

# Manual de usuario de ISPMAT



Referencia: IIT\_ISPMAT\_1  
Revisión: 1.0  
Fecha: 11-OCT-2000



# TABLA de CONTENIDOS

|           |                                                                                       |           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>DESCRIPCIÓN DE ISPMAT .....</b>                                                    | <b>4</b>  |
| <b>2</b>  | <b>SISTEMA PRINCIPAL. ....</b>                                                        | <b>5</b>  |
| 2.1       | INTRODUCCIÓN. ....                                                                    | 5         |
| 2.2       | DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO. ....                                                  | 5         |
| 2.2.1     | <i>Menú principal y ventana de presentación. ....</i>                                 | <i>5</i>  |
| <b>3</b>  | <b>SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS (SAD).....</b>                                     | <b>7</b>  |
| 3.1       | INTRODUCCIÓN. ....                                                                    | 7         |
| 3.2       | DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SAD.....                                           | 7         |
| 3.2.1     | <i>Selección del protocolo de ensayo para el desarrollo de la toma de datos. ....</i> | <i>8</i>  |
| 3.2.1.1   | Ventanas de visualización del protocolo de adquisición. ....                          | 9         |
| 3.2.1.2   | Ventanas de Establecimiento de la Conexión. ....                                      | 12        |
| 3.2.1.3   | Ventanas de adquisición de datos. ....                                                | 13        |
| 3.2.1.3.1 | Ventana de adquisición de datos del compresor.....                                    | 14        |
| 3.2.2     | <i>Puesta en marcha del registro de datos. ....</i>                                   | <i>15</i> |
| 3.2.3     | <i>Adquisición de una muestra de datos.....</i>                                       | <i>15</i> |
| 3.2.4     | <i>Almacenamiento de la muestra en la base de datos.....</i>                          | <i>16</i> |
| 3.2.5     | <i>Ventana de adquisición de datos del bogie – Toma de Datos Automática. ....</i>     | <i>16</i> |
| <b>4</b>  | <b>GESTIÓN DE DATOS HISTÓRICOS.....</b>                                               | <b>18</b> |
| 4.1       | INTRODUCCIÓN. ....                                                                    | 18        |
| 4.2       | DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DE GESTIÓN DE DATOS HISTÓRICOS. ....        | 18        |
| 4.2.1     | <i>Ventana principal del Sistema Histórico de Datos. ....</i>                         | <i>19</i> |
| 4.2.2     | <i>Consultando una determinada adquisición.....</i>                                   | <i>19</i> |
| 4.2.2.1   | La información del ensayo.....                                                        | 21        |
| 4.2.2.2   | Exportar Adquisiciones.....                                                           | 22        |
| 4.2.2.3   | Eliminar Adquisiciones de la Base de Datos. ....                                      | 23        |
| 4.2.3     | <i>Realizando una consulta comparativa sobre un componente. ....</i>                  | <i>24</i> |
| <b>5</b>  | <b>SISTEMA DE DIAGNÓSTICO .....</b>                                                   | <b>26</b> |
| 5.1       | INTRODUCCIÓN. ....                                                                    | 26        |
| 5.2       | DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO.....                        | 26        |
| 5.2.1     | <i>Ventana principal del Sistema de Diagnóstico .....</i>                             | <i>27</i> |
| 5.2.2     | <i>Diagnosticando una adquisición.....</i>                                            | <i>27</i> |
| 5.2.2.1   | Mapas de Kohonen. ....                                                                | 29        |
| 5.2.2.2   | Gráficas FDI y VLR. ....                                                              | 31        |
| 5.2.2.3   | Gráficas simples (magnitudes físicas).....                                            | 32        |
| 5.2.2.4   | Gráficas de funciones de densidad.....                                                | 32        |
| 5.2.3     | <i>Exportar las señales de los modelos. ....</i>                                      | <i>34</i> |

|               |                                                                 |           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6</b>      | <b>CONFIGURACIÓN.</b>                                           | <b>38</b> |
| 6.1           | INTRODUCCIÓN.                                                   | 38        |
| 6.2           | DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS MÓDULOS DE CONFIGURACIÓN. | 38        |
| 6.2.1         | <i>Definición de protocolos.</i>                                | 38        |
| 6.2.1.1       | Definición de puntos de medida.                                 | 39        |
| 6.2.1.2       | Asociación de señales y canales de medida.                      | 41        |
| 6.2.1.2.1     | Definición de los parámetros generales de la tarjeta HP-E1432.  | 42        |
| 6.2.1.2.2     | Definición de canales de la tarjeta HP-E1432.                   | 43        |
| 6.2.1.2.3     | Definición de los parámetros generales de la tarjeta HP-E1419.  | 43        |
| 6.2.1.2.4     | Definición de canales de la tarjeta HP-E1419.                   | 44        |
| 6.2.2         | <i>Introducción de conocimiento.</i>                            | 44        |
| 6.2.2.1       | Configuración de la interfaz de diagnóstico.                    | 45        |
| 6.2.2.1.1     | Añadir un medidor.                                              | 45        |
| 6.2.2.1.1.1   | Medidores asociados a señales.                                  | 45        |
| 6.2.2.1.1.2   | Medidores asociados a modelos.                                  | 48        |
| 6.2.2.1.2     | Eliminar un medidor.                                            | 48        |
| 6.2.2.2       | Configuración del detector de anomalías.                        | 49        |
| 6.2.2.2.1     | Selección del tipo de función.                                  | 51        |
| 6.2.2.2.1.1   | Modelos.                                                        | 51        |
| 6.2.2.2.1.1.1 | Modelos supervisados.                                           | 51        |
| 6.2.2.2.1.1.2 | Modelos no supervisados.                                        | 52        |
| 6.2.2.2.1.2   | Configuración de la función elemento.                           | 54        |
| 6.2.2.2.1.3   | Configuración de la función segmentación.                       | 55        |
| 6.2.2.2.1.4   | Configuración de la función RMS_T.                              | 56        |
| 6.2.2.2.1.5   | Configuración de otras funciones.                               | 58        |
| 6.2.2.2.2     | Adición de entradas a la función.                               | 59        |
| 6.2.2.2.3     | Asociación de atributos de función con señales.                 | 59        |
| 6.2.2.3       | Configuración del sistema experto.                              | 60        |
| 6.2.2.3.1     | Configuración de la base de hechos.                             | 60        |
| 6.2.2.3.1.1   | Configuración de componentes.                                   | 61        |
| 6.2.2.3.1.2   | Configuración de las señales.                                   | 62        |
| 6.2.2.3.1.3   | Configuración de las variables.                                 | 66        |
| 6.2.2.3.1.4   | Configuración de las propiedades.                               | 67        |
| 6.2.2.3.1.5   | Configuración de los grupos de componentes.                     | 68        |
| 6.2.2.3.2     | Configuración de la base de conocimientos.                      | 69        |
| 6.2.3         | <i>Definición de sensores.</i>                                  | 73        |

# 1 DESCRIPCIÓN DE ISPMAT

Los medios de transporte público son esenciales en la vida diaria de hoy en día, de ahí que su disponibilidad sea un factor muy importante a tener siempre presente. Por otra parte, esa necesidad obliga a disponer de flotas con un número suficiente de vehículos para, por un lado, satisfacer la demanda y, por otro, cubrir posibles indisponibilidades debidas a fallos. Para asegurar la disponibilidad de una flota de vehículos, como ocurre con cualquier proceso industrial, es necesario aplicar un plan de mantenimiento adecuado a la prevención de fallos y con un impacto mínimo tanto en el coste como en la fiabilidad y disponibilidad de los vehículos. En este sentido, el conocimiento del estado de salud de los componentes es el mejor fundamento para establecer un plan de mantenimiento predictivo y es con este propósito con el que fue concebida y ha sido desarrollada la presente aplicación, ISPMAT (Intelligent System for Predictive Maintenance Applied to Trains).

Así, ISPMAT es la aplicación de mantenimiento predictivo desarrollada por el Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid para ALSTOM transporte, con la colaboración de RENFE, inicialmente creada para dos componentes del tipo de tren de cercanías UT 450 de RENFE: bogie y compresor. Su utilización permitirá tener un mejor conocimiento del estado de salud de los componentes de este tren de cercanías contemplados, permitiendo anticiparse al fallo y evitar desmontajes innecesarios en taller, lo que sin duda repercutirá en una reducción de costes y en una aplicación más eficiente del mantenimiento a los citados componentes.

La aplicación ISPMAT ha sido diseñada para usar la información proveniente de diversos sensores para, primero, ver si contiene rasgos de anomalías y, a continuación (en caso afirmativo) investigar la raíz del problema. Para descubrir anomalías, ISPMAT utiliza como referencia modelos de comportamiento normal, obtenidos a partir de ensayos y análisis previos de datos en los componentes a diagnosticar. Los modelos se han desarrollado utilizando técnicas de redes neuronales. Finalmente, un sistema experto basado en reglas y factores de certeza es el encargado de diagnosticar la causa de las posibles anomalías. ISPMAT está diseñada para el diagnóstico inmediato tras la recepción de nueva información, bien sea con el tren en servicio o en taller. Adicionalmente, se ha incorporado dentro de ISPMAT un módulo de estudio y análisis histórico de los datos recogidos y guardados en su base de datos para cada componente ya diagnosticado con anterioridad. Desde el punto de vista del usuario, ISPMAT se articula, por tanto, en torno a tres módulos diferenciados: el módulo de adquisición de datos (**SAD**), el módulo de **diagnóstico** y el módulo **histórico**. Como módulo auxiliar, se ha incorporado asimismo un módulo de **configuración** de los tres anteriores.

A continuación, se explica al usuario de ISPMAT cómo utilizar la aplicación: se comentan las distintas ventanas a las que se puede acceder en la ejecución de ISPMAT, explicando tanto su funcionamiento como su modo de acceso. En este manual no se explican los detalles del diagnóstico, ni las reglas y modelos que se han dado de alta en el sistema (todo ello incluido en el “Manual de referencia de ISPMAT”) ni detalle alguno acerca de la programación, aspecto contemplado en el documento “Manual de programación de ISPMAT”.

## 2 SISTEMA PRINCIPAL.

### 2.1 Introducción.

El **sistema principal** de ISPMAT es el que se encarga de comunicar entre sí los distintos módulos y subsistemas de la aplicación, integrándolos y dotando a la misma de un comportamiento unificado. El sistema principal va enviando los mensajes adecuados a los demás componentes de ISPMAT, de forma que estos se activen o se desactiven, en función de las elecciones del usuario, mediante el *mecanismo de paso de mensajes* propio del entorno Windows.

### 2.2 Descripción del funcionamiento.

Se describen a continuación los detalles de uso del sistema principal de ISPMAT. Para ello, se explicará cada uno de los menús de los que consta.

#### 2.2.1 Menú principal y ventana de presentación.

La ventana de presentación está encabezada por el menú principal, como se muestra en la Figura 1. Este menú (ver detalle en la Figura 2) consta de las siguientes opciones:

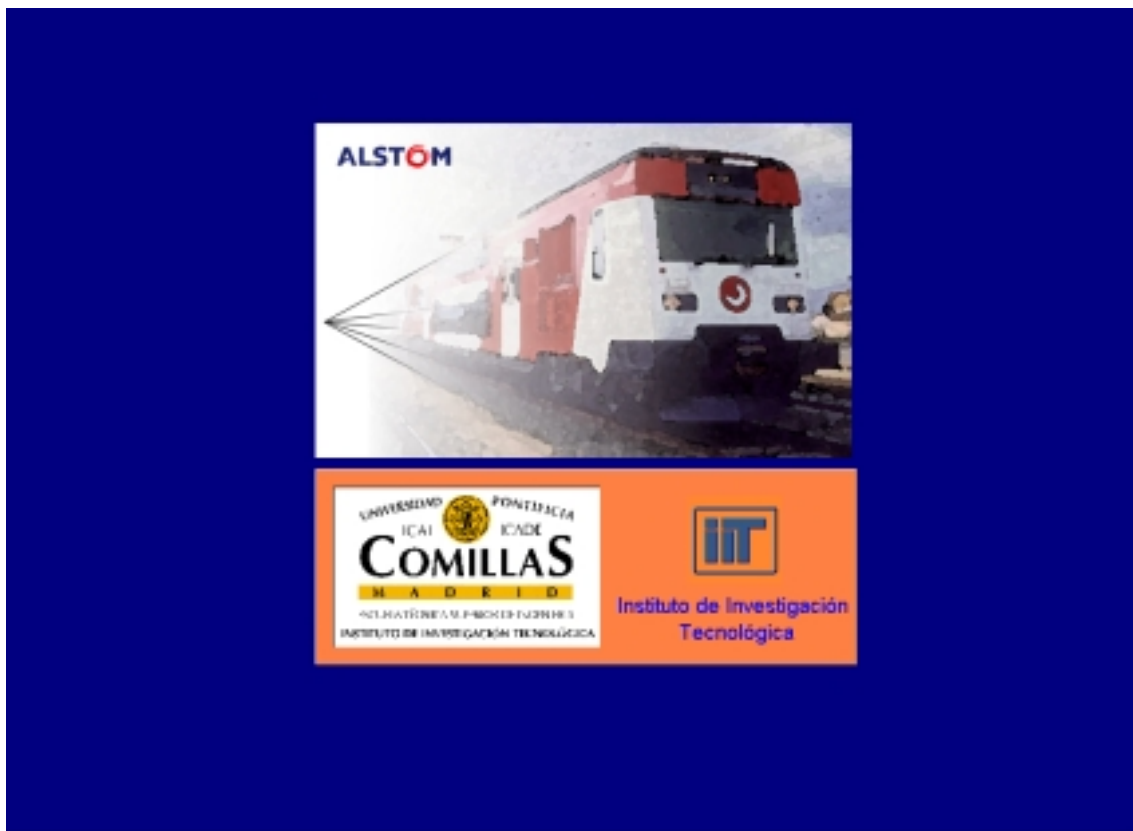


Figura 1: Ventana de presentación de ISPMAT.

- ‘**Componente**’: Permite seleccionar el tipo de componente sobre el que se desea trabajar.
- ‘**Diagnóstico**’: Esta opción activa el *sistema de diagnóstico* de ISPMAT.
- ‘**SAD**’: Pone al sistema en modo de *toma de datos*.
- ‘**Histórico**’: Llama al *módulo de gestión de datos históricos*.
- ‘**Configuración**’: Ofrece acceso a las diferentes ventanas de configuración de los distintos módulos y subsistemas de ISPMAT.
- ‘**Salir**’: Termina la ejecución de ISPMAT.

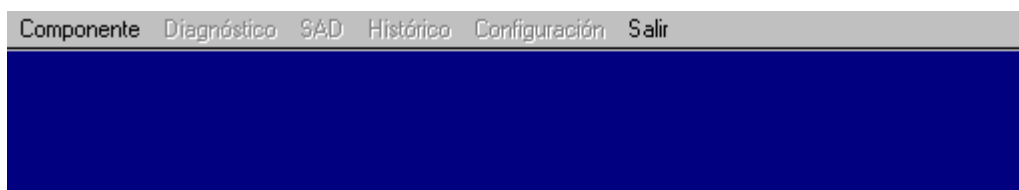


Figura 2 : Detalle del menú principal al arrancar ISPMAT.

Para poder acceder al resto de opciones del sistema ISPMAT es necesario, previamente, seleccionar el tipo de componente sobre el que se desea trabajar; es por eso por lo que sólo las opciones ‘**Componente**’ y ‘**Salir**’ están activas (en negro) en la Figura 3, en la que se muestra el menú principal al arrancar el sistema, mientras que el resto de opciones permanecen inactivas (en gris).

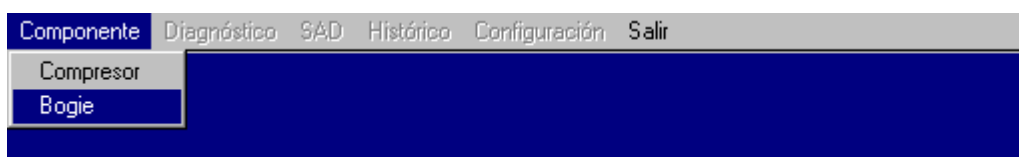


Figura 3 : Selección de componente en el menú principal.

Pulsando sobre la opción ‘**Componente**’, aparecerá un submenú con los distintos tipos de componentes disponibles para su estudio en el sistema. Actualmente, los tipos incluidos en la base de datos son: compresor y bogie (ver Figura 3). Una vez seleccionado un tipo de componente, por defecto, ISPMAT lanza la ejecución del sistema de diagnóstico. Esto hará que se marquen como activas todas las opciones del menú principal, exceptuando la propia de ‘**Diagnóstico**’. Desde ese momento, puede accederse a cualquiera de las funciones contenidas en la aplicación: ‘**Componente**’, ‘**SAD**’, ‘**Histórico**’, ‘**Configuración**’ y ‘**Salir**’.

A continuación, se explican más detalladamente las distintas funciones disponibles dentro del submenú de configuración.

## 3 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS (SAD)

### 3.1 Introducción.

El **sistema de adquisición de datos (SAD)** se encarga de recoger información procedente de sensores instalados en el componente a diagnosticar del tren, mediante una conexión RS-232 con el ordenador. La ubicación de dichos sensores es el resultado de un estudio sobre aquellos puntos que pueden aportar una información representativa del estado de salud del componente. Las señales procedentes de los sensores son recogidas a través de un equipo multicanal con capacidad de captura de hasta 32 señales de variación muy rápida recogidas simultáneamente, como son las señales de acelerómetros y corrientes, y hasta 64 señales de variación lenta, como son las señales de temperatura y presión. El subsistema de configuración del módulo de adquisición de datos de ISPMAT (ver capítulo correspondiente a *configuración*) permite la configuración flexible del equipo de adquisición de datos de acuerdo con un protocolo de recogida de información. Toda la información recogida es almacenada en la base de datos del sistema ISPMAT.

### 3.2 Descripción del funcionamiento del SAD.

La toma de datos realizada mediante el SAD se realiza de acuerdo a protocolos de ensayo y de adquisición definidos previamente mediante el módulo de *configuración*, lo cual simplifica esta fase de adquisición de datos. Los pasos que el usuario deberá dar para lanzar una toma de datos, es la siguiente:

1. Selección del protocolo de ensayo<sup>1</sup> para el desarrollo de la toma de datos.
2. Puesta en marcha del registro de datos.
3. Adquisición de una muestra de datos.
4. Almacenamiento de la muestra en la base de datos (si procede).

En la Figura 4 se muestra la primera ventana que el usuario va a encontrarse al ejecutar el SAD, ventana con la que se selecciona el protocolo de ensayo a utilizar en la adquisición de datos, en función del componente para el que ésta se realice. Asimismo, en esta ventana será donde se introduzca la información relativa al ensayo en curso y que será remitida a la base de datos para su consulta en análisis posteriores mediante el módulo histórico de los datos (ver capítulo correspondiente a *histórico*). A continuación, se detallan cada una de las partes de que consta la ventana.

---

<sup>1</sup> Un protocolo de ensayo describe las señales que se desean medir en cada ensayo, su tipo y rango, relacionándolas con los canales por los que el equipo de toma de datos se comunica con ISPMAT. La definición de protocolos de ensayo permite automatizar y estandarizar la toma de datos, simplificando la labor de toma de medidas al operario de mantenimiento.

**Abrir Protocolo de Ensayo**

Componente :  Protocolo de ensayo:

Descripción :  
del Protocolo :

Protocolos  
de  
adquisición :

Mostrar

**Ficha técnica**

ID Motriz :

ID Unidad :

Kilómetros :

Operador :

Comentarios :

Iniciar Ensayo Cancelar

Figura 4 : Ventana de selección del protocolo de ensayo.

### 3.2.1 Selección del protocolo de ensayo para el desarrollo de la toma de datos.

Se selecciona, en primer lugar, el identificador correspondiente al componente a analizar. En la parte superior izquierda de la ventana (ver Figura 4) hay un *menú desplegable* que muestra los diferentes **componentes** que están ya dados de alta en la base de datos del sistema. Si el componente para el que se desea realizar la adquisición de datos no está aún dado de alta, podrá escribirse su identificador en el campo de texto asociado al menú, con lo que será dado de alta al tiempo que se guarden los datos de la adquisición.

Eligiendo un componente se hacen accesibles, automáticamente, los diferentes **protocolos de ensayo**, dentro del menú desplegable de la parte superior derecha de la ventana; a continuación, usando este último menú, se deberá seleccionar cuál de ellos se utilizará en la adquisición. Si se intentara seleccionar un protocolo de ensayo antes de seleccionar un componente concreto, se dará un mensaje al usuario indicándole que

escoja previamente un componente. Esto ayuda a garantizar la integridad de los datos del ensayo a la hora de almacenarlos en la base de datos.

Tras seleccionar el protocolo de ensayo, se visualizará, en el campo de texto de **descripción del protocolo**, la información incluida con él en el momento de su creación; en el campo de texto relativo a **protocolos de adquisición**, el o los protocolo(s) de adquisición que conforma(n) el protocolo de ensayo. Si, a continuación, se selecciona el o alguno de estos protocolo(s) de adquisición mostrado(s) y se pulsa el botón **‘Mostrar’**, aparecerá una nueva ventana (Figura 5) en la que pueden consultarse todos los datos relativos a dicho protocolo de adquisición (esta ventana se comenta en el subapartado siguiente).

Antes de que el sistema permita proceder a la toma de datos, pulsando el botón **‘Iniciar Ensayo’**, habrá que introducir los valores correspondientes a **‘Ficha técnica’**, información relativa a la unidad para la que se realiza el ensayo, en sus campos correspondientes: la motriz (**‘ID Motriz’**), la unidad (**‘ID Unidad’**), los kilómetros que ha recorrido antes de realizarse el ensayo y que deberán especificarse necesariamente con un número positivo (**‘Kilómetros’**), un identificador del operador que realice el ensayo (**‘Operador’**) y, finalmente, los comentarios que se crean pertinentes dentro de este ensayo concreto (**‘Comentarios’**). Pulsando el botón **‘Cancelar’**, saldremos del SAD sin que se haya realizado modificación alguna en la base de datos.

### 3.2.1.1 Ventanas de visualización del protocolo de adquisición.

La ventana de la Figura 5 se comparte con el subsistema de configuración del SAD, por lo que muchos de sus controles permanecen inactivos dentro de la consulta.

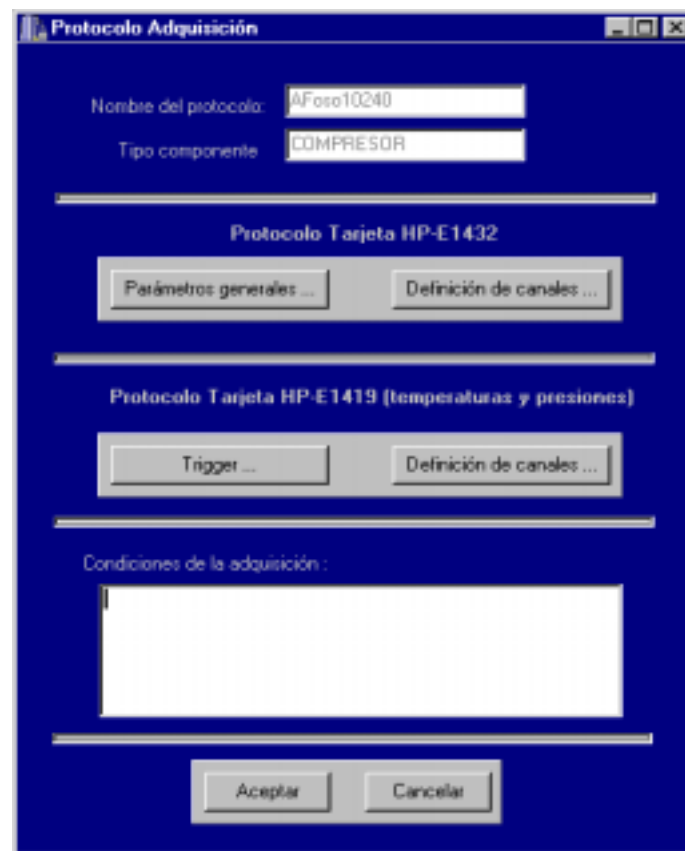


Figura 5 : Ventana de consulta de las características de un protocolo de adquisición.

