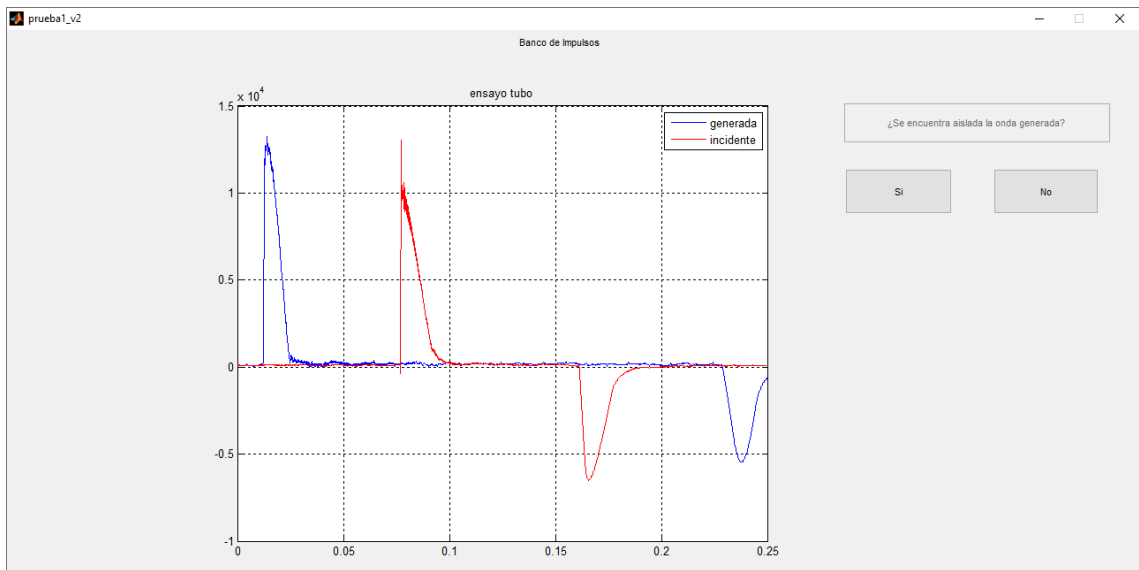


Figura 31 Ventana de procesado, con el 1r gráfico

Se puede comprobar como ya no surgen ventanas emergentes para los gráficos si no que forman parte de la propia ventana de procesado, y por tanto, de la interfaz V2.

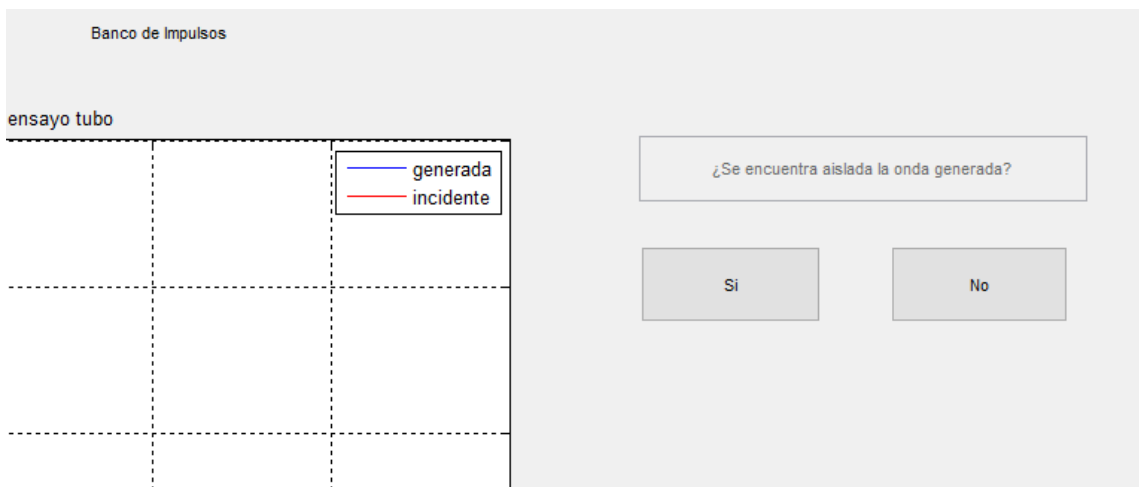


Figura 32 Cuestión 1 de la Interfaz V2

Lo mismo ocurre con las cuestiones, que están incrustadas en la interfaz V2, permitiendo así una correcta visualización de los gráficos.