Como se ha mencionado anteriormente, a través de esta ventana pueden consultarse todos los datos relativos a un protocolo de adquisición. De arriba a abajo, aparecen los controles de consulta de los datos relativos a:

- el **nombre del protocolo** de adquisición,
- el **tipo de componente** dentro de los contemplados en el sistema (compresor o bogie),
- los **parámetros generales** y la **definición de canales** del *protocolo asociado a la tarjeta* de toma de datos *HP-E1432*,
- el valor del **trigger** (tiempo entre medidas de señales de variación lenta) y la **definición de canales** del *protocolo asociado a la tarjeta* de toma de datos *HP-E1419* y, finalmente,
- las **condiciones de realización de la adquisición**.

En el caso del tipo de componente ‘bogie’, no se toman medidas mediante la tarjeta HP-E1419, por lo que los botones asociados a su protocolo de toma de datos (d) quedarán inactivos.

Dado que se trata de una consulta del protocolo de adquisición, al pulsar tanto el botón ‘**Aceptar**’ como el botón ‘**Cancelar**’ se retorna a la ventana de selección de protocolos de ensayo (recuérdese que esta ventana se reutiliza en la configuración de protocolos de adquisición).

**Protocolo HP-E1432 : Parámetros Generales**

Frecuencia de Muestreo : 10240 Hz

Frecuencia de reloj : 51200 Hz

Span : 4000 Hz

---

| Dominio del Tiempo                  | Dominio de la Frecuencia           |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| Número de muestras : 10000          | Blocksize : 8192                   |
| Tiempo de muestreo : 0.976563 s     | Tiempo de muestreo : 0.8 s         |
| Resolución en frecuencia : 1.024 Hz | Resolución en frecuencia : 1.25 Hz |
|                                     | Window : Uniform                   |
|                                     | Número de tramas de datos : 1      |

---

Condiciones de ensayo :

Aceptar Cancelar

**Figura 6 : Ventana de visualización de los parámetros generales de un protocolo HP-E1432.**

Se muestran y comentan ahora las pantallas asociadas a los botones mencionados en los puntos (c) y (d) –comentadas más extensamente en el capítulo de configuración–.

Mediante la ventana de la Figura 6 se visualizan los parámetros de configuración de una unidad de toma de datos HP-E1432 para su interacción con ISPMAT: las **frecuencias de muestreo** y de **reloj**, así como el **span** y las **condiciones de realización del ensayo**, por un lado; por otro lado, y separadas por dominios, el **número de muestras**, **tiempo de muestreo** y **resolución de frecuencia** para medidas en el dominio del tiempo, el tamaño del bloque de datos (**blocksize**), **tiempo de muestreo**, **resolución en frecuencia**, tipo de ventana de muestreo (**window**) y **número de tramas de datos** por muestra y canal, para medidas en el dominio de la frecuencia.



Figura 7 : Ventana de visualización de los parámetros de los canales de un protocolo HP-E1432.

En la figura anterior se muestra la ventana para visualizar datos más concretos de configuración de cada canal de la unidad de toma de datos HP-E1432. En ella aparecerán, para el **grupo de canales** seleccionado (van de cuatro en cuatro), el **punto de medida** asociado al canal, el **modo** de corriente (alterna – AC o continua – DC) y el **rango** en voltios de la señal, siempre y cuando el tipo de conexión coincida con el seleccionado en el menú correspondiente a ‘**Tipo de Conexión**’ (izquierda).

La Figura 8, por su parte, contiene la ventana de visualización del único parámetro general de una unidad de toma de datos HP-E1419 para su interacción con ISPMAT: el **trigger** en segundos o tiempo que transcurre entre tomas de datos mediante esta unidad.

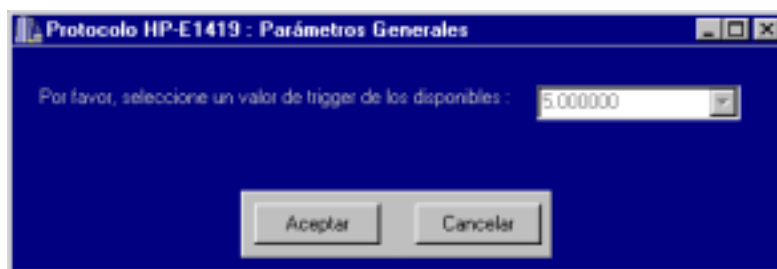


Figura 8 : Ventana de visualización del trigger (parámetro general) de un protocolo HP-E1419.

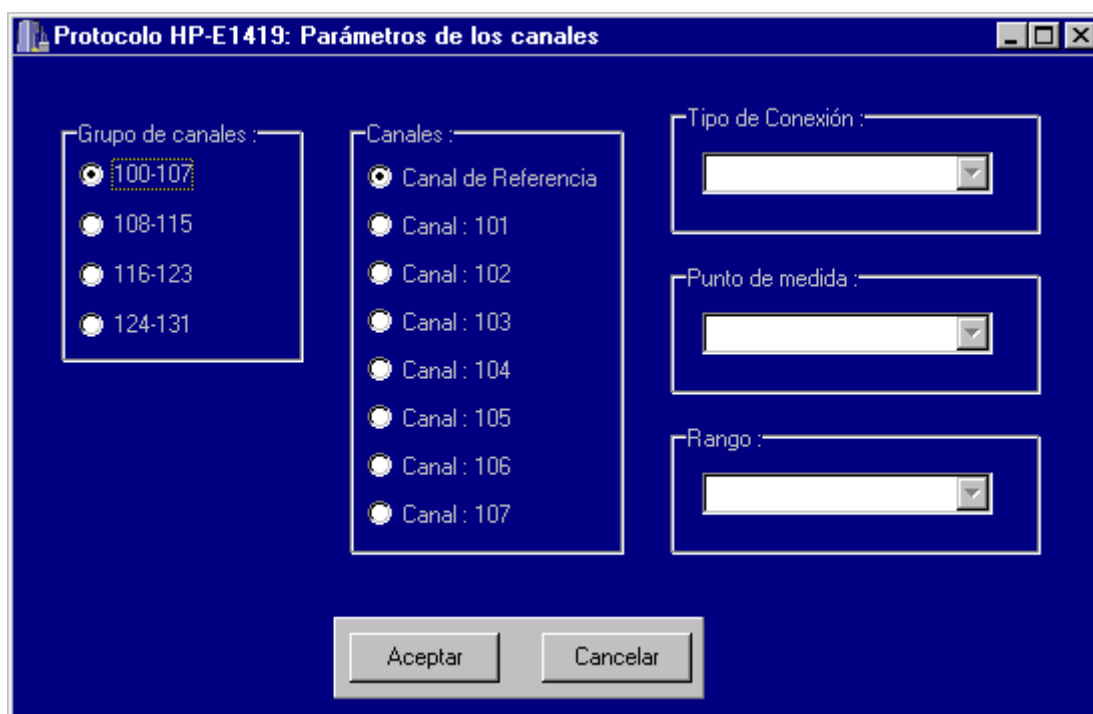


**Figura 9 : Ventana de visualización de los parámetros de los canales de un protocolo HP-E1419.**

La Figura 9 muestra la ventana con detalles de configuración los canales de la unidad de toma de datos HP-E1419 (cuatro grupos de ocho, que se seleccionan mediante la lista de la izquierda). En esta ventana aparecen, para el **canal** seleccionado en la lista central, el **tipo de conexión**, el **punto de medida** asociado al canal y el **rango** en voltios de la señal.

Se comentan a continuación los detalles de navegación por las ventanas del proceso de toma de datos propiamente dicho, comenzando por las ventanas de mensajes acerca del resultado de la conexión con el equipo de toma de datos, para pasar después a introducir el funcionamiento de la ventana de adquisición de datos principal, en sus dos vertientes: la ventana para el compresor y la ventana para el bogie, esta última un tanto más sofisticada.

### 3.2.1.2 Ventanas de Establecimiento de la Conexión.

Una vez pulsado el botón '**Iniciar Ensayo**' de la pantalla de selección del protocolo de ensayo (Figura 4) aparecerá una ventana como la que detallada en la Figura 10, para informar al usuario de que es el momento de encender la unidad de toma de datos y hacer una última comprobación del cableado, si es que aún no se han realizado estas operaciones.

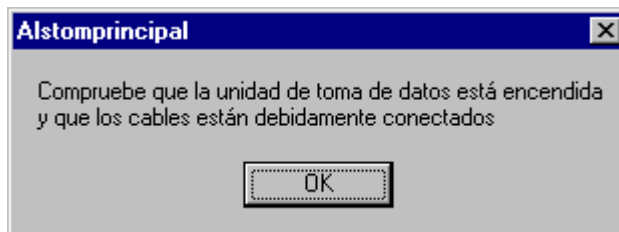


**Figura 10 : Ventana previa al establecimiento de conexión con la unidad de toma de datos.**

Una vez pulsado el botón de ‘OK’ de la ventana anterior, aparecerá una nueva ventana que nos informará del progreso y/o resultado de la operación de establecimiento de conexión con la unidad de toma de datos. En caso de que ocurriera algún error en la conexión, se mostrarán dos ventanas superpuestas (Figura 11 y Figura 12):

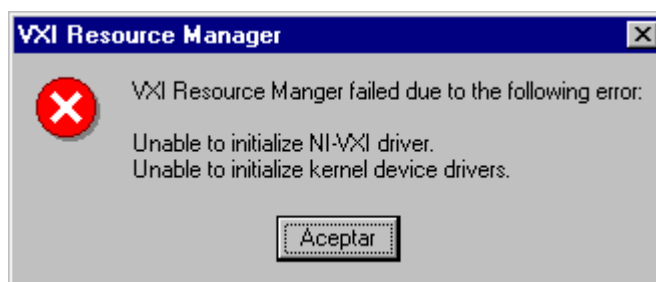


**Figura 11 : Ventana con detalles de un error en la conexión con la unidad de toma de datos.**

Pulsando el botón de ‘Aceptar’ de la ventana activa (Figura 11) se termina la ejecución de la herramienta ISPMAT (se asume un error externo a la aplicación que deberá ser solucionado antes de ejecutarse de nuevo).



**Figura 12 : Ventana de notificación de error en la conexión con la unidad de toma de datos.**

Por el contrario, si la conexión con la unidad de toma de datos finalizó sin errores, es decir, existe ya una comunicación efectiva de datos entre el equipo de medida y el equipo en el que se ejecuta ISPMAT, aparecerá una ventana como la de la Figura 13, para notificar el éxito en la conexión.

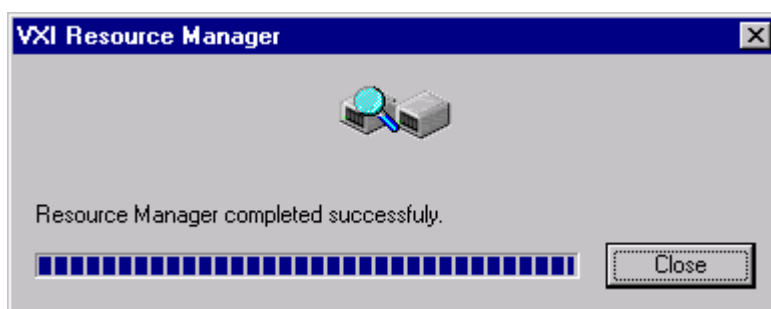


**Figura 13 : Ventana de fin de conexión correcta con la unidad de toma de datos.**

### 3.2.1.3 Ventanas de adquisición de datos.

Se muestra, en primer lugar, el funcionamiento general de la ventana de toma de datos para el compresor, pues la propia del bogie contiene todos los elementos de la primera, además de otros añadidos para permitir la toma de datos automática, con el tren en servicio, de este segundo tipo de componentes.

### 3.2.1.3.1 Ventana de adquisición de datos del compresor.

Casi con toda seguridad, lo que primero capte la atención del operario que se encuentra ejecutando la aplicación será el **gráfico** que aparece en la parte central de la ventana y que representa el componente que se va a monitorizar.

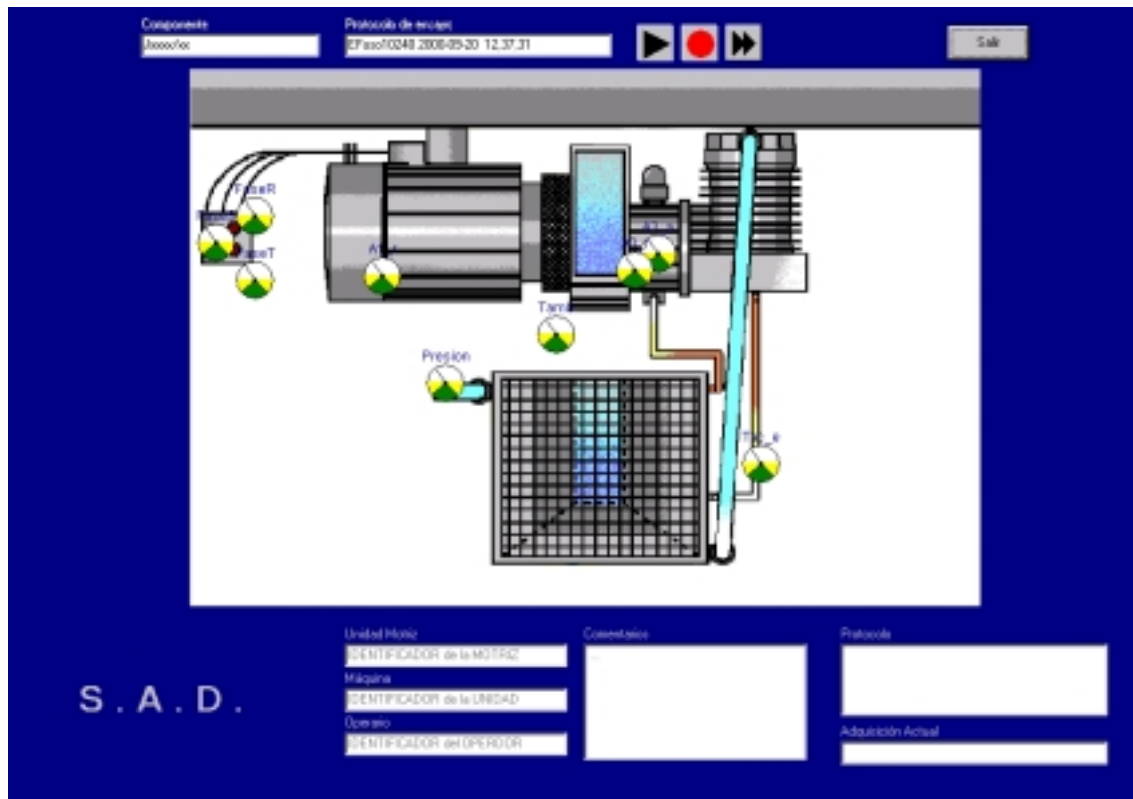


Figura 14 : Ventana de adquisición de datos para un componente de tipo compresor.

Como se observa en la Figura 14, sobre este gráfico se sitúan una serie de círculos, a los que llamaremos **medidores**, por medio de los cuales podemos visualizar los valores de cada sensor colocado en el componente. En esta pantalla, estos medidores están fijos y su tamaño no puede variarse. Su posición sobre el gráfico del componente, al igual que su tamaño, son parámetros que se suministran al protocolo de adquisición a través de las funciones de configuración correspondientes, puesto que se intentará hacer que se corresponda con la posición física de su sensor asociado sobre el tren aunque, de cualquier forma, en el gráfico se encuentran etiquetados con una abreviatura apropiada. Haciendo doble 'clic' sobre cualquiera de estos medidores aparecerá una gráfica, asociada a las medidas que se han tomado hasta ese instante mediante su sensor asociado. Si se trata de una medida de presión o temperatura, la gráfica será como la mostrada en la Figura 16; en caso contrario, la gráfica será parecida a la de la Figura 15.

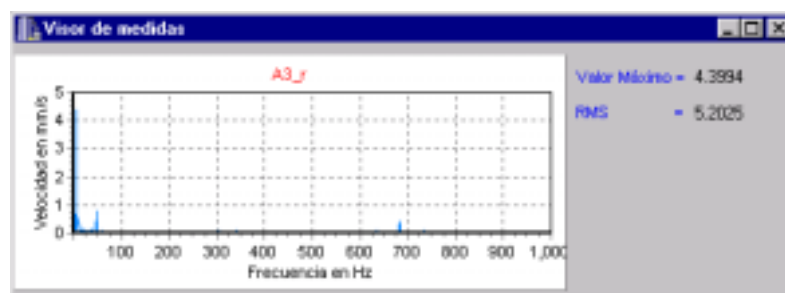


Figura 15 : Ejemplo de ventana de visualización de las medidas de variación rápida.

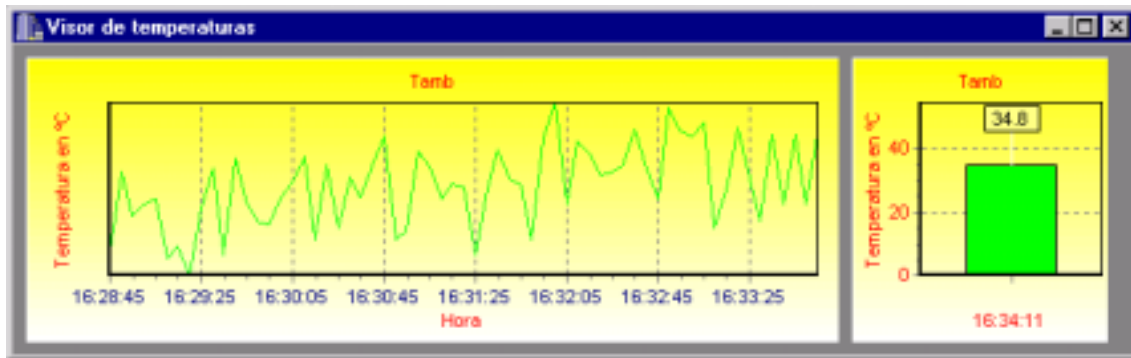


Figura 16 : Ejemplo de ventana de visualización de las medidas de variación lenta.

En ambos tipos de gráficas (Figura 15 y Figura 16) podemos **re-escalar las medidas**: manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón desde un punto por encima y a la izquierda de la zona que se desea ampliar, arrastramos el puntero, seleccionando esta zona, a un punto a la derecha y por debajo de la misma. Al dejar de pulsar el botón del ratón se verá una ampliación de la zona seleccionada. Por otro lado, para reducir la escala, se seguirá el mismo proceso que en el caso anterior, pero seleccionando la zona a reducir desde abajo y a la derecha hacia arriba y a la izquierda. Por otro lado, también se puede **desplazar el origen de coordenadas** si se pulsa el botón derecho del ratón y, manteniéndolo pulsado, arrastramos el ratón en cualquier dirección (en función de la zona que se desee visualizar).

Volviendo a la descripción de la ventana de adquisición para el compresor (Figura 14), por debajo del gráfico central se encuentran una serie de campos de texto no modificables por el operario, pues son la información del ensayo o ficha técnica que el mismo operario ha debido rellenar antes de llegar a esta pantalla: los identificadores de la **unidad motriz**, de la **máquina** y del **operario**, los **comentarios** y detalles acerca del **protocolo de ensayo** seguido y la **adquisición actual** (en curso). Por encima del gráfico, a la izquierda, aparecen también otros dos campos no modificables por el usuario: el identificador del **componente** que se está monitorizando y el nombre del **ensayo** utilizado para la toma de datos.

### 3.2.2 Puesta en marcha del registro de datos.

Los elementos que juegan un papel fundamental en la toma de datos son los tres botones agrupados en la zona superior central del gráfico del componente. Al pulsar el botón de la izquierda (**'Comienzo'**) se pone en marcha el registro en memoria de los datos que llegan del equipo de muestreo.

### 3.2.3 Adquisición de una muestra de datos.

Cuando se han recogido datos suficientes o se estima, mediante la visualización de alguna de las medidas, que es necesario guardar las medidas existentes tomadas en un instante dado, se pulsará el botón de **'Grabado'**, que es el botón situado en el centro de los tres mencionados. Esto provoca el almacenamiento de los datos hasta ahora recogidos en una zona intermedia de memoria, a salvo de ulteriores re-escrituras por parte de la unidad de toma de datos.

### 3.2.4 Almacenamiento de la muestra en la base de datos.

Una vez comprobada la relevancia de las medidas salvaguardadas, puede pulsarse el botón más a la derecha de los tres, de '**Almacenado**', que guarda la adquisición en la base de datos y, si el protocolo contiene más de una adquisición, prepara y lanza la siguiente. *Si no quedan más adquisiciones que realizar, se terminará la ejecución del SAD, cediendo el control al sistema de diagnóstico, que tomará la última adquisición realizada como entrada para su proceso.*

Es MUY IMPORTANTE respetar el orden de pulsado de los tres botones anteriormente mencionados ('**Comienzo**' → '**Grabado**' → '**Almacenado**') para garantizar que los datos que se guardan en la base de datos son consistentes; en caso contrario, nada puede asegurarse acerca de la validez de los mismos.

Finalmente, el botón '**Salir**' permite cancelar la toma de datos en cualquier momento; si se posee en ese instante una adquisición consistente en memoria (se ha pulsado previamente el botón de '**Grabado**') esta será guardada en la base de datos. En caso contrario, simplemente se abandonará la toma de datos. En ambos casos, se cede el control al sistema de diagnóstico, aunque en este caso no se le pedirá que dispare sus métodos sobre adquisición alguna.

### 3.2.5 Ventana de adquisición de datos del bogie – Toma de Datos Automática.

Como se ha dejado entrever con anterioridad, se ha dotado al sistema de la capacidad de tomar datos automáticamente, sin necesidad de intervención humana alguna a partir del momento de su inicio, para el caso del bogie, de forma que también puedan obtenerse datos con el tren en marcha, sin necesidad de embarcar al operario en la cabina. Para ello, se ha optado por definir unos umbrales de velocidad del tren, de vibración en cabina y de intensidades de corriente entre los cuales deben oscilar las medidas correspondientes para considerar que estas son válidas (para ver cuáles son exactamente estos umbrales, consúltase el **manual de referencia de ISPMAT**) de forma que, cuando las medidas recogidas cumplen las condiciones requeridas, se guardan de forma automática en la base de datos. Es por esto por lo que, aparte del cambio en el gráfico asociado al componente y a sus medidores asociados (pues, obviamente, ahora aparece el esquema de un bogie y no de un compresor) dos son las diferencias principales de esta ventana con respecto a la del compresor, como puede verse en la Figura 17:

- Hay un nuevo botón, justo a la izquierda del botón '**Salir**', etiquetado como '**Modo Manual**'. Este botón sirve para determinar cómo se va a realizar la adquisición de datos: controlada por el operario o de forma automática. La etiqueta del botón indica la selección actualmente en curso, es decir: si se desea que ISPMAT funcione en modo automático y el botón indica '**Modo Manual**', habrá que pulsar dicho botón, que cambiará su etiqueta a '**Modo Automático**', y dejar al sistema realizar su trabajo.

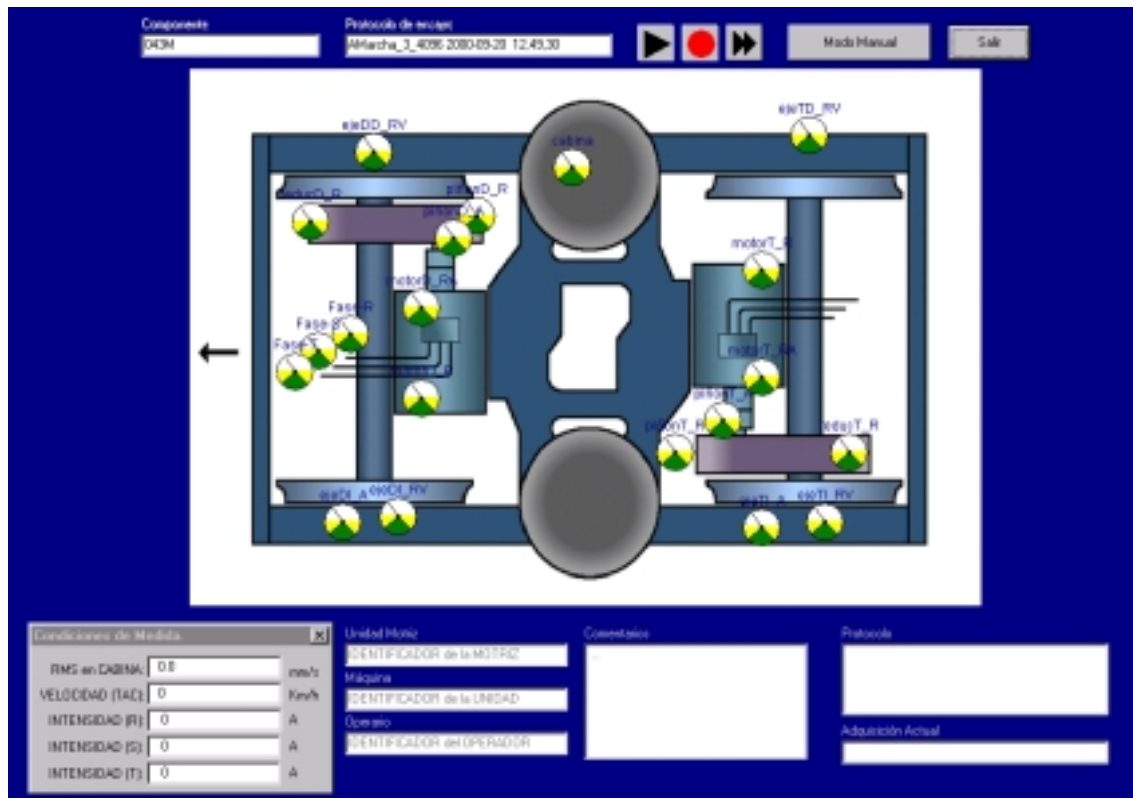


Figura 17 : Ventana de adquisición de datos para un componente de tipo bogie.

- Se ha incorporado una ventana auxiliar ‘**Condiciones de Medida**’ (esquina inferior izquierda) para la monitorización más detallada de las medidas que determinan la validez de una adquisición para su inclusión en la base de datos.

## 4 GESTIÓN DE DATOS HISTÓRICOS

### 4.1 Introducción.

ISPMAT dispone de un **módulo de gestión de datos históricos**, que se encarga de recoger de la base de datos históricos del sistema ISPMAT aquella información solicitada por el usuario y que ha sido previamente almacenada mediante el sistema de adquisición de datos (SAD) de la aplicación. Los datos históricos serán mostrados en pantalla. Las funciones de este módulo abarcan dos tipos genéricos de consultas: las encaminadas al estudio de una determinada adquisición de datos y las encaminadas al estudio comparativo de una determinada medida en distintas adquisiciones.

### 4.2 Descripción del funcionamiento del módulo de gestión de datos históricos.

El funcionamiento de este módulo es semejante al del sistema de Diagnóstico. No en vano, con la intención de facilitar la labor de aprendizaje al usuario de ISPMAT, se ha diseñado cada una de las ventanas principales de sus componentes lo más semejantes posible. Aún así, como cada uno de los distintos módulos de ISPMAT, éste tiene sus peculiaridades, que se comentan a continuación, junto con el resto de sus funciones.

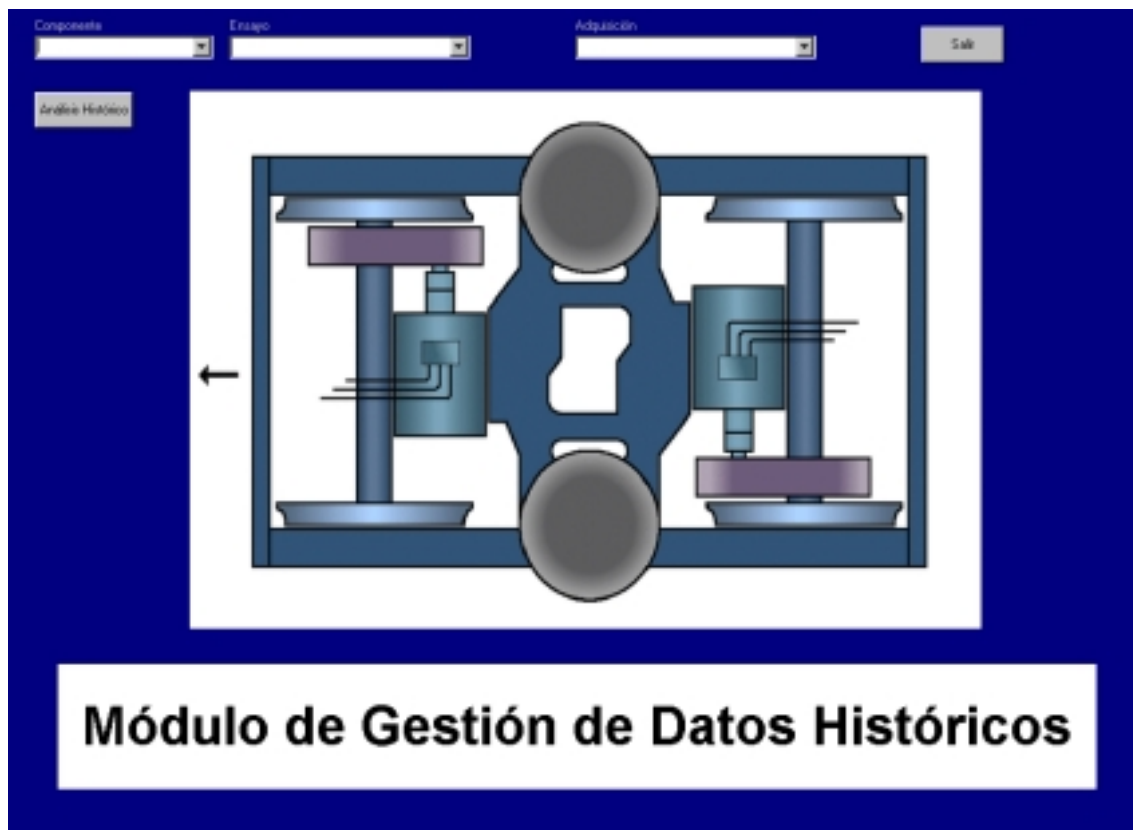


Figura 18 : Ventana principal del módulo de gestión de datos históricos.

### 4.2.1 Ventana principal del Sistema Histórico de Datos.

En la Figura 18 se muestra la primera ventana que verá el usuario al seleccionar, en el menú principal, la opción de gestión de datos históricos, para el caso del bogie<sup>2</sup>. Domina en ella, en su parte central, el esquema del *tipo de componente* que se va a estudiar mediante este módulo, *elegido con anterioridad mediante el menú principal de ISPMAT*. En la parte superior aparecen los menús desplegables para seleccionar el identificador del **componente**, el nombre del **ensayo** y la **adquisición** deseados, en el caso de que el usuario busque consultar datos relativos a una única adquisición. A la izquierda del esquema del componente aparece el botón '**Análisis Histórico**', para la realización de estudios comparados entre distintas adquisiciones de un mismo punto de medida para un mismo componente. Por último, en la esquina superior derecha encontramos el botón '**Salir**', para cerrar la ventana del módulo. A continuación se detallan por separado los dos distintos modos de consulta incorporados en el módulo, comenzando por la realización de consultas de adquisiciones aisladas para, después, mostrar cómo se realizan consultas comparativas entre adquisiciones.

### 4.2.2 Consultando una determinada adquisición.

Para ver los datos relativos a una única adquisición, el usuario deberá comenzar seleccionando el **componente** que desea analizar, haciendo uso del menú desplegable de la esquina superior izquierda, en el que aparecerán todos aquellos componentes dados de alta en la base de datos del sistema. Sólo una vez seleccionado un componente pueden ser presentados en el menú correspondiente a '**Ensayo**' todos los ensayos realizados para el mismo. Por lo tanto, mientras el usuario no realice la selección de un componente, los menús '**Ensayo**' y '**Adquisición**' (por idéntico motivo) permanecerán vacíos. Una vez seleccionado el ensayo deseado, aparecen en el menú de adquisiciones aquellas que se realizaron en el ensayo escogido, momento en el que el usuario puede elegir la adquisición de su interés. En resumen, los pasos a dar para lanzar la consulta de una adquisición son los tres mostrados en la ilustración adjunta.

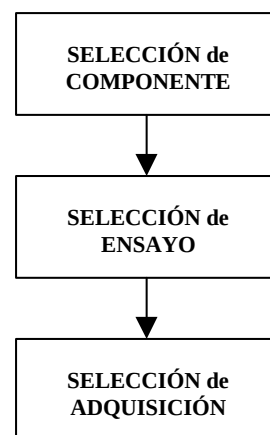


**Ilustración 1 : Pasos a dar en la selección de adquisiciones.**

Una vez seleccionada la adquisición, se hará visible toda una serie de controles, hasta entonces ocultos. En la esquina superior izquierda aparecerán los tres botones siguientes: '**Inf. del Ensayo**', '**Exportar Adq.**' y '**Eliminar Adq.**', que serán comentados en subapartados posteriores. Si el ensayo contiene más de una adquisición, a la izquierda del menú '**Adquisición**' aparecerá el botón de selección de la '**Anterior**' adquisición y, a la izquierda de éste, el botón de selección de la '**Primera**' adquisición del ensayo. Igualmente, si el ensayo contiene más de una adquisición, a la derecha del menú '**Adquisición**' aparecerá el botón de selección de la '**Siguiente**' adquisición y, a la derecha de éste, el botón de selección de la '**Última**' adquisición del ensayo. El funcionamiento de estos cuatro botones no requiere mayor explicación, pues simplemente sirven para ir recorriendo las distintas adquisiciones de un ensayo; únicamente, cabe mencionar que si la adquisición seleccionada es la primera o la última, el botón correspondiente a '**Anterior**', en el primer caso, o a '**Siguiente**', en el segundo, estará inhabilitado.

<sup>2</sup> El caso del compresor es completamente análogo, de ahí que no aparezca su ventana principal.

El nuevo aspecto de la pantalla del módulo cuando se selecciona una adquisición, con todos sus controles visibles, puede observarse en la Figura 19.



Figura 19 : Consulta de una adquisición en el módulo de gestión de datos históricos.

Como puede verse en la figura anterior, sobre el esquema del componente se ha situado también otro tipo de controles, una serie de círculos, a los que llamaremos **medidores**, por medio de los cuales pueden visualizarse los valores de la medida de cada sensor colocado en el componente durante la adquisición. La posición de un medidor, sobre el gráfico del componente, es un parámetro que se suministra al protocolo de adquisición a través de la función de configuración correspondiente, puesto que se intenta que se corresponda con la posición física sobre el tren de su sensor asociado aunque, de cualquier forma, en el gráfico se encuentra etiquetado con una abreviatura apropiada. Haciendo doble 'clic' sobre cualquiera de estos medidores aparecerá una gráfica, construida con los datos almacenados para el punto de medida asociado. Si se trata de una medida de presión o temperatura, la gráfica será como la mostrada en la Figura 21; en caso contrario, la gráfica será parecida a la de la Figura 20.

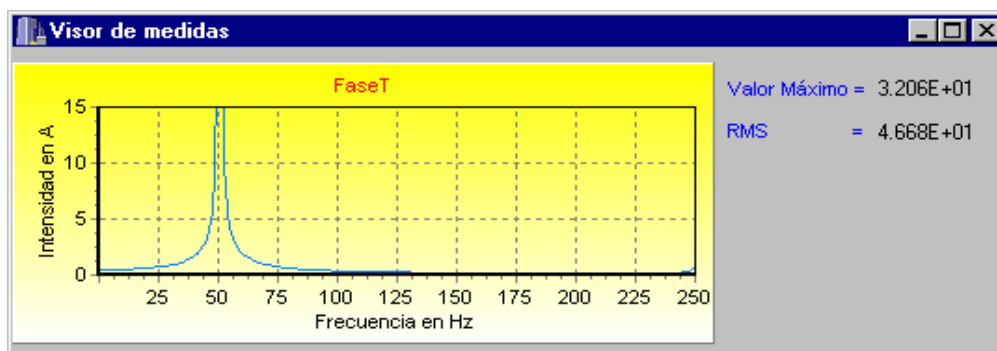


Figura 20 : Ejemplo de ventana de visualización de las medidas de variación rápida.

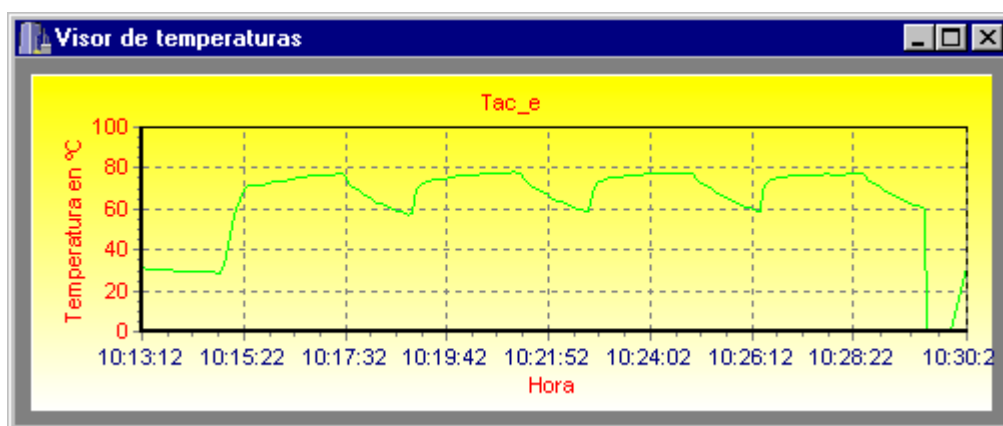


Figura 21 : Ejemplo de ventana de visualización de las medidas de variación lenta.

En ambos tipos de gráficas (Figura 20 y Figura 21) podemos **re-escalar las medidas**. El proceso a seguir es el siguiente: manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón desde un punto por encima y a la izquierda de la zona que se desea ampliar, arrastramos el puntero, seleccionando esta zona, a un punto a la derecha y por debajo de la misma. Al dejar de pulsar el botón del ratón se verá una ampliación de la zona seleccionada. Por otro lado, para reducir la escala, se seguirá el mismo proceso que en el caso anterior, pero seleccionando la zona a reducir desde abajo y a la derecha hacia arriba y a la izquierda. Por otro lado, también se puede **desplazar el origen de coordenadas** si se pulsa el botón derecho del ratón y, manteniéndolo pulsado, arrastramos el ratón en cualquier dirección (en función de la zona que se desee visualizar).

#### 4.2.2.1 La información del ensayo.

Durante la toma de datos desde la unidad de medida se almacena en la base de datos, junto con las medidas físicas, cierto tipo de información acerca del ensayo, como el número de componente o la unidad de tren que se está monitorizando.

|               |                                    |
|---------------|------------------------------------|
| Ensayo :      | 3Marcha 3 4096 2000-06-11 10:19:22 |
| Componente :  | 043M                               |
| ID Motriz:    | 043M                               |
| ID Unidad :   | 002                                |
| Operador :    | Antonio                            |
| Duración :    | 237                                |
| Descripción : | Atocha-Alcalá                      |

Figura 22 : Ventana de visualización de información complementaria de los ensayos.

Pulsando el botón '**Inf. del Ensayo**' que aparece en la esquina superior izquierda de la ventana principal (Figura 19) aparecerá una ventana como la de la Figura 22, en la que se recogen todos estos datos complementarios del ensayo y de la adquisición: los identificadores del ensayo, del componente, de la motriz y la unidad, un indicativo del operador que realizó el ensayo, la duración del mismo y toda la información adicional

incluida como comentarios en el momento de la adquisición (en el campo de texto llamado '**Descripción**'). Al cerrar esta ventana se devolverá el control a la ventana principal del módulo Histórico.

#### 4.2.2.2 Exportar Adquisiciones.

En ciertas ocasiones, para realizar estudios más avanzados sobre los datos de una o varias adquisiciones, o para re-entrenar los modelos de diagnóstico de ISPMAT, es necesario tener disponibles los datos exactos relativos a medidas en un fichero, con un formato compatible con programas comerciales como, por ejemplo, MatLab. Es por eso por lo que se ha incluido en este módulo la opción de exportar los datos de las medidas de una adquisición a ficheros que contienen tantas columnas como puntos de medida son incluidos en el mismo, separadas por una tabulación simple. En la Ilustración 2 se ha incluido un extracto de un fichero de señales de variación lenta.

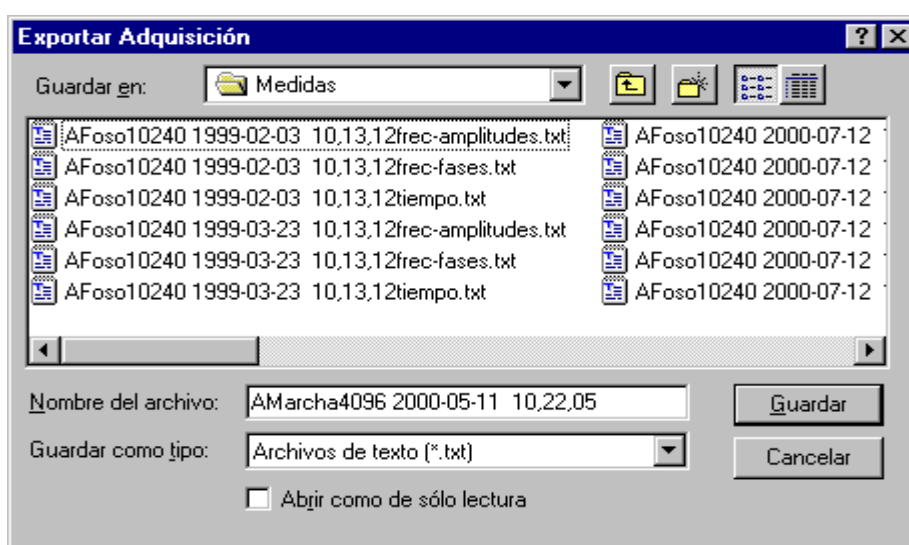


Figura 23 : Cuadro de Diálogo para la selección del fichero en el que grabar la adquisición.

Pulsando el botón '**Exportar Adq.**' de la ventana principal (Figura 19) el sistema mostrará una ventana como la de la Figura 23. Con ella se seleccionan el directorio de destino y el comienzo del nombre de los ficheros que se han de generar para la adquisición seleccionada; por defecto, el sistema sugerirá el nombre de la adquisición como comienzo del nombre de los ficheros, pero es potestad del usuario cambiar o respetar esta sugerencia. Supongamos que el usuario decide que los nombres de los ficheros comiencen, como en la Figura 23, por "*Amarcha4096 2000-05-11 10,22,05*". En el caso de adquisiciones para un compresor, los ficheros creados serían:

- Medidas asociadas a señales de variación lenta/en el dominio del tiempo (temperaturas y presiones): "*Amarcha4096 2000-05-11 10,22,05tiempo.TXT*".
- Medidas asociadas a señales de variación rápida/en el dominio de la frecuencia (vibración y corriente):
  - "*Amarcha4096 2000-05-11 10,22,05frec-amplitudes.TXT*" (datos relativos a las amplitudes de las medidas)
  - "*Amarcha4096 2000-05-11 10,22,05frec-fases.TXT*" (datos relativos a las fases de las medidas)

En el caso de un bogie, sólo se toman medidas asociadas a señales de variación rápida, por lo que únicamente se generarían los *ficheros* “Amarcha4096 2000-05-11 10,22,05frec-amplitudes.TXT” y “Amarcha4096 2000-05-11 10,22,05frec-fases.TXT”.

|              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| 1.281500e+01 | 3.094500e+01 | 8.971493e+00 |
| 1.264800e+01 | 3.080800e+01 | 8.964438e+00 |
| 1.243300e+01 | 3.064400e+01 | 8.957123e+00 |
| 1.216400e+01 | 3.050800e+01 | 8.949962e+00 |
| 1.228400e+01 | 3.036000e+01 | 8.942618e+00 |
| 1.220700e+01 | 3.025300e+01 | 8.935485e+00 |
| 1.211800e+01 | 3.011900e+01 | 8.928142e+00 |
| 1.192500e+01 | 3.003000e+01 | 8.920877e+00 |
| 1.180700e+01 | 2.989800e+01 | 8.913560e+00 |
| 1.193900e+01 | 2.980800e+01 | 8.906425e+00 |
| 1.187500e+01 | 2.970900e+01 | 8.899188e+00 |
| .....        | .....        | .....        |

**Ilustración 2 : Ejemplo de fichero de señales en el dominio del tiempo.**

Si el usuario no deseara continuar con la operación de escritura de datos en el fichero, pulsando el botón de ‘Cancelar’ en la ventana de la Figura 23, aparecería una nueva ventana como la de la Figura 24 y se devolvería el control a la ventana principal del sistema Histórico.

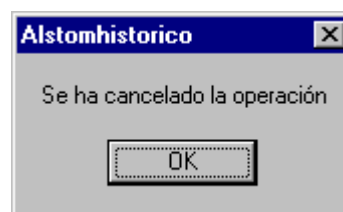


**Figura 24 : Mensaje que indica al usuario que se ha cancelado la operación de exportación.**

#### 4.2.2.3 Eliminar Adquisiciones de la Base de Datos.

Puede darse la situación de que cierta adquisición sea considerada inválida en el momento de ser almacenada en la base de datos del sistema como, por ejemplo, por fallos en la conexión de algún sensor. En ese caso, probablemente se deseará eliminarla de la base de datos. A estos efectos, ha sido incluido en la ventana principal del módulo Histórico el botón ‘**Eliminar Adq.**’. Este botón sólo es visible si se encuentra seleccionada una adquisición de la base de datos por lo que, cuando el usuario lo pulsa, es esa adquisición la que el sistema procederá a borrar, previa petición de confirmación de la operación (ver Figura 25).

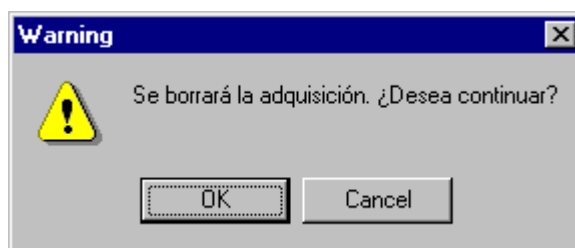


**Figura 25 : Petición de confirmación de la operación de borrado.**

Una vez confirmada la operación de borrado, se eliminan todos los registros relativos a la adquisición de la base de datos.

### 4.2.3 Realizando una consulta comparativa sobre un componente.

Una vez introducidos ya todos los detalles relacionados con la ventana principal y las consultas de adquisiciones, falta por describir la función de comparación gráfica entre medidas realizadas en un mismo punto de medida para un determinado componente en diferentes adquisiciones. Esta función se activa al pulsar el botón ‘**Análisis Histórico**’ de la ventana principal del módulo: en ese momento, se mostrará al usuario una ventana como la que aparece en la Figura 26. Esta ventana consta de un menú desplegable para la selección, en primer lugar, del **componente** que se desea estudiar (parte superior, centro). Debajo de este primer menú se ha situado un segundo menú, también desplegable, que se encargará de mostrar los **puntos de medida** definidos para el *tipo de componente* manejado. La lista de ‘**Adquisiciones disponibles**’, que aparece en la parte central derecha de la ventana, se inicializa *cada vez* que el usuario selecciona un componente para su estudio. En ese momento es posible ir marcando para su selección, bien con las teclas del cursor, bien con el botón izquierdo del ratón, las distintas adquisiciones que se han de mostrar en el gráfico comparativo. Sólo podrá marcarse una adquisición cada vez, que será seleccionada pulsando el botón situado a la izquierda de la lista de ‘**Adquisiciones disponibles**’ (o bien pulsando la tecla ‘**Insert**’) siendo añadida a la lista de ‘**Adquisiciones seleccionadas**’, que aparece en la parte central izquierda de la ventana.