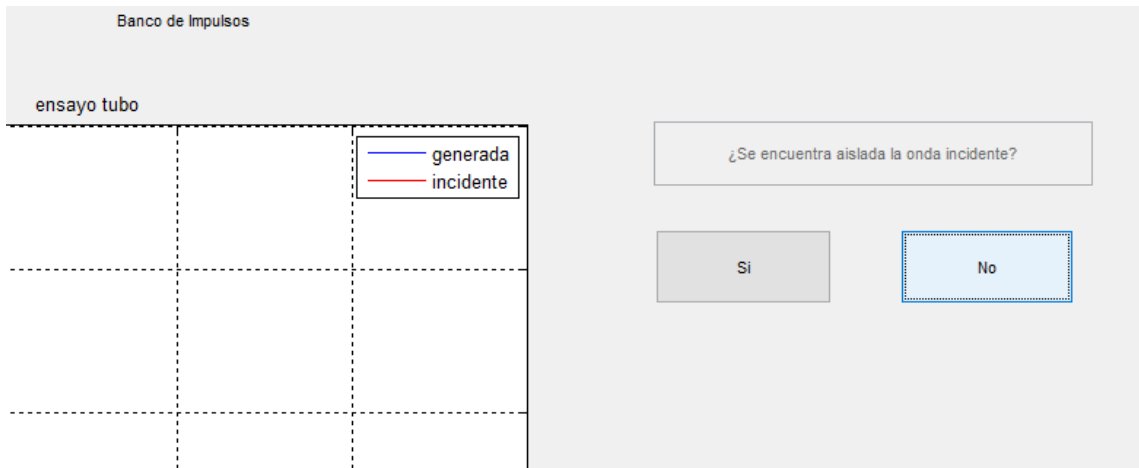


Figura 33 Cuestión 2 de la Interfaz V2

Las cuestiones siguen sin cambiar el gráfico, como en la versión anterior, pero solo siguen las imprescindibles para realizar el procesado correctamente.

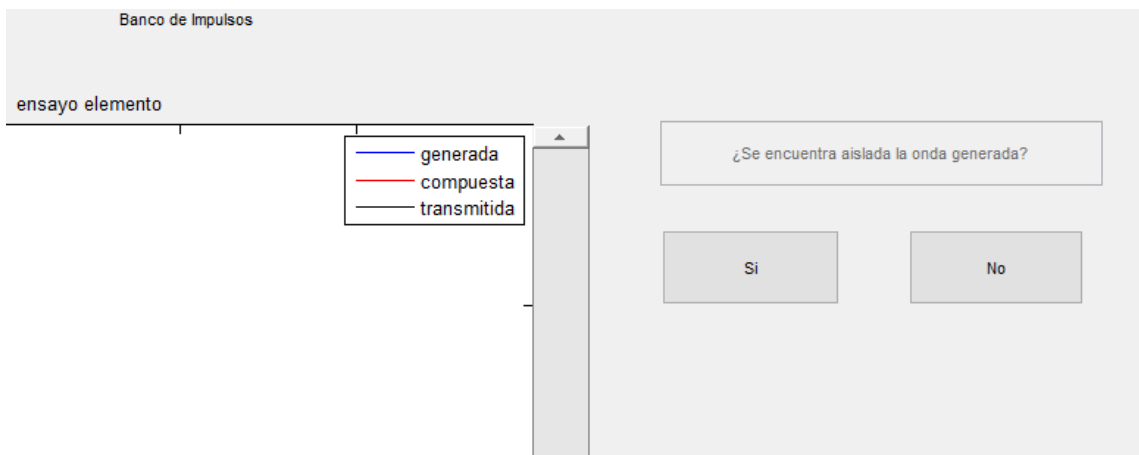


Figura 34 Cuestión 3 de la Interfaz V2

Tras cambiar al segundo gráfico se genera otra cuestión con respecto a si la onda generada mostrada en el gráfico está aislada, como muestra la figura anterior.

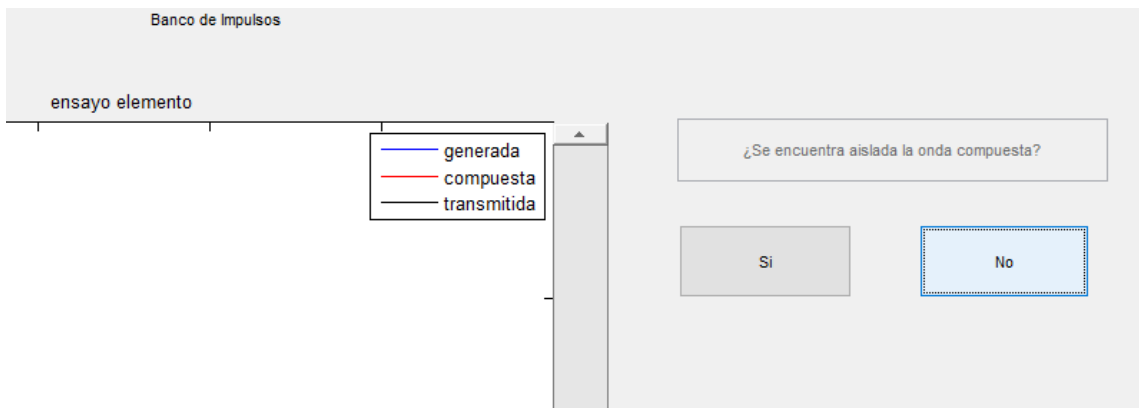


Figura 35 Cuestión 4 de la Interfaz V2

La misma cuestión se repite con respecto a la onda compuesta (Figura 35) y para la onda transmitida (Figura 36).