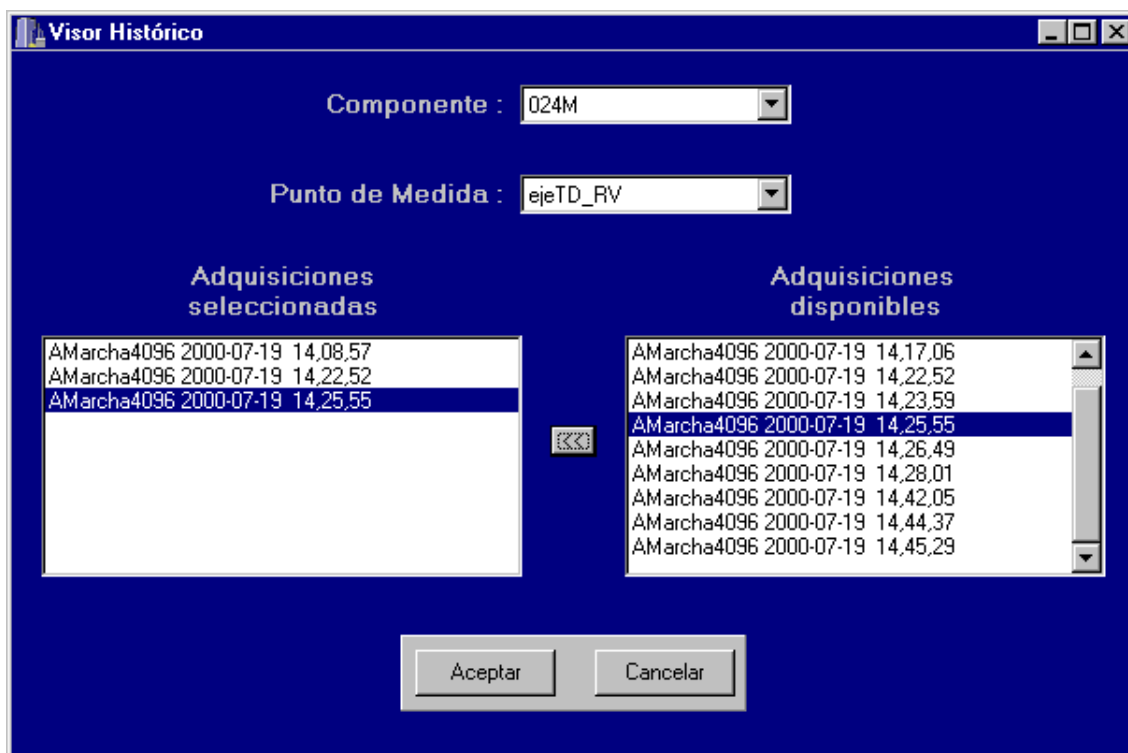


Figura 26 : Ventana para la selección de componente, punto de medida y adquisiciones.

Siempre que se desee eliminar una adquisición de la lista de ‘Adquisiciones seleccionadas’, bastará con marcarla pulsando sobre ella el botón izquierdo del ratón o pulsando las teclas del cursor y, a continuación, pulsando la tecla ‘**Supr**’.

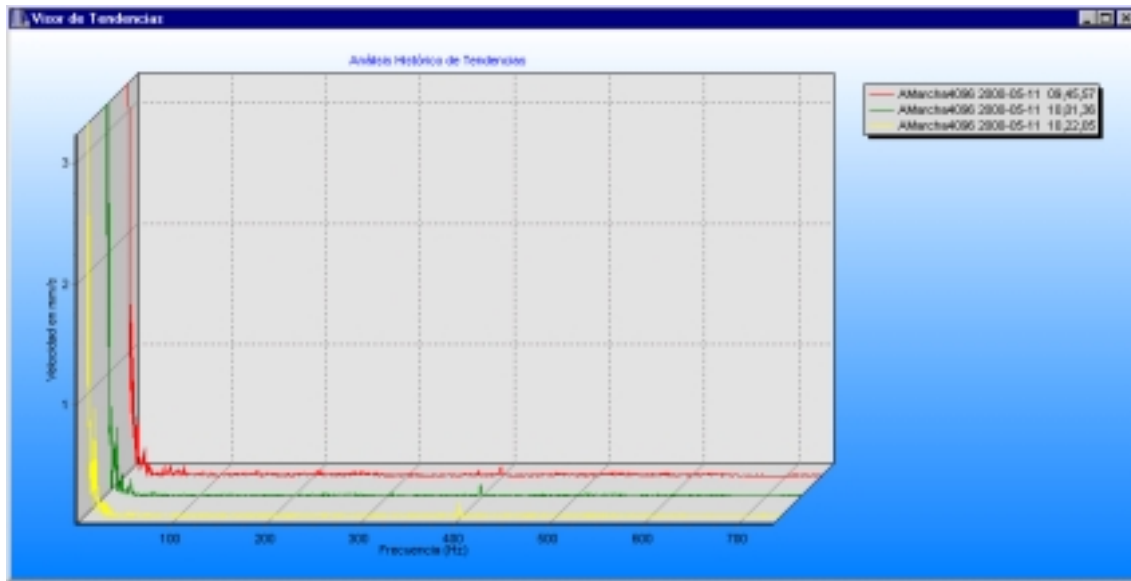


Figura 27 : Gráfico de estudio comparativo entre adquisiciones.

Por limitaciones en la resolución y en el tamaño de los gráficos generados, se ha optado por reducir el número máximo de adquisiciones seleccionadas a diez. Por lo tanto, si el usuario superara ese número, cuando éste pulsara el botón de ‘Aceptar’, para visualizar la gráfica con las adquisiciones seleccionadas (ver Figura 27), el sistema le indicaría que es necesario eliminar alguna(s) de ellas para poder seguir adelante (ver Figura 28).

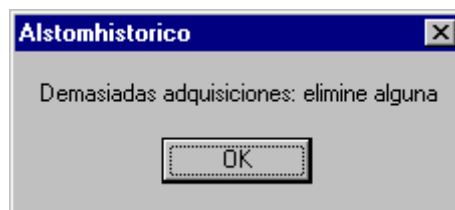


Figura 28 : Ventana de advertencia – demasiadas adquisiciones seleccionadas.

## 5 SISTEMA DE DIAGNÓSTICO

### 5.1 Introducción.

El **sistema de diagnóstico** es el responsable del análisis de los datos recogidos y almacenados en la base de datos de ISPMAT para descubrir si en ellos hay síntomas de la presencia de anomalías en el componente, así como de determinar (diagnosticar) la causa o causas de los síntomas de anomalía detectados. Este módulo es un sistema experto capaz de interpretar los resultados de los modelos basados en redes de neuronas que son utilizados en la detección de anomalías y usar el conocimiento que tiene en su base de conocimientos para diagnosticar el problema detectado en el componente.

### 5.2 Descripción del funcionamiento del Sistema de Diagnóstico.

El funcionamiento de este sistema es semejante al del *módulo de gestión de datos históricos*. No en vano, con la intención de facilitar la labor de aprendizaje al usuario de ISPMAT, se ha diseñado cada una de las ventanas principales de sus componentes lo más semejantes posible. Aún así, como cada uno de los distintos módulos y sistemas de ISPMAT, éste tiene sus peculiaridades, que se comentan a continuación, junto con el resto de sus funciones.

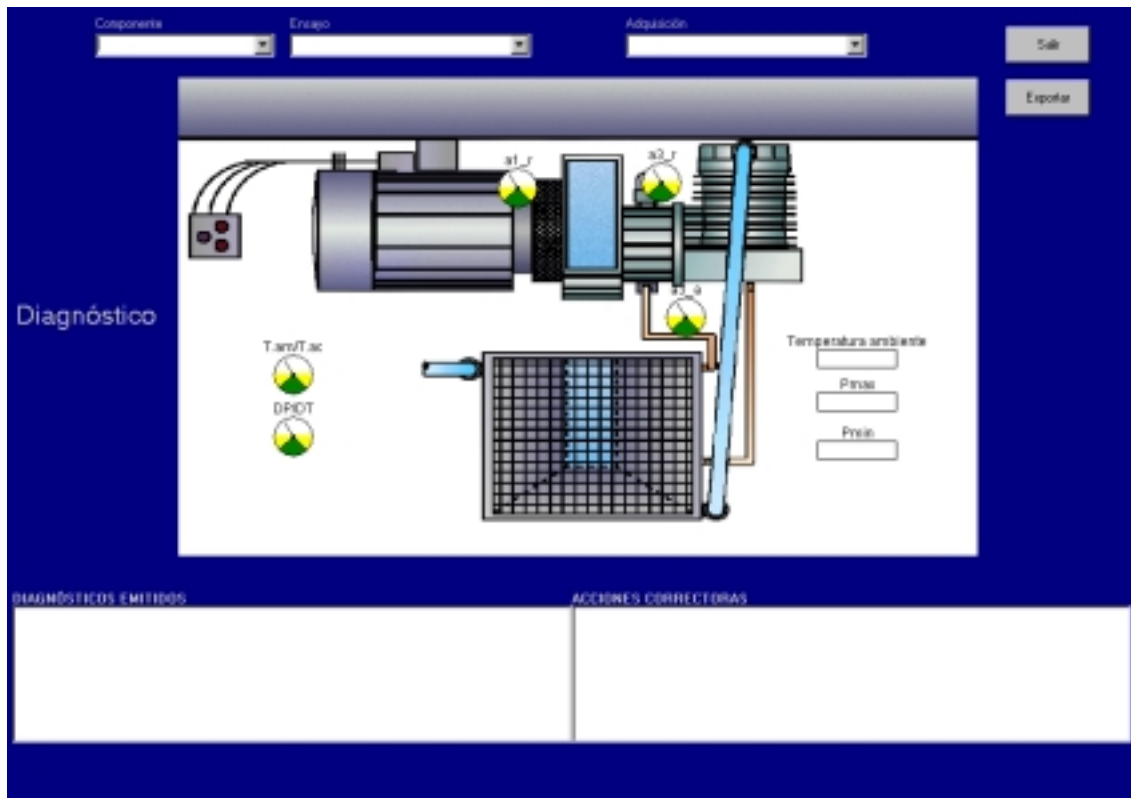


Figura 29 : Ventana principal del Sistema de Diagnóstico.

### 5.2.1 Ventana principal del Sistema de Diagnóstico

En la Figura 29 se muestra la primera ventana que verá el usuario al seleccionar la opción de Diagnóstico del menú principal, para el caso del compresor<sup>3</sup>. Domina en ella, en su parte central, el esquema del *tipo de componente* que se va a diagnosticar, *elegido con anterioridad mediante el menú principal de ISPMAT*. En la parte superior aparecen los menús desplegables para seleccionar el identificador del **componente**, el nombre del **ensayo** y la **adquisición** deseados, en el caso de que el usuario busque consultar datos relativos a una única adquisición. A la derecha del esquema del componente aparece el botón '**Exportar**', para salvaguardar en un fichero los valores de las señales de entrada y salida de los modelos de detección de anomalías. En la parte inferior del esquema aparecen dos cuadros de texto mediante los cuales el sistema notifica los **diagnósticos emitidos** y propone unas **acciones correctoras** en los casos en los que detecta, durante su ejecución, que el componente necesita mantenimiento. Por último, en la esquina superior derecha encontramos el botón '**Salir**', para cerrar la ventana de este sistema.

A continuación se comenta en detalle cómo activar el diagnóstico de una adquisición previamente realizada para, después, mostrar cómo exportar los datos arrojados por los modelos de detección de anomalías.

### 5.2.2 Diagnosticando una adquisición.

Para obtener el diagnóstico asociado a una adquisición determinada, el usuario deberá comenzar seleccionando el **componente** que desea analizar, haciendo uso del menú desplegable de la esquina superior izquierda, en el que aparecerán todos aquellos componentes dados de alta en la base de datos del sistema. Sólo una vez seleccionado un componente pueden ser presentados en el menú correspondiente a '**Ensayo**' todos los ensayos realizados para el mismo. Por lo tanto, mientras el usuario no realice la selección de un componente, los menús '**Ensayo**' y '**Adquisición**' (por idéntico motivo) permanecerán vacíos. Una vez seleccionado el ensayo deseado, aparecen en el menú de adquisiciones aquellas que se realizaron en el ensayo escogido, momento en el que el usuario puede elegir la adquisición de su interés. En resumen, los pasos a dar para lanzar la consulta de una adquisición son los tres mostrados en la Ilustración 3 (adjunta).

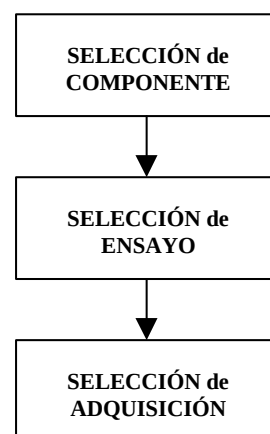


**Ilustración 3 : Pasos a dar en el diagnóstico de adquisiciones.**

Una vez seleccionada la adquisición, si el ensayo al que pertenece contiene más de una, a la izquierda del menú '**Adquisición**' aparecerá el botón de selección de la '**Anterior**' adquisición y, a la izquierda de éste, el botón de selección de la '**Primera**' adquisición del ensayo. Igualmente, si el ensayo contiene más de una adquisición, a la derecha del menú '**Adquisición**' aparecerá el botón de selección de la '**Siguiente**' adquisición y, a la derecha de éste, el botón de selección de la '**Última**' adquisición del ensayo. El funcionamiento de estos cuatro botones no requiere mayor explicación, pues simplemente sirven para ir recorriendo las distintas adquisiciones de un ensayo; únicamente, cabe mencionar que si la adquisición seleccionada es la primera o la última, el botón correspondiente a '**Anterior**', en el primer caso, o a '**Siguiente**', en el segundo, estará inhabilitado.

<sup>3</sup> El caso del bogie es completamente análogo, de ahí que no aparezca su ventana principal.

El nuevo aspecto de la pantalla del sistema cuando se ha seleccionado una adquisición, con todos sus controles visibles, puede observarse en la Figura 30.

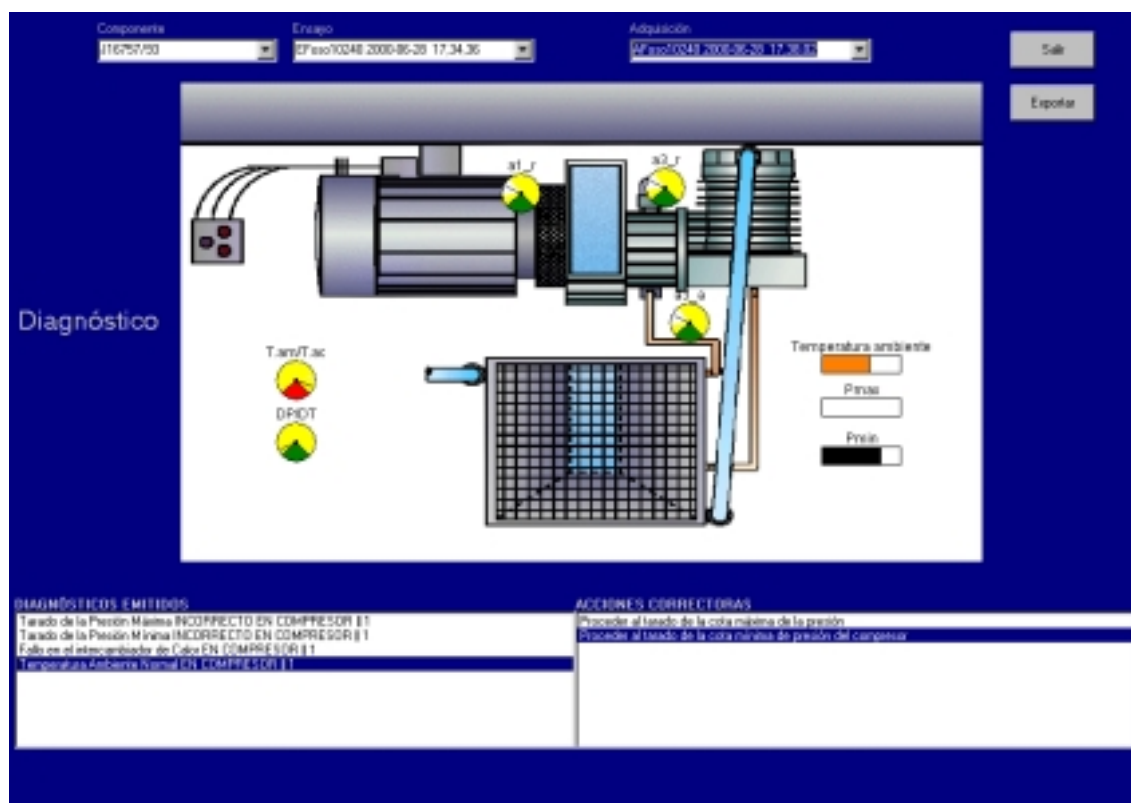


Figura 30 : Diagnóstico realizado para una adquisición seleccionada por el usuario.

Como puede verse en la figura anterior, sobre el esquema del componente se ha situado también otro tipo de controles, una serie de círculos, a los que llamaremos **medidores**, por medio de los cuales pueden visualizarse los valores de salida de cada modelo definido para el componente (a través de la función de *configuración* correspondiente). Al contrario que en el caso del *SAD* y del *módulo de gestión de datos históricos*, la posición y el tamaño de un medidor en el gráfico de este sistema pueden ser modificados siempre que el usuario lo desee, puesto que, en principio, no tiene por qué existir una correlación entre un modelo y un punto de medida del componente. Para **modificar el tamaño o la posición de un medidor**, se situará el cursor sobre el mismo y se pulsará el botón derecho del ratón. Aparecerá entonces, bajo el cursor, un menú para seleccionar el atributo deseado: '**Posición vertical**', '**Posición lateral**', '**Altura**' y '**Anchura**'. Pulsando con el botón izquierdo del ratón sobre la magnitud que nos interesa, aparecerá una ventana como la de la Figura 31, en la que se ha de escribir el valor a asignar a ese atributo del medidor.

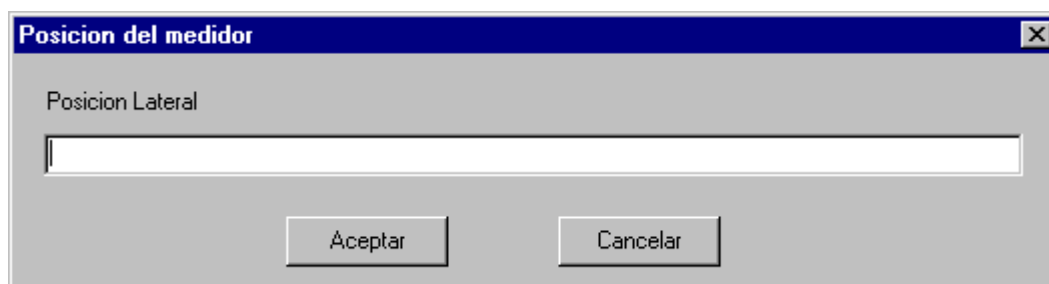


Figura 31 : Ventana para modificar el atributo 'Posición lateral' de un medidor.

La **posición de un medidor** también puede ser modificada si, con el cursor sobre el mismo, son pulsados la tecla *SHIFT* y el botón izquierdo del ratón al mismo tiempo; sin dejar de pulsarlos, se arrastra el cursor con el ratón hasta el lugar apropiado y se deja de pulsar en ese momento la tecla o el ratón: el medidor cambiará su posición al lugar donde se haya arrastrado el cursor.

Haciendo doble ‘clic’ sobre cualquiera de estos medidores **aparecerá una gráfica**, construida con los resultados ofrecidos por el modelo subyacente para los datos de la adquisición almacenados en la base de datos. Comparable con la riqueza en modelos incorporados al sistema, encontramos una riqueza equivalente en gráficas de representación de sus resultados. Así, se tienen mapas de *Kohonen* (Figura 33), gráficas FDI (Figura 35), gráficas simples para representar magnitudes físicas (Figura 36) y gráficas para valores *fdp* (Figura 38). A continuación se describirá el significado de cada una de las figuras mencionadas.

### 5.2.2.1 Mapas de Kohonen.

Se utilizan técnicas de *redes neuronales* basadas en mapas de Kohonen para caracterizar determinadas formas de comportamiento de los componentes a diagnosticar y, en concreto, para caracterizar las formas típicas de vibración en determinados puntos considerados críticos y, así, conocer el estado de salud de los componentes bajo estudio.

A base de observar la vibración en determinados puntos (siempre los mismos) del compresor y del bogie de la UT 450 y haciendo esto con un número suficientemente representativo de compresores y bogies, se llega a conocer cuál es el nivel de vibración típico basado en la propia experiencia. Esto es lo que consiguen los **mapas de Kohonen**: de manera automática, clasifican vibraciones observadas, pudiéndose después decidir, por la simple agrupación y la frecuencia de la casuística observada, qué niveles de vibración son usuales en un punto y cuáles no.

Para realizar esta clasificación se han de tomar medidas de vibración y calcular lo que llamaremos *espectros segmentados de velocidad*.

Los **espectros segmentados** se obtienen dividiendo el rango de frecuencias comprendido entre 0 y 1kHz en una sucesión alterna de intervalos, centrados en los armónicos de la frecuencia de giro del motor (48.6 Hz, equivalentes a 2916 rpm) e intervalos de transición interarmónicos, y calcular el valor *RMS* total en cada uno de esos intervalos. De esta forma, se obtiene un vector donde las componentes impares corresponden a valores *RMS* de velocidad de frecuencias armónicas y, las pares, a frecuencias interarmónicas. Esta segmentación permite caracterizar la relación de amplitudes entre los armónicos 1, 7 y 14, que resulta de gran importancia desde el punto de vista del diagnóstico, debido a que *los husillos del compresor son de 7 álabes*.

La caracterización de los espectros segmentados, en cada uno de los puntos de medida de vibración definidos, se ha realizado utilizando como modelo de aprendizaje no supervisado los *mapas auto-organizativos de Kohonen (KSOM)*. Los **KSOM** permiten obtener un conjunto de espectros segmentados característicos, que representan de forma óptima al conjunto de espectros utilizados para el ajuste del modelo, y ordenarlos topológicamente en una rejilla, como se muestra en la Figura 32, de tal forma que perfiles cercanos en la rejilla son similares.

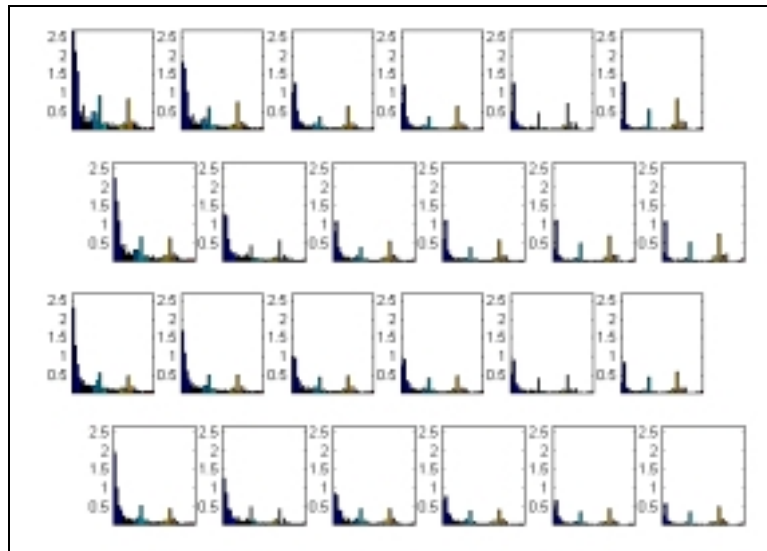


Figura 32: Espectros segmentados característicos de A3r en compresor

Una vez ajustado el *KSOM* con un conjunto de ensayos suficientemente representativo, se procede a la identificación de distintas zonas en la rejilla según el nivel de vibración y las frecuencias predominantes. De esta forma se han identificado tres zonas: una **zona verde**, que corresponde a los niveles de vibración más bajos y, por lo tanto, representará vibraciones de componentes sanos, una **zona roja** que incluye los niveles de vibración más elevados y, por tanto, corresponderá a componentes con fallo o probabilidad alta de tenerlo y, finalmente, una **zona amarilla** como zona de transición entre la verde y la roja. La asignación de un ensayo a una u otra zona se realiza comparando el espectro segmentado obtenido en el ensayo con cada uno de los espectros segmentados característicos del *KSOM* y asignándole la zona del espectro característico más parecido (en el sentido de la distancia euclídea).

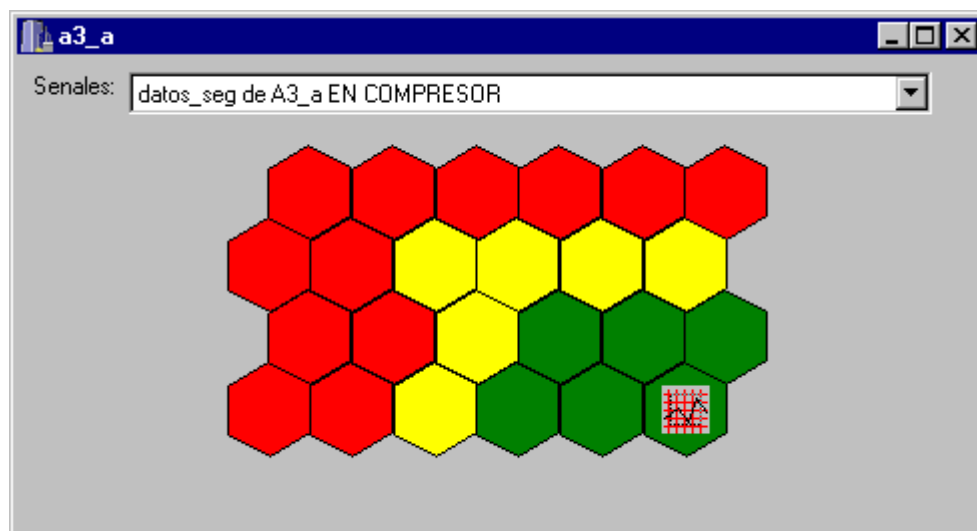


Figura 33 : Ventana de visualización de Mapas de Kohonen.

Pulsando el botón izquierdo del ratón sobre el hexágono del mapa de *Kohonen* (Figura 33) que contiene el esquema en gris de un gráfico, aparecerá otra ventana, superpuesta, como la que se muestra en la Figura 34, en la que pueden compararse el

espectro segmentado observado ahora y el del representante de la clase en la que ha sido clasificado.

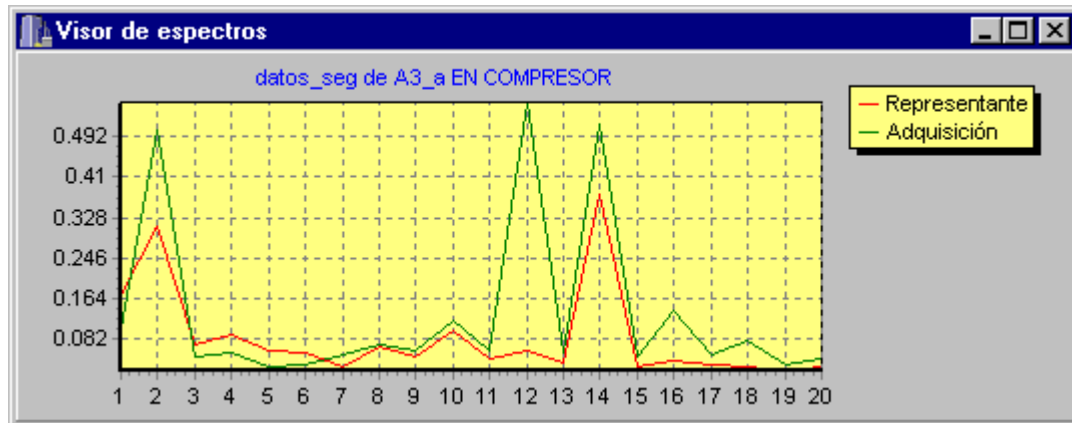


Figura 34 : Ventana de visualización de espectros.

### 5.2.2.2 Gráficas FDI y VLR.

Algunos de los modelos de detección de anomalías usados en ISPMAT se basan en un análisis de regresión lineal, que usa como herramienta de ajuste un tipo particular de red neuronal denominado *FDI* (ver documentación sobre modelos de ISPMAT). En general, **el modelo FDI** trata de realizar una aproximación funcional entre una variable dependiente y una o varias independientes, utilizando arquitecturas neuronales y, en concreto, *perceptrones multicapa*. Estos modelos permiten realizar estimaciones de la variable dependiente a partir de medidas reales de las variables independientes. Hecha la estimación, sólo queda compararla con la medida real, para detectar si el comportamiento es anómalo o se corresponde con el esperado.

Estas estimaciones del modelo se complementan con la **estimación de la función de densidad de probabilidad (fdp)** de las variables independientes y de las cotas máximas de los residuos utilizando una **red PRBFN**. De esta forma, el modelo es capaz de suministrar una estimación con unas cotas superior e inferior, y de detectar valores desconocidos de variables independientes, correspondientes a condiciones de ensayo no evaluadas, que pudieran dar lugar a falsas alarmas.

La Figura 35 muestra dos gráficas. En la superior se ve la estimación del modelo, sus cotas superior e inferior y el valor real. En la inferior se muestra la verosimilitud de las entradas, es decir, el grado de conocimiento que se tiene de ellas cuando se hizo el modelo. Un grado cercano a 1 indicaría un gran conocimiento. Valores positivos de esta variable corresponden a condiciones de ensayo conocidas, mientras que valores negativos permiten identificar condiciones de ensayo desconocidas.

Puede suceder que alguno de los valores mostrados en la parte superior de este tipo de gráficas quede fuera del campo de visión. En ese caso, se puede **desplazar el origen de coordenadas** si se pulsa el botón derecho del ratón y, manteniéndolo pulsado, arrastramos el ratón en cualquier dirección (en función de la zona que se desee visualizar), de forma que pueda conocerse la magnitud de los cuatro valores que deben aparecer.

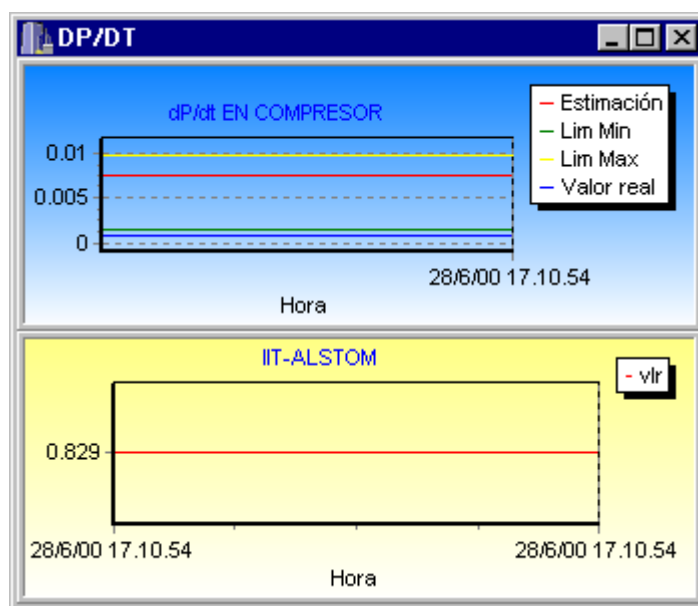


Figura 35 : Ventana de visualización de gráficas FDI (un sólo componente).

### 5.2.2.3 Gráficas simples (magnitudes físicas).

Estas representaciones permiten mostrar los valores de las variables recogidas sin ningún tipo de tratamiento.

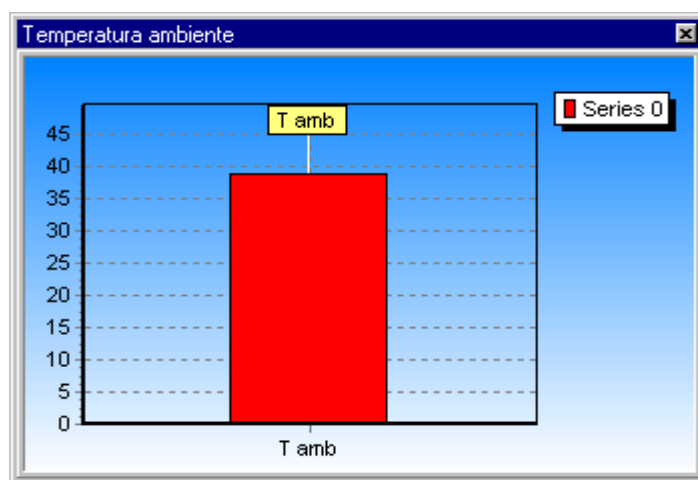


Figura 36 : Ventana de visualización de magnitudes físicas.

### 5.2.2.4 Gráficas de funciones de densidad.

Algunos de los modelos que utiliza ISPMAT se basan en observar simplemente si la variable analizada es conocida para unos valores determinados de la misma y cuán representativos son frente al resto de valores posibles. Ello permitirá determinar si la observación es anómala y permitirá advertir de ello al usuario.

Estos modelos son simples **estimaciones de funciones de densidad** de la variable observada a través de diversos ensayos. Para construir estos modelos se ha utilizado un *estimador de funciones de densidad de probabilidad (fdp)* basado en la **red neuronal PRBFN**. Este estimador reconstruye la *fdp* como una suma de funciones gaussianas,

mediante la maximización de la verosimilitud logarítmica de los datos utilizados para el ajuste.

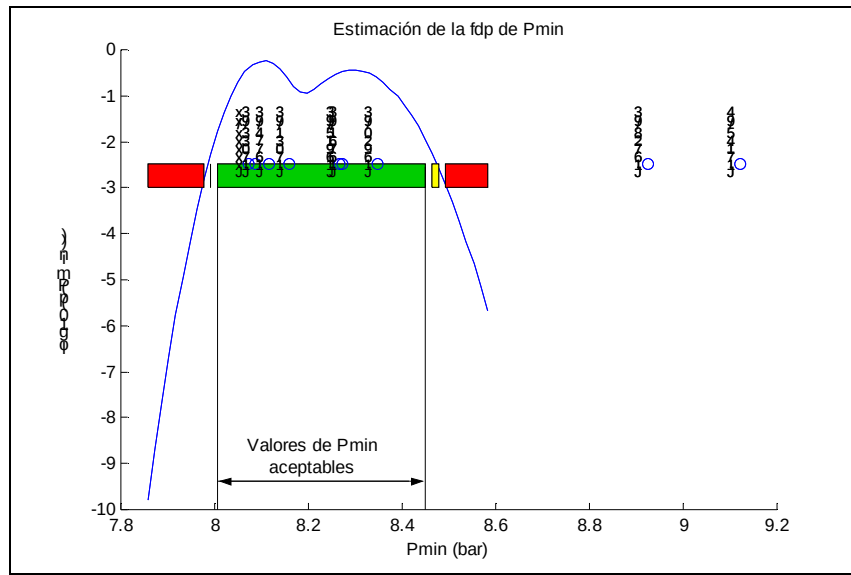


**Figura 37 : Estimación de la *fdp* de *Pmin*.**

En la Figura 37 se presenta la estimación obtenida para la *fdp* de *Pmin* (presión mínima observada en el caso del compresor). En ella puede apreciarse cómo la *fdp* permite establecer el intervalo de valores aceptables de *Pmin* (correspondiente a valores elevados de la *fdp*) e identificar valores anómalos de esta variable, como los correspondientes a los dos compresores que presentan valores de *Pmin* superiores a 8.45 *bar*. Este análisis es el que se representa en la Figura 38, correspondiente a una ventana real de ISPMAT para este propósito.

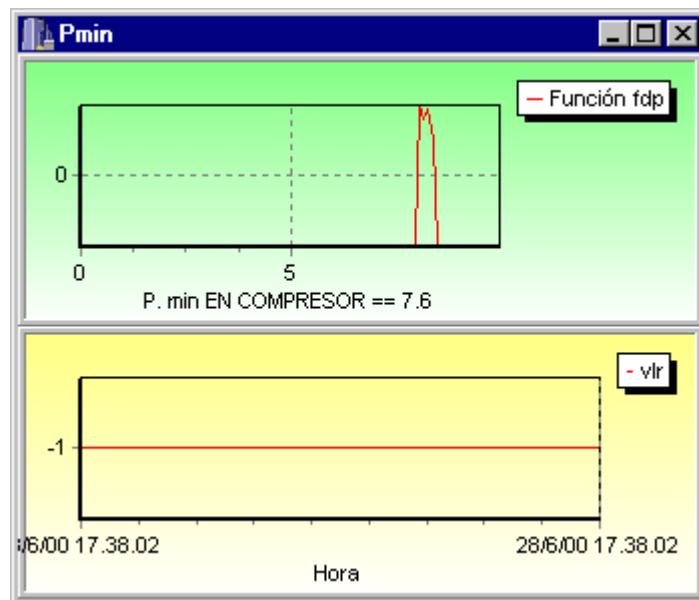


**Figura 38 : Ventana de visualización de gráficas *fdp* y su *vlr*.**

### 5.2.3 Exportar las señales de los modelos.

Una vez detallado el proceso de diagnóstico y visualización del mismo, queda por comentar el procedimiento para exportar las señales de entrada y salida de los modelos, lo cual puede resultar interesante a la hora de realizar estudios con detenimiento del comportamiento de los mismos.

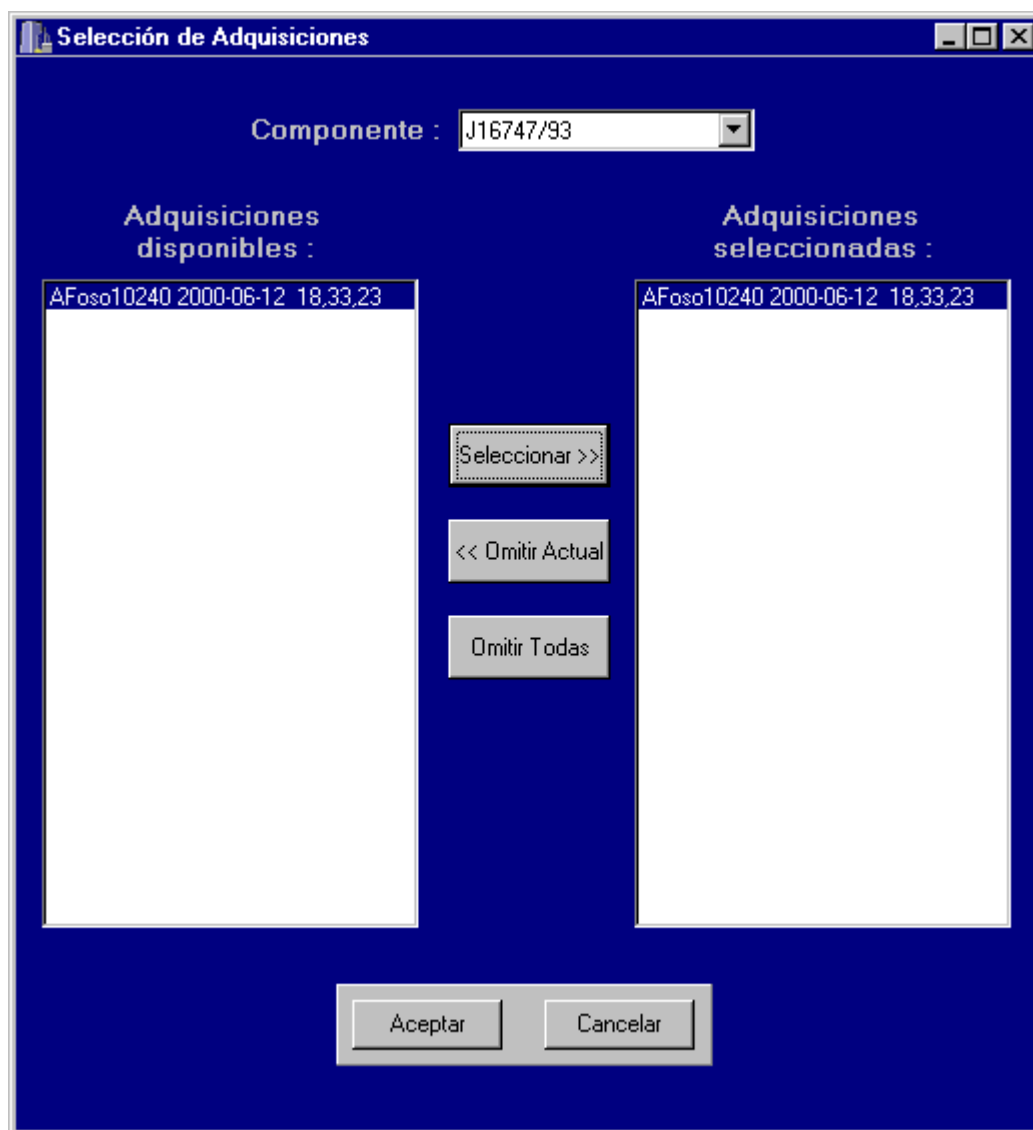


Figura 39 : Selección de adquisiciones para su exportación.

A la función de exportación se accede a través del botón '**Exportar**' de la ventana principal del sistema de diagnóstico (ver Figura 4). Al pulsar este botón, aparecerá otra ventana, como la mostrada en la Figura 39, para la selección de las adquisiciones que se desean exportar. Cada vez que se elige un **componente** distinto en el menú de la parte superior central, la lista de **adquisiciones disponibles** es reiniciada con las distintas adquisiciones obtenidas para el mismo. Haciendo '*clic*' sobre una adquisición que se desee exportar, ésta quedará marcada, de forma que, al pulsar el botón '**Seleccionar >>**' (a la derecha de la lista de **adquisiciones disponibles**) será incluida en la lista de **adquisiciones seleccionadas**. Análogamente, para eliminar una adquisición de la lista de **adquisiciones seleccionadas**, bastará con hacer '*clic*' sobre la adquisición a eliminar; ésta quedará marcada y, al pulsar el botón '<< **Omitir Actual**' (a la izquierda

de la lista de **adquisiciones seleccionadas**), será extraída de la lista. Para vaciar la lista de **adquisiciones seleccionadas** deberá pulsarse el botón '**Omitir Todas**' que se encuentra debajo del botón '<< Omitir Actual'.

Una vez que el usuario haya seleccionado todas las adquisiciones que estime necesarias, al pulsar el botón '**Aceptar**' aparecerá una ventana como la mostrada en la Figura 40, para seleccionar el directorio y el nombre del fichero de destino que se ha de generar para las adquisiciones seleccionadas; por defecto, el sistema sugerirá el nombre "**MODELOS\*.TXT**" que, necesariamente, el usuario deberá modificar.

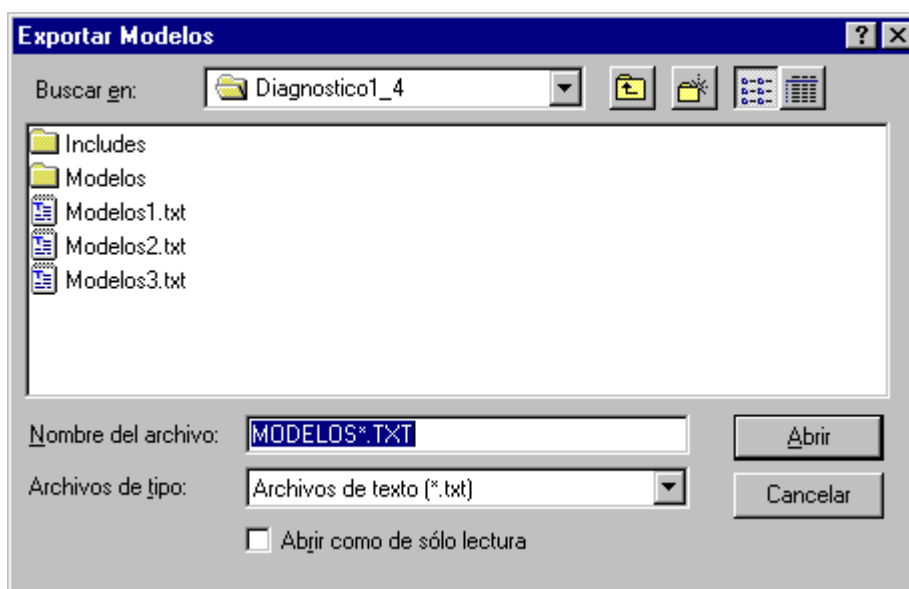


**Figura 40 : Cuadro de Diálogo para la selección del fichero en el que grabar la adquisición.**

Los valores de las señales son almacenados en el fichero seleccionado con un formato compatible con programas comerciales como, por ejemplo, *MatLab*. Por cada adquisición seleccionada, se incluirá en el fichero una línea con el identificador del componente, la fecha y la hora de la adquisición. En la línea siguiente aparecerán los nombres de las señales del sistema de diagnóstico para ese tipo de componente y, en las líneas siguientes, los valores de las señales, por columnas, debajo del nombre de señal asociado. En el Anexo 1 puede observarse un ejemplo de este tipo de ficheros, para dos adquisiciones.

Si el usuario no deseara continuar con la operación de escritura de datos en el fichero, pulsando el botón de '**Cancelar**' en la ventana de la Figura 38, aparecería una nueva ventana como la de la Figura 41 y se devolvería el control a la ventana principal del sistema Histórico.