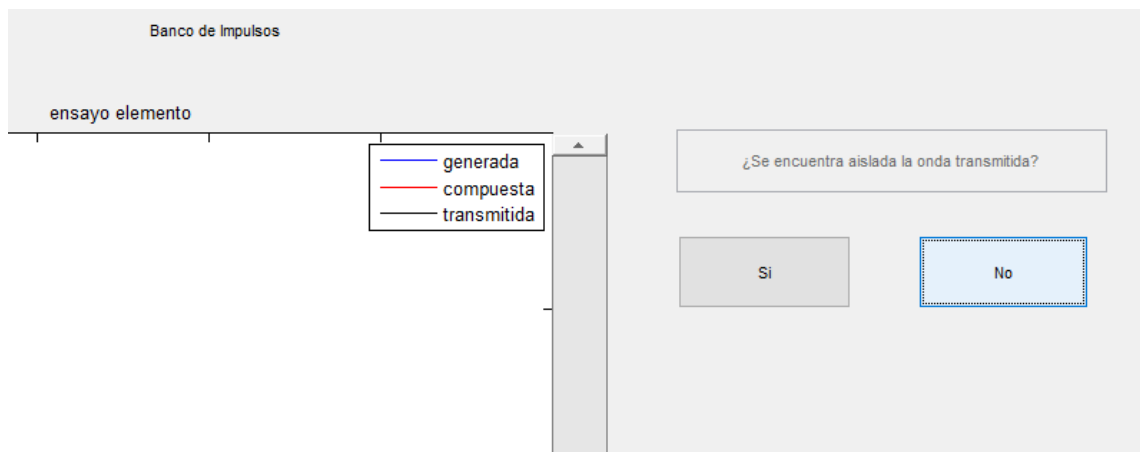


Figura 36 Cuestión 5 de la Interfaz V2

Respondidas las cuestiones respecto a las ondas se pasaría a la siguiente fase del procesado.

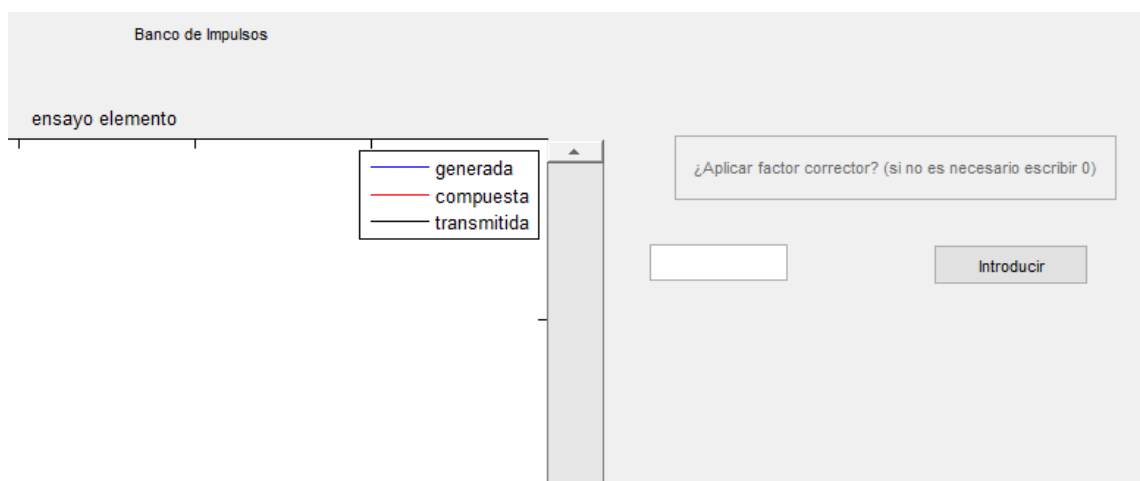


Figura 37 Cuestión 6 de la Interfaz V2

Para ello el primer paso es introducir un factor corrector a las ondas (si no se desea se introduce 0, como se ilustra en la figura anterior).