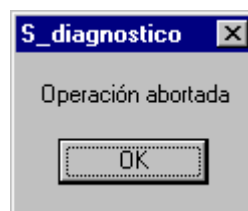


**Figura 41 : Mensaje que indica al usuario que se ha cancelado la operación de exportación.**

J16728/93 1999/02/03 10:13:12

| P.max  | P.min   | datos_segdeA1_r | datos_segdeA3_r | datos_segdeA3_a | T.ambiente |
|--------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| 9.7768 | 8.92544 | 0.189331        | 0.694271        | 1.21035         | 17.0571    |
|        |         | 1.81604         | 1.01381         | 0.557754        |            |
|        |         | 0.0495173       | 0.311939        | 0.372639        |            |
|        |         | 0.300841        | 0.198209        | 0.307281        |            |
|        |         | 0.0190372       | 0.112849        | 0.225423        |            |
|        |         | 0.0206553       | 0.178545        | 0.188448        |            |
|        |         | 0.00736503      | 0.0941366       | 0.154083        |            |
|        |         | 0.0375208       | 0.0854857       | 0.166932        |            |
|        |         | 0.0100923       | 0.0672886       | 0.132693        |            |
|        |         | 0.0603119       | 0.0971262       | 0.126649        |            |
|        |         | 0.0436901       | 0.075217        | 0.099175        |            |
|        |         | 0.0298119       | 0.0887059       | 0.103253        |            |
|        |         | 0.00969042      | 0.0657734       | 0.0899655       |            |
|        |         | 0.103145        | 0.335988        | 0.276298        |            |
|        |         | 0.0287832       | 0.0542524       | 0.0783366       |            |
|        |         | 0.0199798       | 0.052351        | 0.0682707       |            |
|        |         | 0.0311721       | 0.0631211       | 0.0699982       |            |
|        |         | 0.00607876      | 0.0489719       | 0.0636996       |            |
|        |         | 0.00474372      | 0.0376803       | 0.058355        |            |
|        |         | 0.00969828      | 0.0792816       | 0.0617741       |            |
|        |         | 0.0237233       | 0.033166        | 0.0665067       |            |
|        |         | 0.0313855       | 0.0520755       | 0.0577305       |            |
|        |         | 0.00803902      | 0.0311823       | 0.0575798       |            |
|        |         | 0.0123761       | 0.0454443       | 0.0545254       |            |
|        |         | 0.0287523       | 0.0403555       | 0.0538233       |            |
|        |         | 0.0179486       | 0.0747127       | 0.100027        |            |
|        |         | 0.00695536      | 0.0464155       | 0.0559999       |            |
|        |         | 0.0343715       | 0.351125        | 0.659017        |            |
|        |         | 0.0337842       | 0.0402106       | 0.0673821       |            |
|        |         | 0.00980334      | 0.117504        | 0.0550072       |            |
|        |         | 0.00385872      | 0.0377232       | 0.0394516       |            |
|        |         | 0.0109615       | 0.113378        | 0.0789498       |            |
|        |         | 0.0154536       | 0.0309977       | 0.0394996       |            |
|        |         | 0.006809        | 0.0420172       | 0.0443174       |            |
|        |         | 0.00908291      | 0.0229588       | 0.0370254       |            |
|        |         | 0.0105898       | 0.0236064       | 0.0358578       |            |
|        |         | 0.0115543       | 0.0309789       | 0.0387646       |            |
|        |         | 0.0115438       | 0.024361        | 0.0370167       |            |
|        |         | 0.0110281       | 0.0241379       | 0.0415518       |            |
|        |         | 0.0189327       | 0.0304869       | 0.0517058       |            |

J16728/93 1999/03/02 10:13:12

| P.max   | P.min   | datos_segdeA1_r | datos_segdeA3_r | datos_segdeA3_a | T. ambiente |
|---------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 9.77223 | 8.09796 | 0.284972        | 0.642491        | 1.12725         | 22.9637     |
|         |         | 1.81868         | 1.20286         | 0.697009        |             |
|         |         | 0.0234595       | 0.224957        | 0.337036        |             |
|         |         | 0.277317        | 0.151822        | 0.282248        |             |
|         |         | 0.0160338       | 0.101533        | 0.228302        |             |
|         |         | 0.0190148       | 0.136652        | 0.196858        |             |
|         |         | 0.00475879      | 0.0679622       | 0.154045        |             |
|         |         | 0.0400078       | 0.0797452       | 0.120804        |             |
|         |         | 0.0101016       | 0.0731761       | 0.10866         |             |
|         |         | 0.0397036       | 0.0827866       | 0.133494        |             |
|         |         | 0.0197968       | 0.0974892       | 0.103734        |             |
|         |         | 0.0663486       | 0.0762974       | 0.107755        |             |
|         |         | 0.0079785       | 0.0500531       | 0.0976409       |             |
|         |         | 0.0944901       | 0.244136        | 0.181512        |             |
|         |         | 0.0241522       | 0.0498613       | 0.100496        |             |
|         |         | 0.0169455       | 0.0628713       | 0.0827431       |             |
|         |         | 0.0323175       | 0.0838186       | 0.0747348       |             |
|         |         | 0.00792417      | 0.0516212       | 0.0660245       |             |
|         |         | 0.0073625       | 0.0292144       | 0.0513837       |             |
|         |         | 0.010798        | 0.047392        | 0.0632818       |             |
|         |         | 0.0247813       | 0.0324789       | 0.0632209       |             |
|         |         | 0.0319162       | 0.0557346       | 0.0500581       |             |
|         |         | 0.00572715      | 0.0448737       | 0.0506315       |             |
|         |         | 0.0170913       | 0.0471358       | 0.06623         |             |
|         |         | 0.0255416       | 0.0714717       | 0.0535752       |             |
|         |         | 0.02638         | 0.143105        | 0.118174        |             |
|         |         | 0.00531119      | 0.0688587       | 0.0678413       |             |
|         |         | 0.0613297       | 0.620383        | 0.648018        |             |
|         |         | 0.0239771       | 0.059003        | 0.0626868       |             |
|         |         | 0.0101954       | 0.21188         | 0.0572199       |             |
|         |         | 0.00722048      | 0.0435485       | 0.038762        |             |
|         |         | 0.0099523       | 0.0847012       | 0.0750297       |             |
|         |         | 0.0131189       | 0.0310892       | 0.0355454       |             |
|         |         | 0.00688554      | 0.0365715       | 0.0390723       |             |
|         |         | 0.00799385      | 0.0280335       | 0.0302235       |             |
|         |         | 0.00857752      | 0.0288405       | 0.0334196       |             |
|         |         | 0.0118714       | 0.0316165       | 0.0354104       |             |
|         |         | 0.0134231       | 0.032079        | 0.0431388       |             |
|         |         | 0.00870171      | 0.0358759       | 0.035935        |             |
|         |         | 0.0173014       | 0.0468587       | 0.0747873       |             |

**Anexo 1 : Fichero de exportación de señales de entrada y salida a/de los modelos.**

## 6 CONFIGURACIÓN.

### 6.1 Introducción.

Mediante los **módulos de configuración** de ISPMAT se pueden crear, anular y modificar las distintas definiciones de entidades asociadas a las funciones de toma de datos y diagnóstico y gestión de los mismos, así como los parámetros de operación de dichas funciones.

### 6.2 Descripción del funcionamiento de los módulos de configuración.

Desde la opción de '**Configuración**' del menú principal se permite acceder a los diferentes módulos de configuración de los sistemas y módulos de ISPMAT, a saber (ver Figura 42):

- Definición de protocolos.
- Introducción de conocimiento en la base de conocimientos del sistema.
- Definición de sensores.

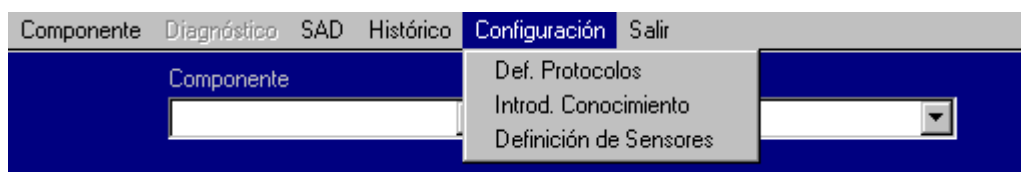


Figura 42 : Submenú de configuración.

#### 6.2.1 Definición de protocolos.

Un *protocolo de ensayo* describe las adquisiciones a realizar en un ensayo, las señales que se desean medir en cada adquisición, su tipo y rango, relacionándolas con los canales por los que el equipo de toma de datos se comunica con ISPMAT. La definición de protocolos de ensayo permite automatizar y normalizar la toma de datos, simplificando la labor de toma de medidas al operario de mantenimiento.

Mediante esta función de configuración pueden definirse todos los detalles relacionados con un protocolo de ensayo o un protocolo de adquisición. La ventana que aparecerá en primer lugar, dando acceso a todas las demás, se muestra en la Figura 43. Para definir un nuevo protocolo de ensayo hay que determinar, en primer lugar, el tipo de **componente** para el que se define (compresor o bogie, actualmente). A continuación, puede optarse por re-definir los puntos de medida que se han determinado como útiles para ese tipo de componente elegido, mediante el botón '**Definir Puntos de Medida**', o bien aportar el **nombre** del nuevo protocolo, un comentario o **descripción** y añadir a la lista de '**Protocolos de adquisición**' alguno de los **protocolos** ya **disponibles** (pulsando el botón '<<') o construir primero (pulsando el botón '**Nuevo**') las adquisiciones a realizar en el protocolo de ensayo que se está definiendo.



Figura 43 : Ventana inicial de definición de nuevos protocolos.

#### 6.2.1.1 Definición de puntos de medida.

Uno de los elementos fundamentales de un protocolo son los puntos de medida determinados como relevantes en el estudio de un componente. Su colocación y número dependen únicamente de la información que aportan a la hora de diagnosticar el comportamiento del componente analizado. Es por eso por lo que, a veces, es necesario incorporar nuevos sensores o puntos de medida, para la toma de nuevas medidas hasta entonces no consideradas, o eliminar otros que se han probado innecesarios.

A tal efecto, dentro del apartado de definición de protocolos, se ha incorporado la parte correspondiente a gestión de puntos de medida, a la que se accede al pulsar el botón '**Definir Puntos de Medida**' de la ventana mostrada en la Figura 43. El primer paso para definir un punto de medida o modificar las propiedades de uno existente es dar el nombre del punto de medida y el tipo de sensor que se le asocia (ver Figura 44), dentro de la ventana que da paso a aquella otra que permite determinar la posición en pantalla del punto de medida, mostrada en la Figura 46.



Figura 44 : Ventana de acceso a la definición de puntos de medida.

Para añadir el nuevo punto de medida, se tendrá en cuenta la posición física del sensor sobre el componente, de forma que se dé al operario que ha de manejar en adelante el protocolo una cierta idea de su ubicación. En la esquina superior izquierda de la ventana (ver Figura 46) aparece el icono asociado a lo que llamamos **medidor**, un círculo, por medio del cual pueden visualizarse los valores recibidos por el sistema desde el sensor correspondiente. El primer paso será situar el nuevo medidor en un lugar apropiado sobre el gráfico. Para **modificar el tamaño o la posición de un medidor**, se situará el cursor sobre el mismo y se pulsará el botón derecho del ratón. Aparecerá entonces, bajo el cursor, un menú para seleccionar el atributo deseado: '**Posición vertical**', '**Posición lateral**', '**Altura**' y '**Anchura**'. Pulsando con el botón izquierdo del ratón sobre la magnitud que nos interesa, aparecerá una ventana como la de la Figura 45, en la que escribir el valor a asignar a ese atributo del medidor.



Figura 45 : Ventana para modificar el atributo 'Posición lateral' de un medidor.

La **posición de un medidor** también puede ser modificada si, con el cursor sobre el mismo, son pulsados la tecla *SHIFT* y el botón izquierdo del ratón al mismo tiempo; sin dejar de pulsarlos, se arrastra el cursor con el ratón hasta el lugar apropiado y se deja de pulsar en ese momento la tecla o el ratón: el medidor cambiará su posición al lugar donde se haya arrastrado el cursor.

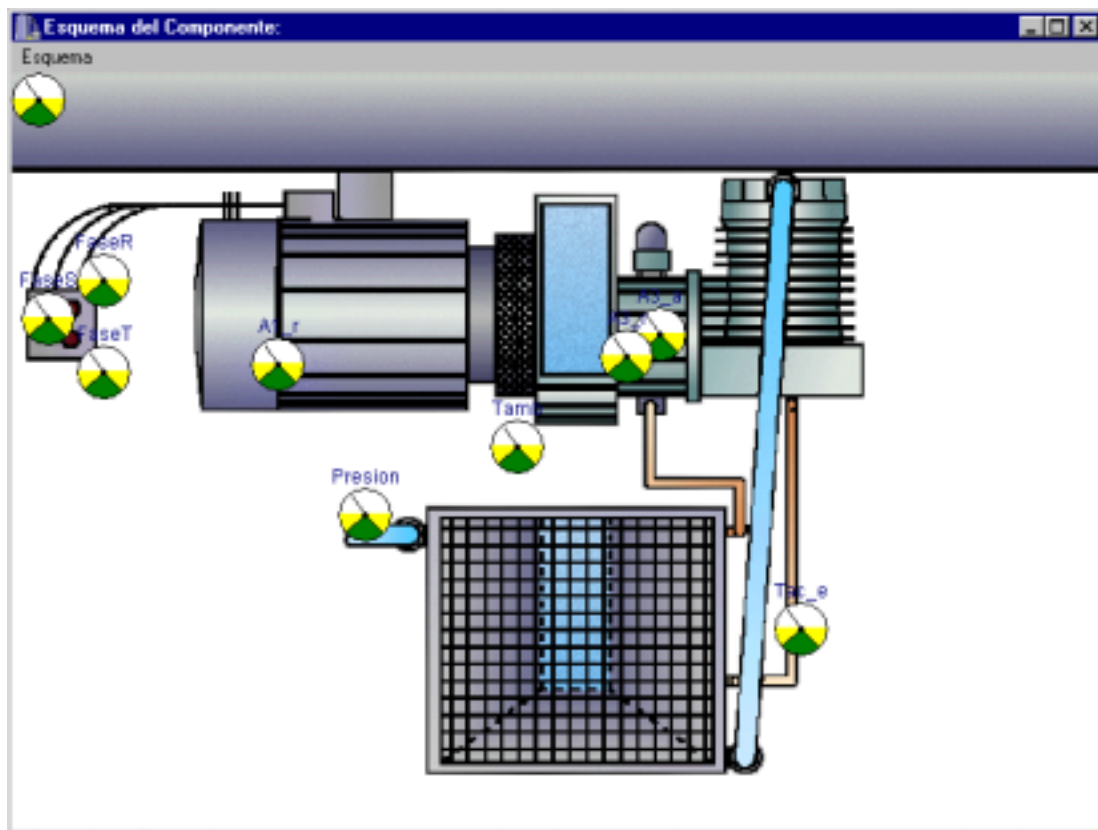


Figura 46 : Ventana de definición de la posición de puntos de medida.

### 6.2.1.2 Asociación de señales y canales de medida.

Definidos los puntos de medida relevantes para el protocolo de ensayo, es necesario definir, asimismo, los canales por los que se va a recibir cada una de las señales que provienen de estos puntos de medida. En la Figura 47 puede observarse la ventana que da acceso a la definición de los canales y parámetros de funcionamiento de las dos tarjetas utilizadas hasta ahora para la toma de datos: una HP-E1432, para señales de variación lenta, y una HP-E1419, para señales de variación rápida.

En la figura mencionada, habrá que dar un **nombre** al **protocolo** de adquisición que se está definiendo, en el cuadro de texto que aparece en la parte superior y, a continuación, ir dando valores a los parámetros de medida y definiendo qué señal se va a recibir por cada canal de las tarjetas que van a utilizarse: en el caso del bogie, sólo se toman medidas de la tarjeta HP-E1432, al contrario que en el compresor, que utiliza ambas. En la parte central aparecen dos pares de botones: dos para la '**Definición de canales ...**' y otros dos para la definición de '**Parámetros generales**' que, en el caso de la tarjeta HP-E1419, se denomina '**Trigger**', por ser éste el único parámetro que requiere ser configurado en esta tarjeta. En el caso del bogie, los dos botones para configurar la tarjeta HP-E1419 permanecerán inactivos, por los motivos expuestos anteriormente. Opcionalmente, podrán añadirse todos los comentarios relativos al protocolo que se estimen convenientes, en el cuadro de texto '**Condiciones de la adquisición**'. Al pulsar '**Aceptar**', todos los datos son almacenados en la base de datos; si el usuario pulsara '**Cancelar**', todas las definiciones introducidas quedarían anuladas.

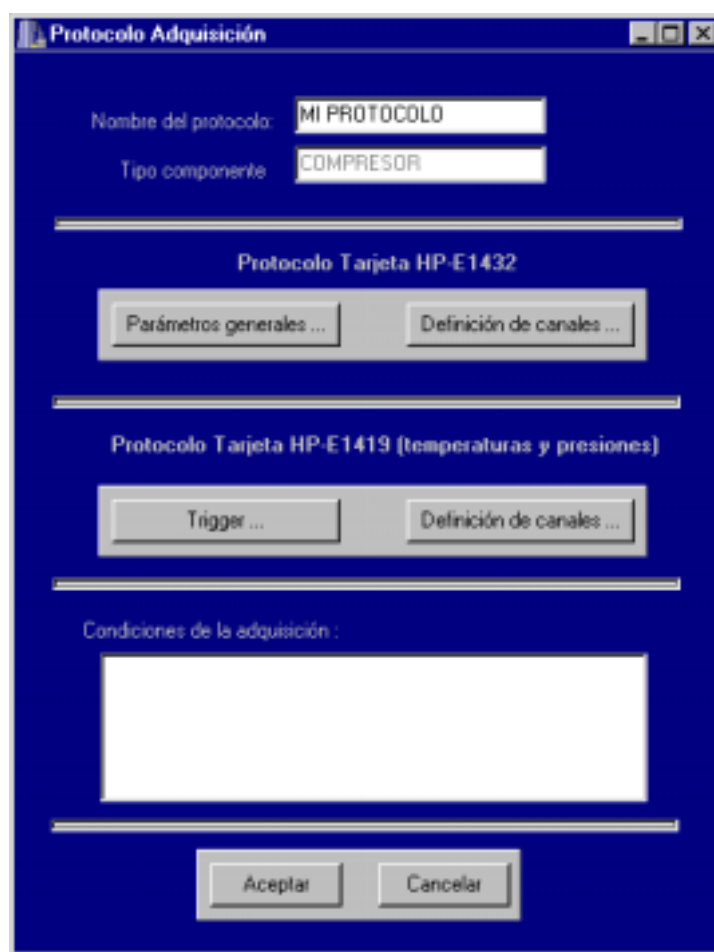


Figura 47 : Ventana de acceso a la definición de parámetros y canales de protocolos.

A continuación, se comentan los pormenores de la definición de canales y de parámetros de manejo de ambas tarjetas.

#### 6.2.1.2.1 Definición de los parámetros generales de la tarjeta HP-E1432.

Al pulsar el botón ‘**Parámetros generales**’ de la **tarjeta HP-E1432** en la ventana de la Figura 47, aparecerá otra ventana, como la mostrada en la Figura 48. Como puede observarse, esta ventana está dividida en cuatro secciones, más los botones típicos de ‘**Aceptar**’ y ‘**Cancelar**’. Al igual que ocurría en la ventana anterior, existe un cuadro de texto en la sección inferior, llamado ‘**Condiciones de ensayo**’ para que, opcionalmente, puedan añadirse todos los comentarios relativos al protocolo que se estimen convenientes en él. De las tres secciones restantes, sólo cinco controles están activos a la hora de definir un nuevo protocolo: ‘**Frecuencia de Muestreo**’ y la **barra de desplazamiento** a su derecha (sección superior), ‘**Número de muestras**’ (sección izquierda), ‘**Window**’ y ‘**Número de tramas de datos**’ (sección derecha).

Figura 48 : Ventana de definición de parámetros generales de la tarjeta HP-E1432.

Hay una relación directa entre el cuadro de texto ‘**Frecuencia de Muestreo**’ y la **barra de desplazamiento** a su derecha: cuando se fija el valor de cualquiera de ellos, cambia también el valor del otro, para reflejar ese mismo valor. A su vez, cualquier modificación en cualquiera de estos campos provoca una actualización de todos los demás campos de la ventana no modificables por el usuario, en función del valor

asignado al campo '**Número de muestras**'. Como puede verse, la relación entre estos tres controles activos con el resto de los controles de la ventana es muy estrecha, no así los otros dos mencionados.

#### 6.2.1.2.2 Definición de canales de la tarjeta HP-E1432.

En esta ventana (ver Figura 49) puede definirse el uso que se va a hacer de los distintos canales de la tarjeta HP-E1432. Los canales se muestran, para su configuración, en grupos de cuatro, del 1 al 32. El menú desplegable que aparece en la parte superior izquierda permite la elección del '**Grupo de canales**' que se desea configurar. A su derecha, se sitúa un botón para '**Guardar**' los valores hasta ese momento configurados. Cada grupo de canales ha de configurarse para un '**Tipo de conexión**' determinado ('**Tensión**' e '**ICP**') en el menú desplegable destinado a tal efecto. Una vez seleccionado el tipo de conexión, puede comenzar la configuración de cada canal por separado. Se elegirá el '**Punto de medida**' al que se asocia el canal, mediante su menú desplegable, que contendrá los puntos de medida definidos en la base de datos para el *tipo de conexión* escogido. Queda ya tan sólo determinar el '**Modo**' de trabajo (DC/AC) del canal y el '**Rango**' en voltios de la señal, en sus respectivos menús.

Figura 49 : Ventana de definición de los canales de la tarjeta HP-E1432.

Al pulsar '**Aceptar**', se introducirán en la base de datos todos los valores de configuración introducidos y se retornará a la ventana de la Figura 47. Si se pulsara '**Cancelar**', todas las definiciones que se hubieran hecho, sin haber sido confirmadas mediante el botón '**Guardar**', se desecharán y se volverá asimismo a la ventana mostrada en la Figura 47.

#### 6.2.1.2.3 Definición de los parámetros generales de la tarjeta HP-E1419.

Esta sencilla ventana (ver Figura 50) permite definir el intervalo entre tomas de datos desde la tarjeta HP-E1419. Para configurar el único parámetro de esta tarjeta, tan sólo hay que hacer uso de los valores que se ofrecen en el menú desplegable, seleccionar el más ajustado a las necesidades del protocolo y pulsar '**Aceptar**'.

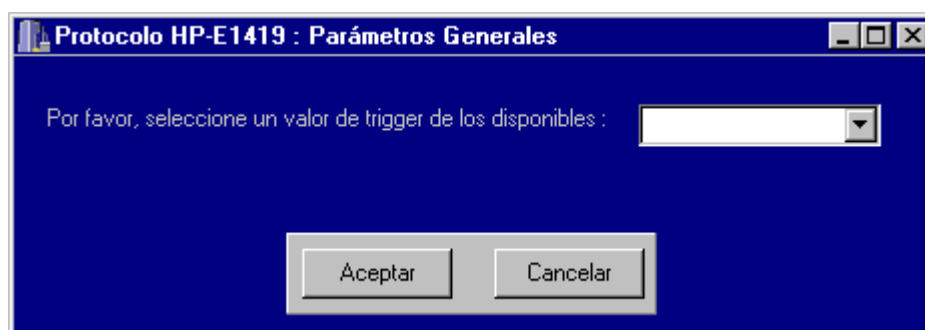


Figura 50 : Ventana de definición de parámetros generales de la tarjeta HP-E1419.

#### 6.2.1.2.4 Definición de canales de la tarjeta HP-E1419.

La última ventana que queda por comentar dentro del apartado de configuración de protocolos aparece reproducida en la Figura 51. En ella se muestran los cuatro '**Grupos de canales**' en los que se dividen los 32 disponibles dentro de esta tarjeta. Seleccionando uno de ellos, obtendremos la lista de los '**Canales**' que contiene ese grupo en la sección centro de la ventana. Deberá escogerse, uno por uno, cada canal que se desee configurar y determinar su '**Tipo de Conexión**', el '**Punto de Medida**' asociado y el '**Rango**' de valores del mismo. Al pulsar '**Aceptar**', los resultados de la configuración de estos canales serán guardados en la base de datos.

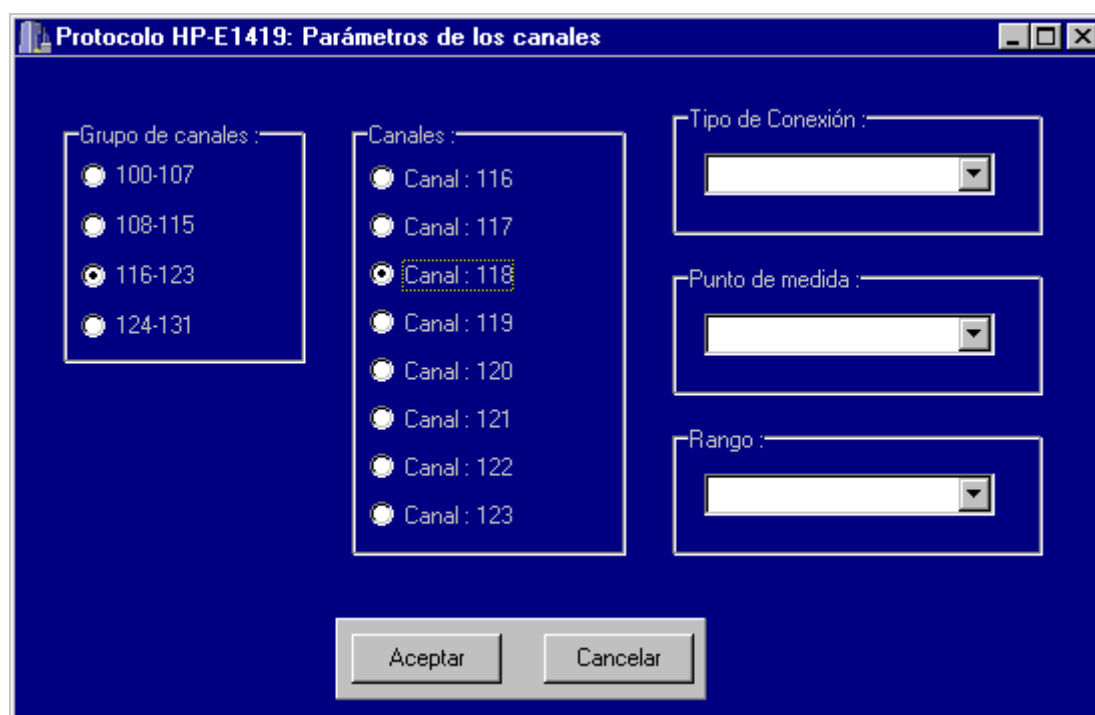


Figura 51 : Ventana de definición de los canales de la tarjeta HP-E1419.

## 6.2.2 Introducción de conocimiento.

Mediante este submenú se accede al módulo que permite configurar el *sistema de diagnóstico*. Para poder llevar a cabo esta tarea, el módulo consta de una interfaz gráfica, cuya ventana inicial se muestra en la Figura 52. A través de la misma se pueden configurar los diferentes componentes del sistema de diagnóstico: la *interfaz gráfica*, el *detector de anomalías* y el *sistema experto*. Los botones de la región superior de dicha ventana permiten determinar los medidores que tiene cada tipo de componente. En la parte central se sitúa el botón mediante el que se accede a la configuración del detector de anomalías o, más concretamente, de las funciones del mismo, mientras que los botones de la región inferior permiten al usuario configurar el sistema experto.

#### 6.2.2.1 Configuración de la interfaz de diagnóstico.

Mediante las dos opciones disponibles para la configuración de la interfaz de diagnóstico (**añadir** y **eliminar un medidor**) se gestionan el número y tipo de medidores que aparecen sobre el esquema de cada tipo de componente en el sistema de diagnóstico.

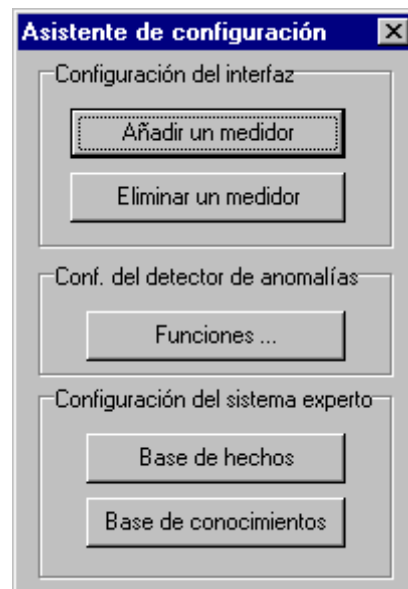


Figura 52: Ventana de configuración del sistema de diagnóstico.

##### 6.2.2.1.1 Añadir un medidor.

Pulsando el botón '**Añadir un medidor**' de la ventana principal del sistema de configuración (ver Figura 52) se accede a otra ventana que permite incorporar un nuevo medidor sobre el gráfico del tipo de componente activo en ese momento, mediante una ventana como la que aparece en la Figura 53.

Esta ventana se divide en dos partes, correspondientes a las pestañas '**Señales**' y '**Modelos**'. A través de la pestaña '**Señales**' se pueden añadir medidores asociados a un conjunto de señales previamente definidas y, a través de la pestaña '**Modelos**', los medidores asociados a un modelo previamente definido. A continuación se explican detenidamente las características de cada una de estas pestañas.

##### 6.2.2.1.1.1 Medidores asociados a señales

La pestaña asociada a '**Señales**' se divide, a su vez, en otras tres, que permiten elegir el tipo de medidor que se quiere añadir. Mediante la primera de ellas (pestaña

‘Circular’, ver Figura 53) puede añadirse un medidor de tipo contador circular. Esta pestaña consta de cinco recuadros, para asociar diferentes señales al medidor:

**Figura 53: Ventana para la adición de medidores circulares asociados a señales.**

1. El primer recuadro es obligatorio rellenarlo, ya que el medidor exige asociar, al menos, una señal al mismo. Esta señal será la encargada de fijar la posición de la aguja.
2. El segundo recuadro, de carácter opcional, permite asociar una señal al medidor que represente la posición del límite mínimo del mismo.
3. El tercer recuadro, de carácter opcional, permite asociar una señal al medidor que represente la posición del límite máximo del mismo.
4. El cuarto y quinto recuadros, de carácter opcional también, permiten asociar más señales al medidor, con el objetivo de que aparezcan en la ventana que se despliega al hacer doble ‘clic’ sobre el mismo.

La **pestaña ‘Intensidad’** permite añadir un medidor de tipo intensidad y presenta el aspecto de la Figura 54. Esta pestaña consta de tres recuadros para asociar diferentes señales al medidor:

- El primer recuadro es de cumplimentación obligatoria, ya que el medidor exige asociar, al menos, una señal al mismo. Esta señal será la encargada de fijar el color del medidor.
- El segundo y tercer recuadros, de carácter opcional, permiten asociar más señales al medidor, con el objetivo de que aparezcan en la ventana que se despliega al hacer doble ‘clic’ sobre el mismo.

La **pestaña ‘Rectangular’** permite añadir un medidor de tipo nivel rectangular y presenta el aspecto de la Figura 55. Esta pestaña consta de tres recuadros para asociar diferentes señales al medidor:

- El primer recuadro es obligatorio rellenarlo, ya que el medidor exige asociar, al menos, una señal al mismo. Esta señal será la encargada de fijar el tamaño de la parte coloreada del rectángulo.
- El segundo recuadro, de carácter opcional, permite asociar una señal al medidor que represente el color del rectángulo coloreado.
- El tercer recuadro, de carácter opcional, permite asociar más señales al medidor, con el objetivo de que aparezcan en la ventana que se despliega al hacer doble ‘clic’ sobre el mismo.

**Figura 54: Ventana para la adición de medidores de intensidad asociados a señales.**

Para asociar una señal a un medidor es necesario aportar el nombre de la misma y una etiqueta, que servirá para referenciar esa señal en la ventana que se despliega al hacer doble ‘clic’ sobre el medidor. Para elegir la señal que se quiere asociar se dispone de los botones ‘**Añadir Nombre**’ que, al ser pulsados, provocan la aparición de una ventana como la de la Figura 56, que ayuda al usuario a elegir el nombre de la señal de entre las que ya existen.

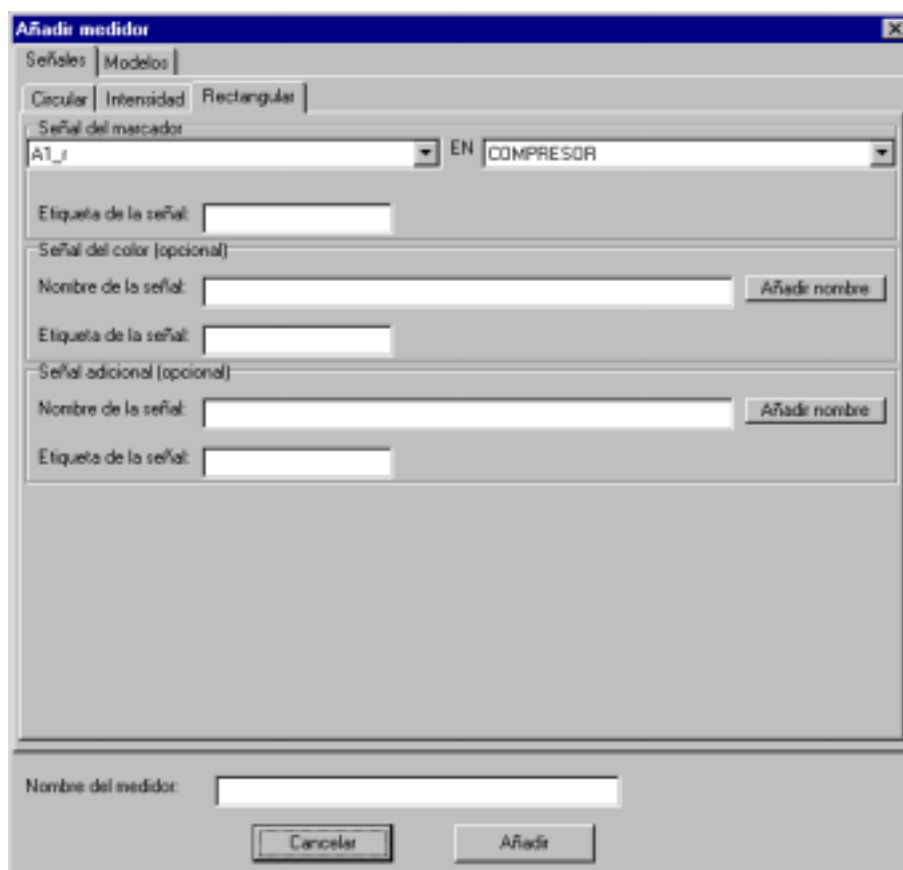


Figura 55: Ventana para la adición de medidores de nivel rectangulares asociados a señales.



Figura 56: Ventana de ayuda para seleccionar señales dadas de alta.

#### 6.2.2.1.1.2 Medidores asociados a modelos.

También se pueden asociar modelos a medidores a través de la pestaña '**Modelos**' de la ventana de la Figura 57. Una vez elegida la pestaña '**Modelos**', se tiene que elegir el tipo de medidor que se quiere dar de alta a través de la lista desplegable de la ventana de la Figura 57. Esta pestaña contiene, además, una lista con los modelos que se pueden asociar a un medidor, ya que no todos los modelos son asociables, sólo los modelos entrenados de tipo KSOM, FDI y FDP de una dimensión, pues tienen definidas ventanas que los representan.

#### 6.2.2.1.2 Eliminar un medidor.

Con el botón '**Eliminar medidor**' de la ventana inicial del sistema de configuración (ver Figura 52) se accede a otra ventana como la que aparece en la Figura 58, que permite eliminar un medidor de la interfaz. En esta ventana se muestra una lista con los nombres de los medidores que se han dado de alta en el sistema de diagnóstico. Una vez seleccionado el medidor y pulsando el botón '**Aceptar**', el medidor desaparece de la interfaz del sistema.

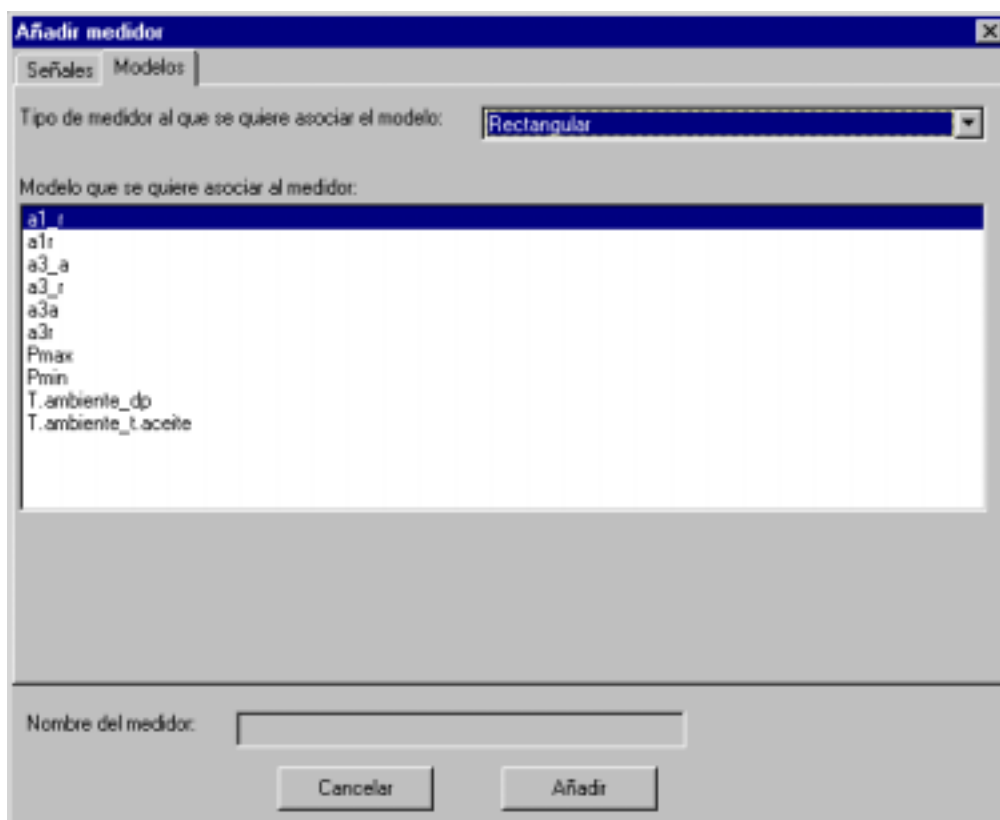


Figura 57: Ventana para la adición de medidores asociados a modelos.

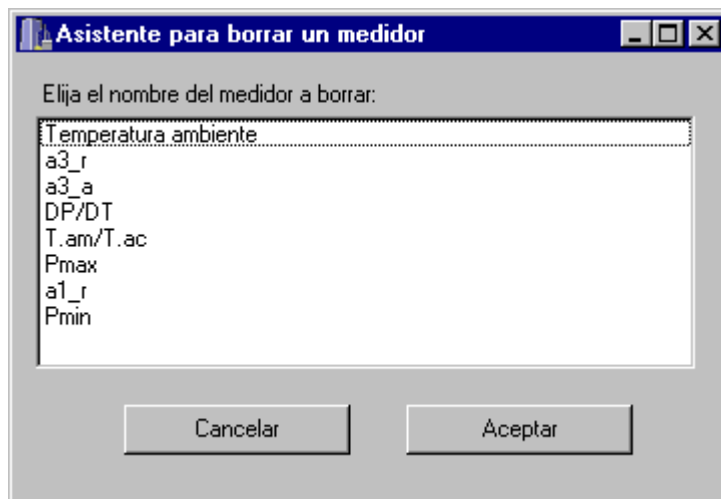


Figura 58: Ventana para eliminar un medidor.

#### 6.2.2.2 Configuración del detector de anomalías.

Mediante la configuración del detector de anomalías se permite añadir, eliminar y **modificar las funciones** que se utilizan para detectar estados anómalos. Gracias a la lista que se encuentra en la parte superior de la ventana de la Figura 59, se pueden visualizar las funciones de un tipo determinado; es decir, seleccionando un tipo de función, se listan todas las funciones dadas de alta que correspondan con el tipo elegido. Seleccionando una de estas funciones se muestra, en los recuadros indicados en la ventana de la Figura 59, información de las entradas y salidas de la misma.

Para **eliminar una función** se selecciona ésta y se pulsa la tecla suprimir. En aquellas funciones en que se puedan modificar los parámetros, se habrá de pulsar el botón '**Leer parámetros...**', en donde se despliega una ventana como la de la Figura 60 que permite seleccionar el fichero de parámetros de la función.

Para dar de alta o modificar una función se pulsa el botón '**Añadir nueva función...**', que activa un asistente que guía el proceso de adición de funciones, ver Figura 61.

El proceso de **adición de funciones** consta de tres partes, de las cuales las dos primeras son obligatorias y la tercera es opcional:

1. Selección del tipo de función y de algunos de sus parámetros básicos.
2. Adición de las entradas de la función.
3. Asociación de alguna de sus salidas o atributos con alguna señal. Esto permite dar de alta señales calculadas en el sistema de diagnóstico a partir de una función.

A continuación se explica cada una de estas partes.

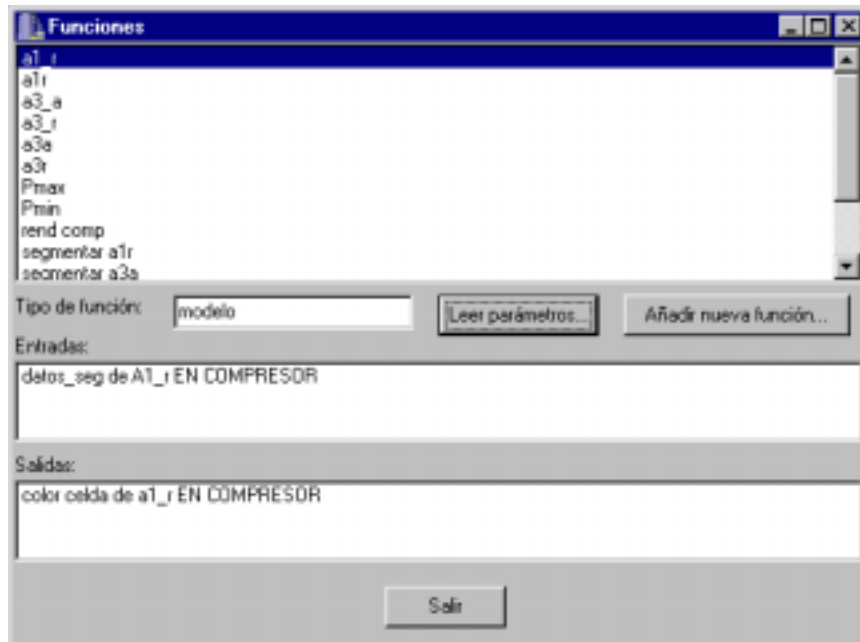


Figura 59: Ventana para la configuración de funciones.

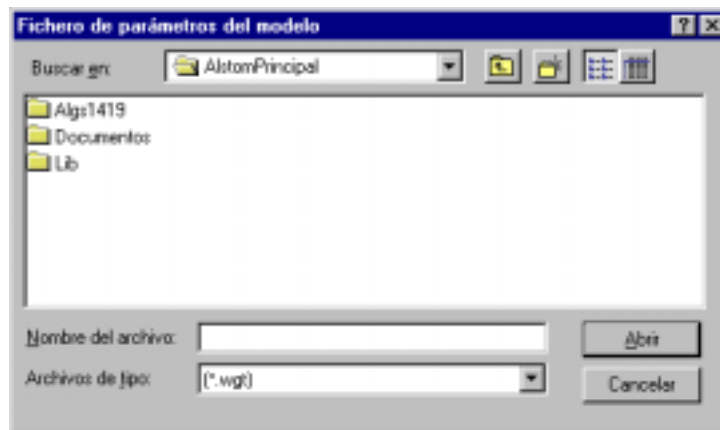


Figura 60: Ventana para la elección de un fichero de parámetros de una función.

### 6.2.2.2.1 Selección del tipo de función.

La primera ventana del asistente de configuración (ver Figura 61) es autoexplicativa, pues posee una ayuda que se muestra en la parte superior de la misma; consta de varias pestañas que permiten seleccionar, de forma jerárquica, el tipo de función que se quiere dar de alta. Cada una de estas pestañas tiene una serie de casillas que permiten fijar algunos de los parámetros básicos de la función. Por otro lado, en la región inferior de esta ventana, se encuentra un lugar habilitado para dar nombre a la función que se va a añadir.

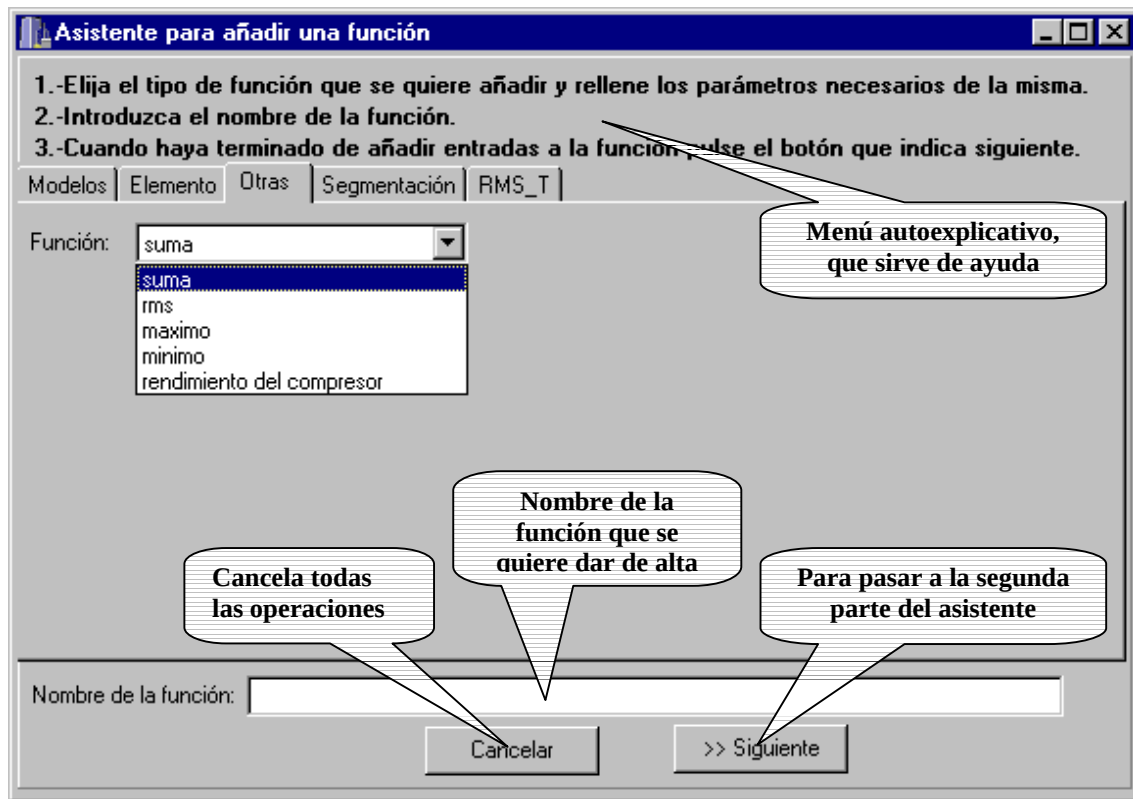


Figura 61: Asistente que guía la adición de funciones al sistema de diagnóstico.

A continuación se explican las pestañas de la primera ventana del asistente de configuración, que son jerárquicas; es decir, primero se selecciona el tipo de función básico que se quiere (por ejemplo: el tipo modelo), después se selecciona qué tipo de modelo se quiere usar y así sucesivamente.

#### 6.2.2.2.1.1 Modelos.

Los modelos son un tipo de funciones que requieren un ajuste de parámetros con un conjunto de entrenamiento. La pestaña '**Modelos**' se desglosa en otras pestañas correspondientes a tipos de modelos. La jerarquía de modelos es la siguiente:

##### 6.2.2.2.1.1.1 Modelos supervisados.

Los modelos supervisados (ver Figura 62) se caracterizan por tener una señal denominada salida, que sirve de guía en el entrenamiento y está intrínsecamente asociada al mismo. Dentro de estos modelos se encuadran los modelos FDI y el modelo perceptrón multicapa.

- Los **modelos FDI** constan de un modelo estimador para el que, en este caso, sólo se puede elegir el tipo de modelo perceptrón multicapa, y de un modelo FDP. El

modelo estimador intenta estimar, valga la redundancia, el comportamiento de una señal de salida, basándose en la información que le proporcionan sus entradas, y el modelo FDP estima la función de densidad de sus entradas para determinar si son conocidas. Es necesario rellenar todas las casillas correspondientes a parámetros del modelo estimador y del modelo FDP. Para más información, consultar el manual de referencia.

Figura 62: Ventana para la adición de modelos FDI de tipo perceptrón.

- Los **modelos perceptrón multicapa** (ver Figura 63) son modelos supervisados que tienen varias capas de neuronas, cada una de las cuales tiene un número fijo y determinado de neuronas; estiman el comportamiento de una señal de salida basándose en la información que le proporcionan sus entradas. Además, el modelo puede ser autorregresivo y de media móvil. Un grado regresivo de orden 1 indica que hay un retardo de la salida como entrada. Un grado de media móvil de orden 1 indica que hay un retardo del error cometido en la estimación como entrada al modelo.

#### 6.2.2.2.1.1.2 Modelos no supervisados.

Al contrario que los modelos supervisados, los modelos no supervisados no poseen señal de salida. Dentro de este tipo de modelos encontramos los modelos KSOM y los modelos FDP.

- Los **modelos KSOM** o mapas de KOHONEN son modelos con aprendizaje no supervisado basados en redes de neuronas. Los mapas de KOHONEN son un conjunto de celdas distribuidas en filas y columnas, correspondientes cada una a una neurona, que responde a un patrón de datos cuyas componentes se corresponden con las entradas. Este tipo de modelos tiene como parámetros fundamentales, precisamente, el número de filas y de columnas del mapa, ver Figura 64.