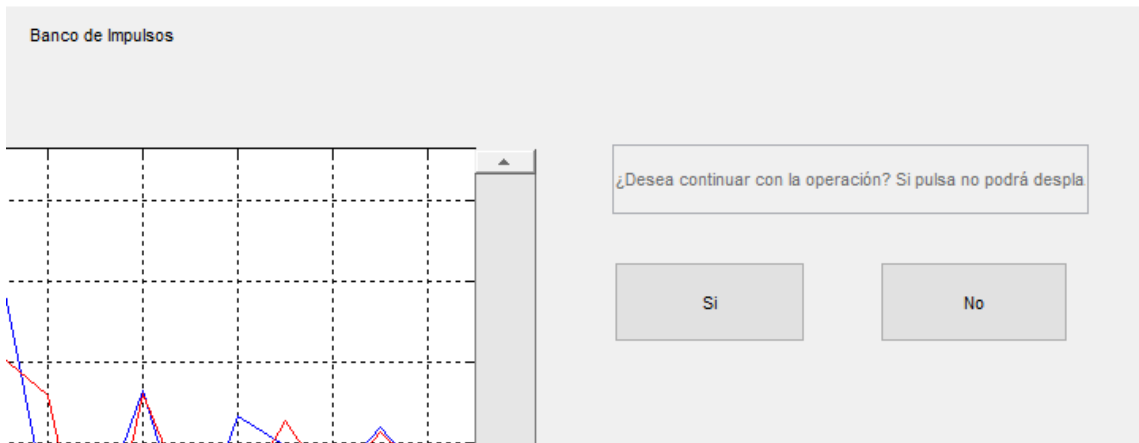


Figura 38 Cuestión 7 de la Interfaz V2

En la Figura 38 se muestra la cuestión que precede a la última fase del procesado, si se responde afirmativamente se inicia, si se responde que “no” se pide la introducción de un factor de desplazamiento y tras esto se vuelve a repetir la cuestión de la Figura 38. Esta serie de preguntas se puede repetir hasta 3 veces, como en la interfaz V1, y tras esto se inicia la última fase del procesado.

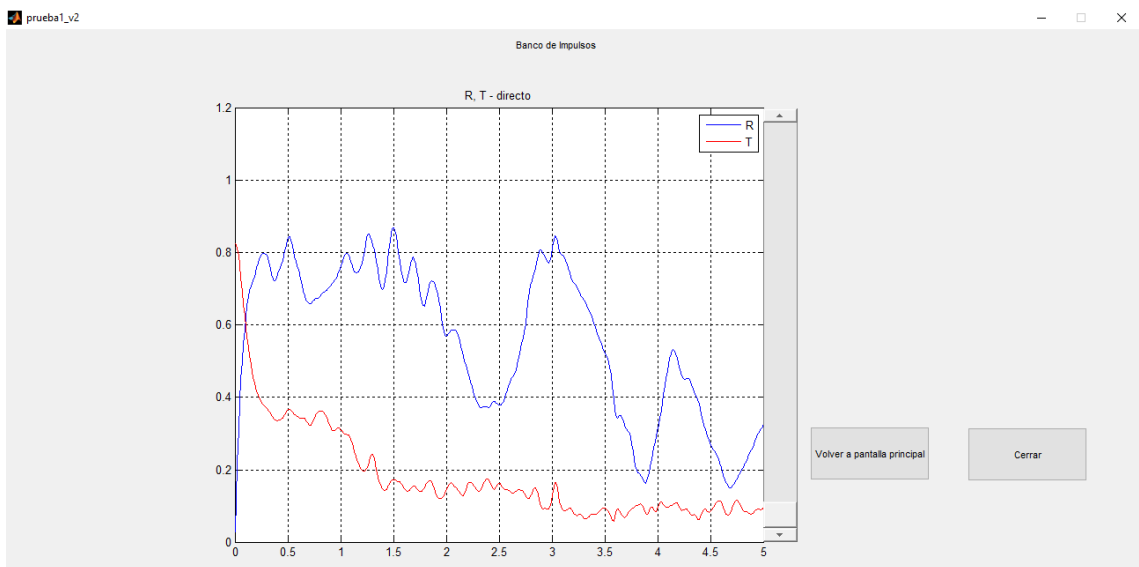


Figura 39 Ventana de procesado tras finalizar el procesado

El procesado termina con la ventana de la figura anterior. Como se puede ver en esta, si se deseara se podría mover el slider (que va aumentando su rango al mismo tiempo que se generan los gráficos [13]) para mostrar los gráficos anteriores y realizar las comprobaciones que se deseen.

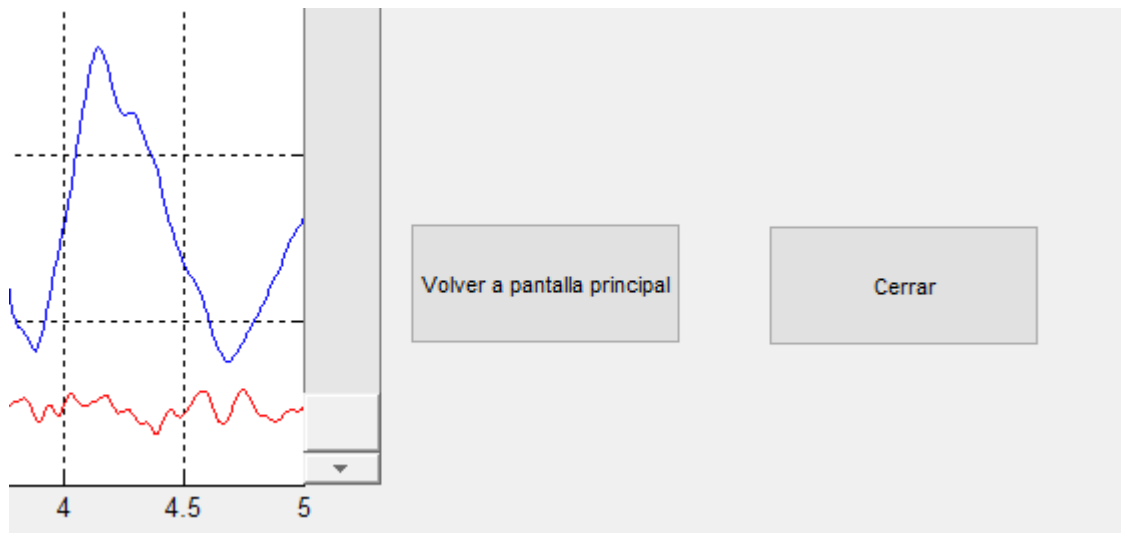


Figura 40 Decisión tras finalizar el procesado en la Interfaz V2

Como se ve, al finalizar el procesado se debe realizar otra decisión, entre volver a la pantalla principal de la interfaz para realizar otro procesado o cerrar definitivamente el sistema de procesado.

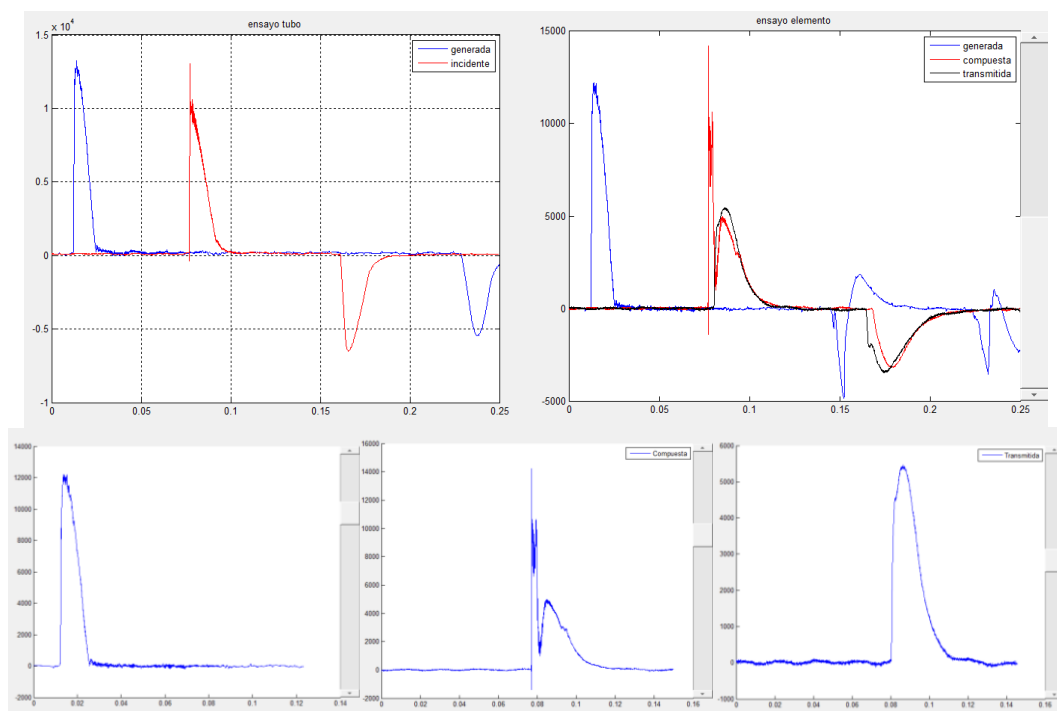


Figura 41 Gráficas Procesado con Interfaz V2 (1)

En la Figura 41 se muestran una primera serie de gráficos resultantes del procesado, los dos primeros corresponden al ensayo del tubo y al ensayo del elemento respectivamente, con las ondas y sus reflexiones en los transductores 1 y 2 en el primer gráfico y en los transductores 1, 2 y 3 en el segundo. Las tres gráficas posteriores corresponden a las ondas generadas, compuesta y transmitidas por separado.

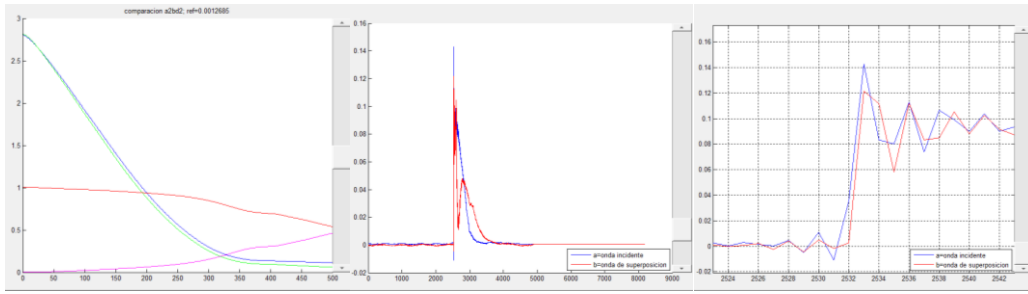


Figura 42 Gráficas Procesado con Interfaz V2 (2)

La figura anterior corresponde a las 3 gráficas previas a la última cuestión que nos presenta la interfaz, que al responderla afirmativamente realizaría los últimos pasos del procesado.

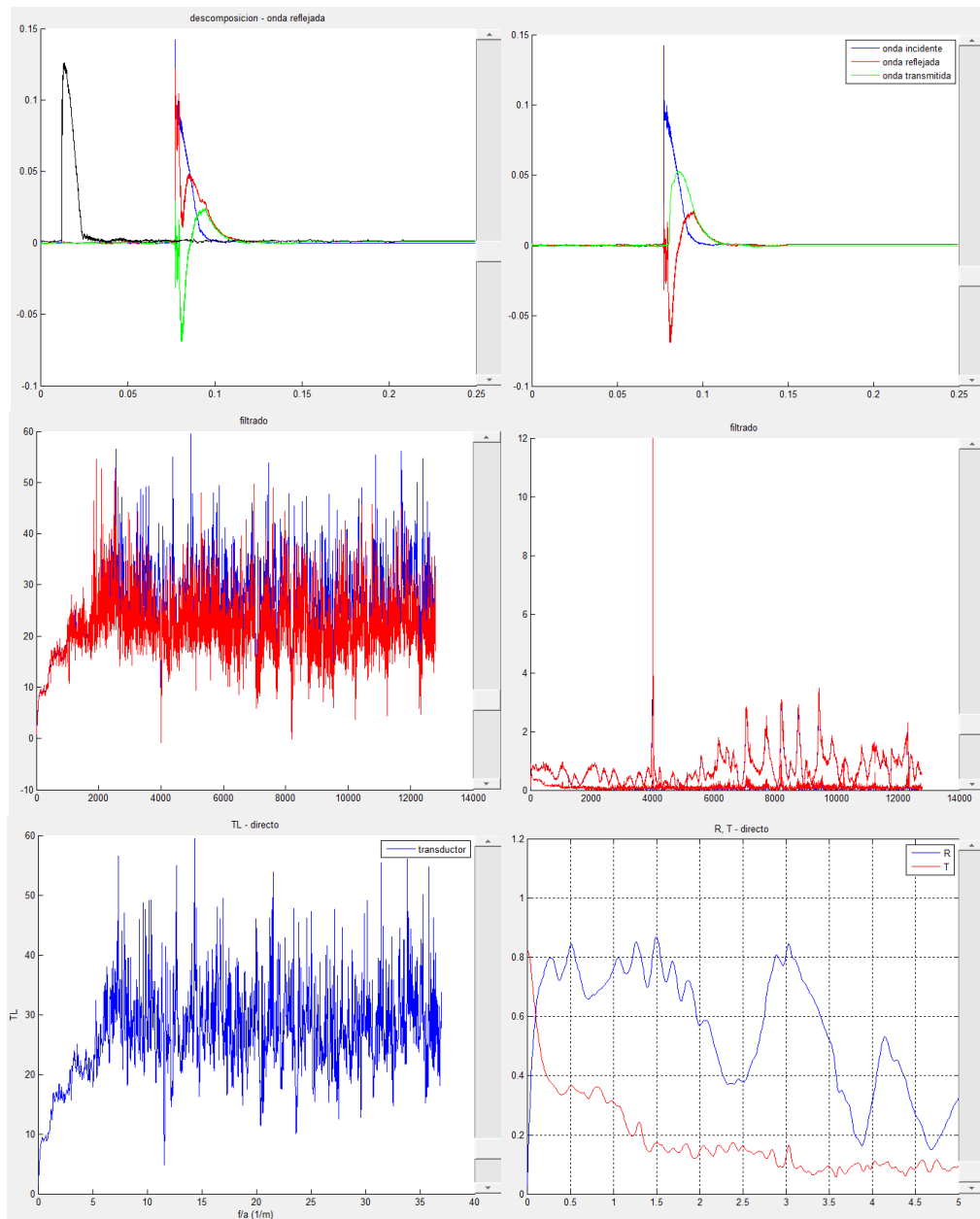


Figura 43 Gráficas Procesado con Interfaz V2 (3)

La Figura 43 muestra los últimos gráficos correspondientes al procesado conjunto de las señales recogidas en los ensayos del tubo y del elemento en dirección directa.

Capítulo 7. Presupuesto

En este capítulo, se detallarán los gastos generados por el desarrollo del Trabajo Final de Máster, teniendo en cuenta la amortización del ordenador, de la mesa de trabajo y de los demás elementos de los que se han hecho uso en el proyecto. Para ello se van a definir los elementos que han permitido la realización del proyecto, primero incluyendo el precio total, para después especificar la parte de amortización referida a la duración del proyecto:

- Escritorio: 300€.
- Ordenador: 900€.
- Monitor: 80€.
- Ratón: 25€.
- Teclado: 25€.
- Licencia de Matlab : Gratuita (licencia de estudiante de la UPV)

Tabla 5 Presupuesto del Trabajo Final de Máster

Presupuesto de material

Elemento	Valor	Duración (días)	Tiempo de amortización (años)	Amortización
Escritorio	300,00 €	227	20 [14]	12,44 €
Ordenador	900,00 €	227	3*	186,58 €
Monitor	80,00 €	227	3*	16,58 €
Ratón	25,00 €	227	1*	15,55 €
Teclado	25,00 €	227	1*	15,55 €
Matlab	0,00 €	227	1*	0,00 €
Total				246,69 €

Presupuesto Total

Empleados	Numero	Sueldo (€/hora)	Horas trabajadas	Total Sueldo
Ingeniero	1	20,00 €	900	18.000,00 €
Coste Total del proyecto				18.246,69 €

*Amortización estimada por el autor mediante su propia experiencia

Capítulo 8. Conclusiones y líneas futuras

En este Trabajo Final de Máster se ha optimizado un sistema de adquisición y procesamiento de datos recogidos en los ensayos de silenciadores de tubos. Incorporando una interfaz gráfica de usuario.

Para ello:

1. Se ha realizado un estudio del sistema inicial de adquisición y procesado de los datos.
2. Estudiado las posibles soluciones para el desarrollo de la interfaz gráfica de usuario.
3. Realizado un aprendizaje de la herramienta GUIDE de Matlab para el desarrollo de la interfaz.
4. Desarrollado una primera interfaz V1 y optimizado el código existente para que funcione correctamente con ésta.
5. Testeado la interfaz V1 y revisado las deficiencias de la interfaz.
6. Desarrollado una Interfaz V2 y optimizado el código existente para que funcione correctamente con ésta.
7. Testeado la interfaz V2 y revisado si cumple con las necesidades y corrige los problemas tanto de la interfaz V1 como del sistema inicial de adquisición.

8.1 Propuesta de Trabajo Futuro

El objetivo de este Trabajo Final de Máster es la mejora del sistema de procesado de datos. Pero este sistema es el último punto en la cadena para medir la respuesta de los silenciadores diseñados en el departamento de motores térmicos.

Para poder realizar el procesado previamente se han tenido que adquirir estos datos resultantes de los ensayos realizados con los elementos y el tubo, por lo que una buena ampliación del trabajo es ampliar la interfaz para incluir un sistema de adquisición y así complementar el actual sistema de procesado.

Para ello lo primero que se debería hacer es adquirir una tarjeta de adquisición compatible con el Matlab y que satisfaga las necesidades (como puede ser su uso para otros proyectos aparte de para adquirir datos del banco de impulsos). Una buena adquisición sería la tarjeta de NI 9229 [15], con una resolución de 24 bits, 4 entradas (importante, ya que el sistema puede llegar a necesitar las medidas de 4 transductores) y una frecuencia de funcionamiento de 12.8 MHz, que cubre con creces nuestra frecuencia máxima de trabajo, que son frecuencias audibles.



Figura 44 Tarjeta de adquisición NI 9229

Escogida ya la tarjeta el siguiente paso sería desarrollar un sistema para poder adquirir los datos y guardarlos con un formato en que nuestro sistema de procesado logré entenderlos. Si esto no fuera posible habría que modificar la parte de la lectura de los datos del sistema de procesado para que el sistema logre entender correctamente el nuevo formato y realice el procesamiento de los datos satisfactoriamente. Para poder realizar el sistema de adquisición es necesaria la adquisición de una ToolBox de Matlab, en concreto la Data Acquisition ToolBox [16], ya que esta ToolBox contiene las funciones necesarias para el control de muchas de las tarjetas de adquisición de National Instruments, y en concreto de la escogida, la NI 9229.

Una vez realizado el nuevo sistema de adquisición el último paso es la realización de la interfaz para el control de este sistema. Esta interfaz deberá integrarse con la actual del sistema de procesamiento, por lo que se debería diseñar una pantalla inicial en la que permita escoger la actividad que se desea realizar, adquisición o procesamiento de datos, y desde esta pantalla moverse a uno u otra a nuestra elección, con un botón que nos permita volver a la nueva pantalla principal por si se ha pulsado una opción por error y se deseaba realizar la otra acción.

El siguiente punto sería el diseño de la interfaz para el control del sistema de adquisición. Está debería tener una ventana donde introducir las características del elemento del que se va a realizar el ensayo, y en el caso de que sea el ensayo solo del tubo, también una ventana (diferente a la del elemento) para poder introducir las características de este, el nombre del tubo y la temperatura ambiente durante el ensayo. La ventana de características del elemento debería tener una parte para introducir el nombre del elemento, diámetro de entrada y de salida, temperatura ambiente, si tiene varias salidas una opción para indicarlo e introducir el diámetro de la otra salida, una indicación de cómo se coloca el elemento para el ensayo (que salida está en el transductor 3 y cual en el 4). Estas características se deben guardar en un documento, junto con un esquema de la colocación del elemento para el ensayo, para de esta forma facilitar la tarea par aun posterior procesado, ya que estas características deben ser introducidas para el procesado.

Además de la ventana de introducción de las características, debe haber un elemento para escoger la carpeta en la que se desean guardar los resultados de la adquisición de datos del

ensayo. Dentro de la carpeta escogida se deben crear las carpetas correspondientes con el nombre del elemento (o del tubo) y si procede, carpeta para ensayo en directo e inverso.

Para finalizar, se debe incluir una opción al final de la adquisición que permita elegir entre cerrar el sistema totalmente, volver a la pantalla principal de la interfaz o volver a la pantalla principal del sistema de adquisición. De esta forma se facilita al técnico realizar series de adquisición y procesado, realizar múltiples adquisiciones seguidas o cerrar el programa si solo se deseaba realizar una adquisición.

Capítulo 9. Bibliografía

1. Brüel & Kjær. [En línea] <http://www.bksv.es/Products/pulse-analyzer>.
2. Matlab. Mathworks. [Online] <http://es.mathworks.com/>.
3. Barragán, Diego Orlando. matpic. [En línea] https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10740/11/MATLAB_GUIDE.pdf.
4. Mathworks creating a gui with guide. [En línea] <http://es.mathworks.com/videos/creating-a-gui-with-guide-68979.html>.
5. Mathworks Introduction 1. [En línea] <http://blogs.mathworks.com/videos/2013/02/06/introduction-to-gui-building-with-guide-in-matlab/>.
6. Mathworks Introduction 2. [En línea] <http://blogs.mathworks.com/videos/2013/02/13/gui-building-in-matlab/>.
7. Mathworks enable or dissable button. [En línea] <http://es.mathworks.com/matlabcentral/answers/57081-how-to-enable-disable-a-pushbutton-based-on-a-radio-selection-guide-gui>.
8. Mathworks axes to a figure 1. [En línea] <https://es.mathworks.com/matlabcentral/answers/86693-save-axes-plot-as-fig-in-a-gui>.
9. Mathworks children axes GUI. [En línea]
10. Mathworks axes to a figure 2. [En línea] https://es.mathworks.com/matlabcentral/newsreader/view_thread/289066.
11. Mathworks copyobj. [En línea] https://es.mathworks.com/matlabcentral/newsreader/view_thread/240131.

12. Mathworks hide imagen in GUI. [En línea]
<https://es.mathworks.com/matlabcentral/answers/166021-hide-image-in-gui-using-visible-on-off>.

13. Mathworks slider min max. [En línea]
<https://es.mathworks.com/matlabcentral/answers/123570-how-to-change-range-of-slider-gui>.

14. Esther. Mirsan. *Blog de contabilidad*. [En línea]
<http://www.mirsan.es/2009/03/23/tabla-de-amortizacion/>.

15. Instruments, National. [En línea] <http://www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-199>.

16. Matlab. Data Adquisition Toolbox. [En línea] <http://es.mathworks.com/products/daq/>.