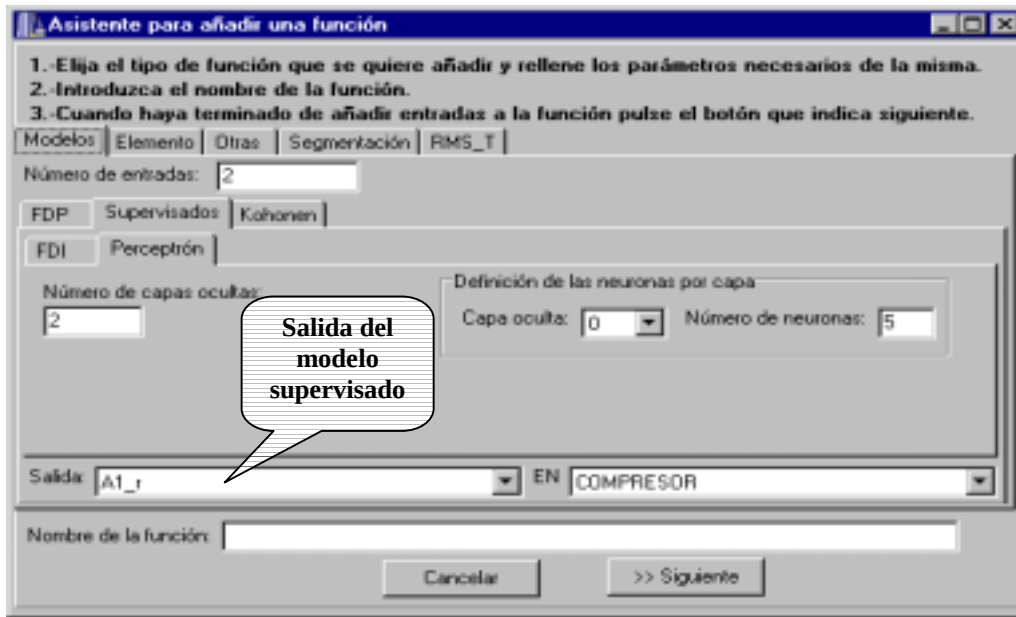


Figura 63: Ventana para la adición de modelos perceptrón multicapa.

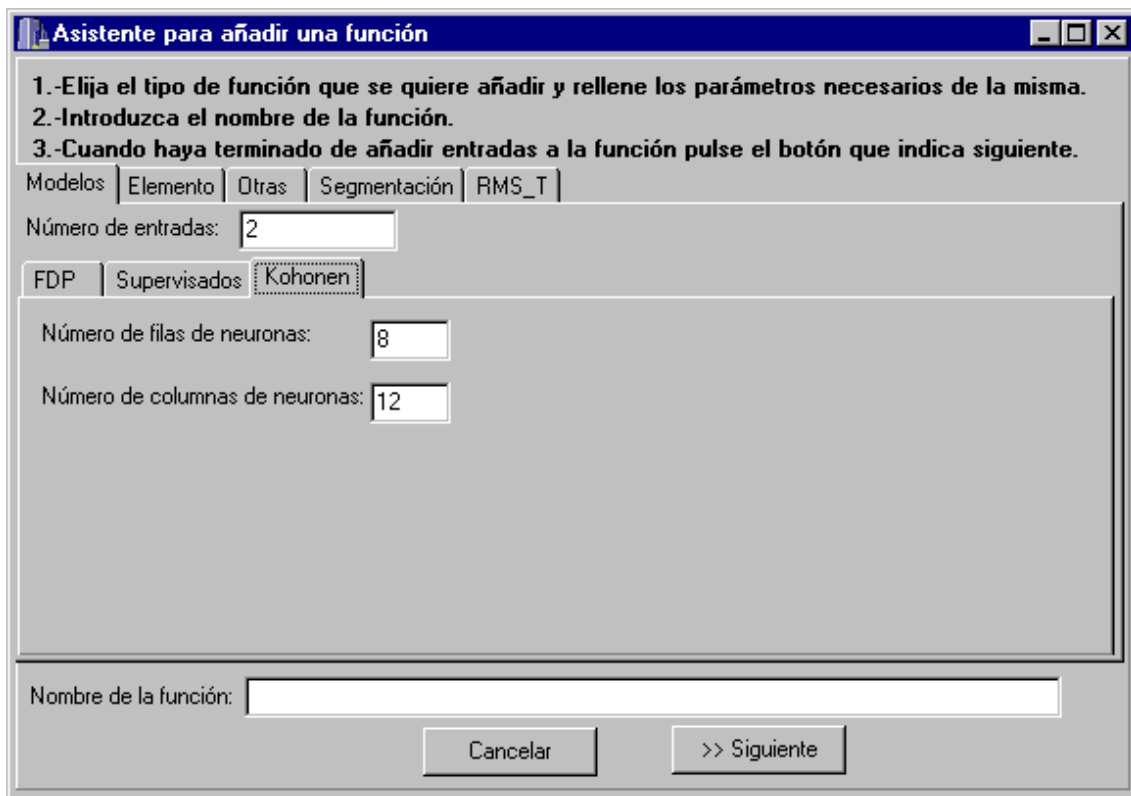


Figura 64: Ventana para la adición de modelos KSOM o mapas de KOHONEN.

- Los **modelos FDP** se utilizan para estimar la función de densidad para un conjunto de entradas. Este tipo de modelos tienen como parámetro fundamental el número de unidades ocultas o neuronas, ver Figura 65.

### 6.2.2.2.1.2 Configuración de la función elemento.

La **función elemento** determina la proyección sobre la dimensión  $i$  del vector de entrada, es decir, devuelve su elemento  $i$ -ésimo. Por lo tanto, el único parámetro que hace falta especificar para esta función es la posición  $i$  a seleccionar (ver Figura 66).

The screenshot shows a window titled 'Asistente para añadir una función'. It contains three instructions: 1. 'Elija el tipo de función que se quiere añadir y rellene los parámetros necesarios de la misma.', 2. 'Introduzca el nombre de la función.', and 3. 'Cuando haya terminado de añadir entradas a la función pulse el botón que indica siguiente.' Below the instructions are five tabs: 'Modelos', 'Elemento', 'Otras', 'Segmentación', and 'RMS\_T'. The 'Elemento' tab is selected. Under this tab, there are two input fields: 'Número de entradas:' with the value '2' and 'Número de unidades ocultas:' with the value '10'. At the bottom, there is a text box for 'Nombre de la función:' and two buttons: 'Cancelar' and '>> Siguiente'.

Figura 65: Ventana para la adición de modelos FDP.

This screenshot is similar to the previous one, showing the 'Asistente para añadir una función' window with the 'Elemento' tab selected. The instructions and tabs are the same. However, the 'Número de entradas:' field now contains the value '1', while the 'Número de unidades ocultas:' field is not visible in this view. The 'Nombre de la función:' text box and the 'Cancelar' and '>> Siguiente' buttons are also present at the bottom.

Figura 66 : Ventana para la adición de una función elemento.

### 6.2.2.2.1.3 Configuración de la función segmentación.

Dado un espectro de velocidad en un punto de medida cualquiera, la función de segmentación permite calcular el denominado **espectro segmentado** dividiendo el rango de frecuencias en una sucesión de intervalos centrados en los armónicos de la frecuencia fundamental (representados en rojo en la Figura 67) e intervalos de transición (representados en verde en la misma figura), y calculando el valor RMS total en cada uno de esos intervalos:

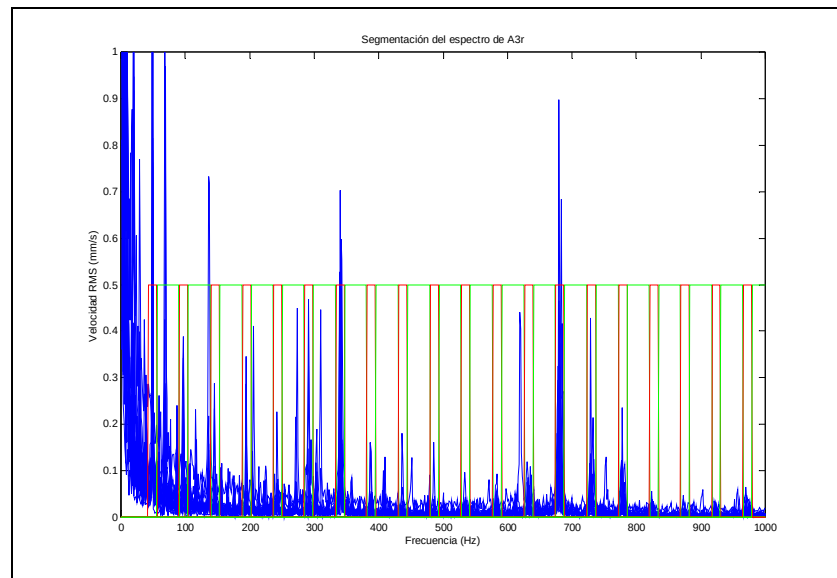


**Figura 67: Segmentación del espectro**

De esta forma se obtiene el espectro segmentado representado en la Figura 68, que queda formado por un vector de  $n$  componentes ( $n/2$  intervalos centrados en armónicos de la frecuencia fundamental y  $n/2$  en frecuencias intermedias):

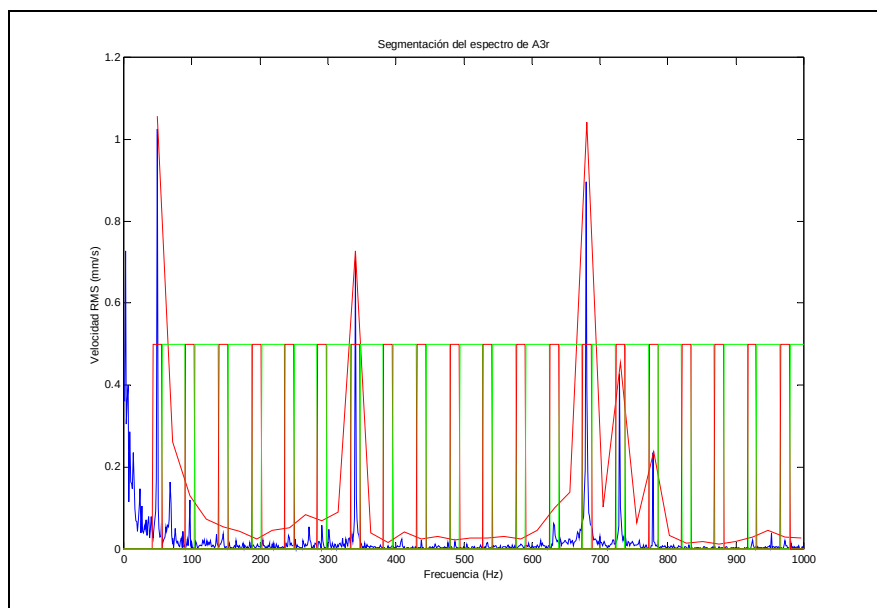


**Figura 68: Ejemplo de espectro segmentado**

Para la configuración de esta función es necesario especificar el número de componentes del espectro segmentado ( $n=40$ , en el ejemplo de la Figura 69) y el ancho de los intervalos correspondientes a las frecuencias armónicas de la fundamental ( $m=15$ , en el ejemplo de la Figura 69) expresado como el número de líneas espectrales a incluir en estos intervalos.

Figura 69 : Ventana para la adición de una función de segmentación.

#### 6.2.2.2.1.4 Configuración de la función *RMS\_T*.

Dado un espectro de velocidad en un punto de medida cualquiera, la función *RMS\_T* permite calcular el valor RMS correspondiente a un conjunto determinado de tramos o bandas de frecuencia.

Cada banda de frecuencia se define mediante la especificación de su frecuencia central como armónico ( $h$ ) de la frecuencia fundamental ( $f_0$ ) y un ancho de ventana porcentual ( $w$ ). De esta forma, si tomamos por ejemplo como frecuencia fundamental  $f_0 = 50.75 \text{ Hz}$ , consideramos las bandas centradas en los armónicos  $h_1=8$  y  $h_2=16$ , y tomamos un ancho de ventana  $w=4\%$ , resultan las bandas (ver Figura 70):

$$B_1 = [h_1 * f_0 * (1 - w/100) ; h_1 * f_0 * (1 + w/100)] = [389.76 ; 422.24]$$

$$B_2 = [h_2 * f_0 * (1 - w/100) ; h_2 * f_0 * (1 + w/100)] = [779.52 ; 844.48]$$

El valor RMS retornado por la función *RMS\_T* se calcula entonces como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las componentes del espectro contenidas en estas bandas.

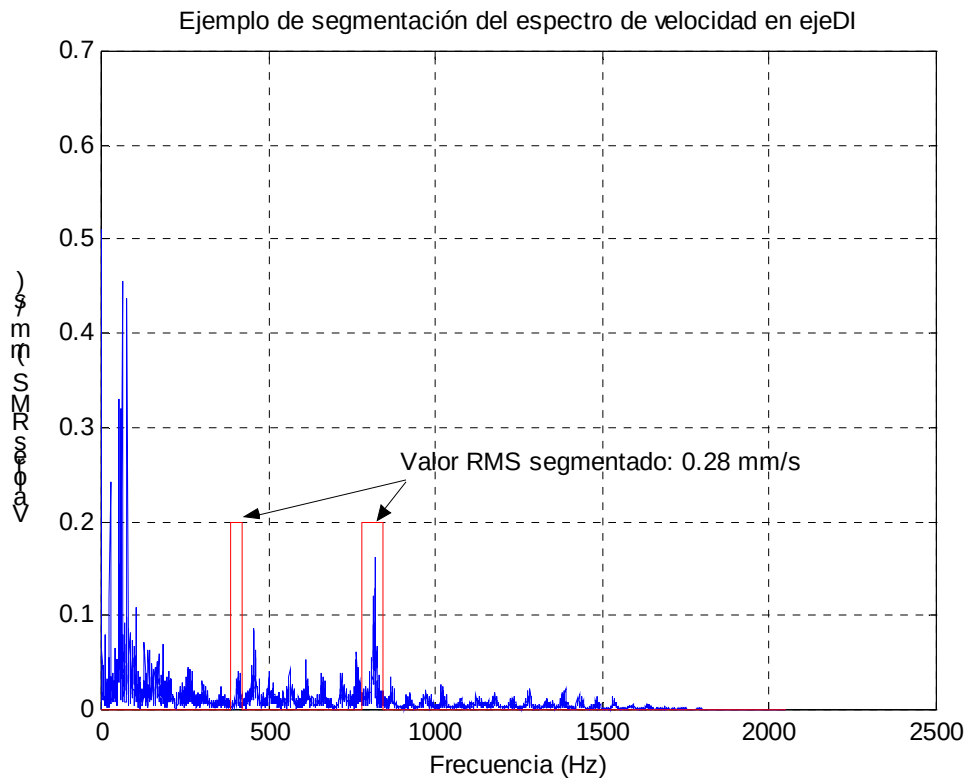


Figura 70: Ejemplo de aplicación de la función RMS\_T

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la ventana que permite configurar una función RMS\_T, mediante la especificación de los armónicos de interés (separados por el carácter ‘;’) y el ancho porcentual de las bandas.

**Asistente para añadir una función**

1.-Elija el tipo de función que se quiere añadir y rellene los parámetros necesarios de la misma.  
 2.-Introduzca el nombre de la función.  
 3.-Cuando haya terminado de añadir entradas a la función pulse el botón que indica siguiente.

Modelos | Elemento | Otras | Segmentación | **RMS\_T**

Armónicos de interés:

Ancho de ventana (%):

Nombre de la función:

Cancelar >> Siguiente

Figura 71 : Ventana para la adición de una función RMS\_T.

#### 6.2.2.2.1.5 Configuración de otras funciones.

Existe un conjunto de funciones, no paramétricas, que no requieren el uso de ficheros de parámetros, como son las funciones suma, tendencia, división y diferencia. La ventana que configura este tipo de funciones se muestra en la Figura 72. En ella puede verse una lista desplegable con el tipo de funciones que se pueden utilizar. A continuación se explica cada uno de ellos.

La **función suma** es una función que sirve para obtener la adición de los valores de las señales de entrada. Esta función tiene varias entradas, que son las señales que se quieren sumar. El atributo de la función es la suma de los valores de las entradas de la misma.

La **función diferencia** es una función que sirve para obtener la diferencia de los valores de dos señales. Esta función tiene dos entradas: la señal que se comporta como minuendo y la señal que se comporta como sustraendo. El atributo de la función es la diferencia de los valores de las entradas de la misma.

La **función tendencia** es una función que sirve para hallar el valor de la tendencia de una señal. Esta función tiene una entrada, que es la señal de la que se quiere calcular la tendencia. El atributo de la función es el valor de la tendencia calculado.

La **función división** es una función que sirve para obtener el cociente de los valores de dos señales. Esta función tiene dos entradas: la señal que se comporta como dividendo y la señal que se comporta como divisor. El atributo de la función es el cociente de los valores de las entradas de la misma.

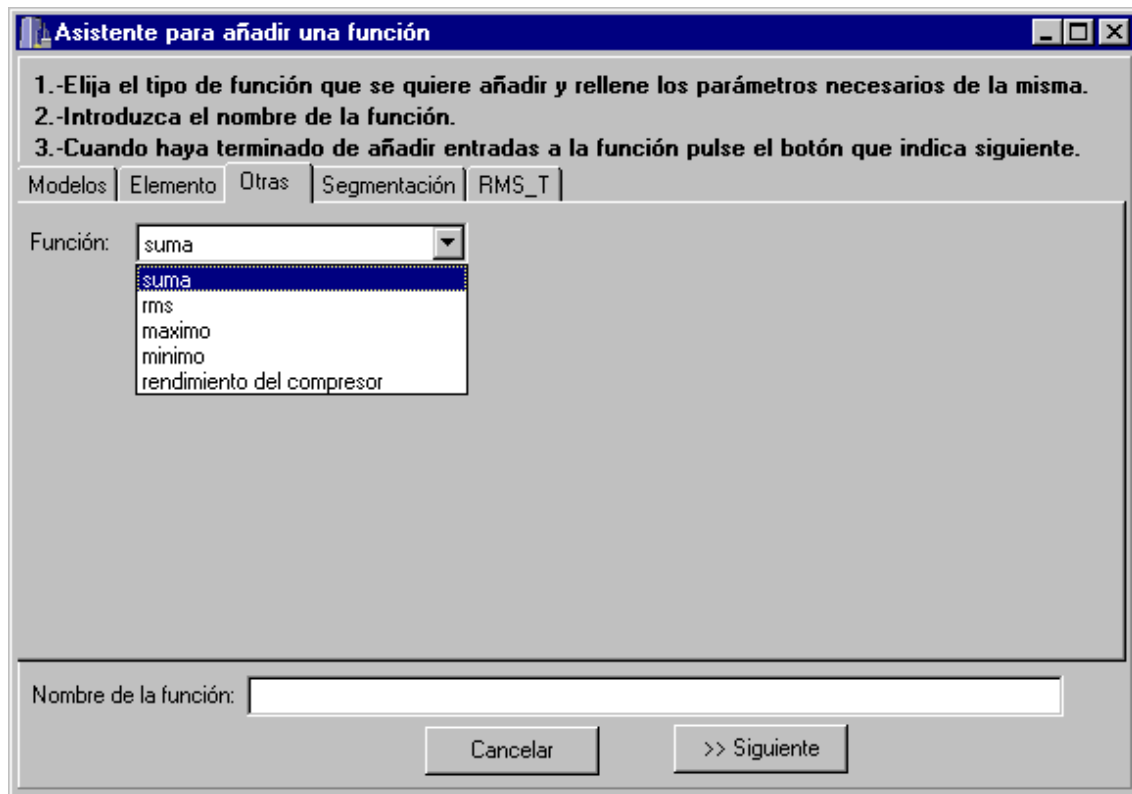


Figura 72: Ventana para la adición de funciones sin parámetros.

#### 6.2.2.2.2 Adición de entradas a la función.

Una vez que se ha elegido el tipo de función que se quiere dar de alta, se han rellenado todas las casillas que ésta requiera (ver Figura 61) y se ha dado nombre a la nueva función, pulsando en aquella ventana el botón '>>Siguiente', se pasa a la ventana de la Figura 73, que guía en la adición de entradas a la función. En ella se muestra una lista con las entradas de la función que se han añadido, en la casilla de '**Entradas**'. Para añadir una señal a esa casilla se elige una de entre todas aquellas dadas de alta en la base de hechos, a través de las listas desplegables que hay en la parte superior de la ventana, y se pulsa el botón de '**Añadir como entrada**'. Para **eliminar una señal de entrada** basta con seleccionar la señal dentro de la lista de señales de entrada y pulsar la **tecla de suprimir**.

Si el usuario se arrepiente del tipo de función que ha seleccionado, puede pulsar el botón de '<<Anterior' para volver a la ventana inicial. Si, finalmente, se está conforme con la función que se quiere dar de alta, se debe pulsar el botón '>>Siguiente', que lanzará la detección de errores en la formalización de los datos de la función a añadir, notificándolo en caso de que los hubiera.

Figura 73: Ventana para la adición de entradas a funciones.

#### 6.2.2.2.3 Asociación de atributos de función con señales.

Configurada ya la función deseada, se ofrece la posibilidad de asociar alguno de sus atributos con señales nuevas, con el objetivo de que puedan ser utilizados por el sistema de diagnóstico. La interfaz preparada para ello puede verse en la Figura 74. En caso de que no se quiera asociar ningún atributo, se debe pulsar el botón '**Finalizar**'. Para asociar atributos de la función a señales, primero hay que seleccionar alguno de sus atributos de la lista desplegable '**Salida de la función**'. Una vez hecho esto, el

programa sugiere un nombre, unos rangos de la medida y las unidades en las que se mide. Estos valores sugeridos pueden no ser los correctos y, por tanto, son modificables. Para que se añada la señal hay que pulsar el botón '**Añadir como salida**', momento en que se informará si existe un error en el nombre de la señal, bien por tener caracteres incorrectos, bien porque el nombre ya existe o bien porque se calcula de la misma manera que otra señal calculada. Cuando se haya terminado de asociar señales a la función, se debe pulsar el botón '**Finalizar**'. En cualquier caso, si faltase algún otro atributo que asociar con una señal, se puede hacer a través de la ventana de adición de señales de la configuración de la base de hechos, tal y como se comenta más adelante.

Figura 74: Ventana para la asociación de señales a atributos de funciones.

### 6.2.2.3 Configuración del sistema experto.

El sistema experto es la parte del sistema de diagnóstico que se encarga de detectar las causas que producen las anomalías. Consta de una base de hechos, una base de conocimientos y el motor de inferencia.

A continuación se explica cómo configurar la base de hechos y la base de conocimientos.

#### 6.2.2.3.1 Configuración de la base de hechos.

El sistema experto consta de una base de hechos configurable, donde se permite añadir y eliminar señales, variables, componentes, propiedades y grupos de componentes. A la ventana que configura la base de hechos, como la que aparece en la Figura 75, se accede pulsando el botón '**Base de hechos...**' de la ventana de la Figura 52.

Esta ventana consta de cinco regiones, separadas por pestañas, que se corresponden con la región para la configuración de componentes, la región para la configuración de señales, la región para la configuración de variables, la región para la configuración de propiedades y la región para la configuración de grupos de componentes. A continuación, se explica cada una de estas regiones en más detalle.

#### 6.2.2.3.1.1 Configuración de componentes.

La pestaña que permite configurar los componentes se muestra en la Figura 75. En su parte izquierda se encuentra una lista con los '**Componentes**' dados de alta en la base de hechos. Los componentes de la base de hechos se jerarquizan en forma de árbol, donde cada componente tiene un padre y varios hijos. En principio, sólo puede haber un componente sin padre, que es el **componente padre** de todos los demás. Esta jerarquía se puede ver en las casillas de la región derecha de la ventana de la misma Figura 75. En la parte superior se permite elegir, de una lista desplegable, el componente padre del componente seleccionado en la lista de componentes. Además, si se selecciona un componente de la lista presenta el nombre de los componentes que son sus hijos en la lista denominada '**Incluye a:**' en la ventana de la Figura 75. En esta jerarquía sólo se puede modificar el componente padre de cada componente, quedando así modificados automáticamente los componentes hijos de cada uno.

Por otra parte, los componentes se pueden agrupar, para poder referenciar varios a la vez a través del nombre del **grupo al que pertenecen** en las reglas de producción de la base de conocimientos. Los grupos asociados a cada componente se listan en la casilla de la región inferior derecha de la ventana de la Figura 75. Si se quiere asociar un grupo a un componente se hace a través del botón '**Añadir grupo...**' de la ventana de la misma Figura 75.

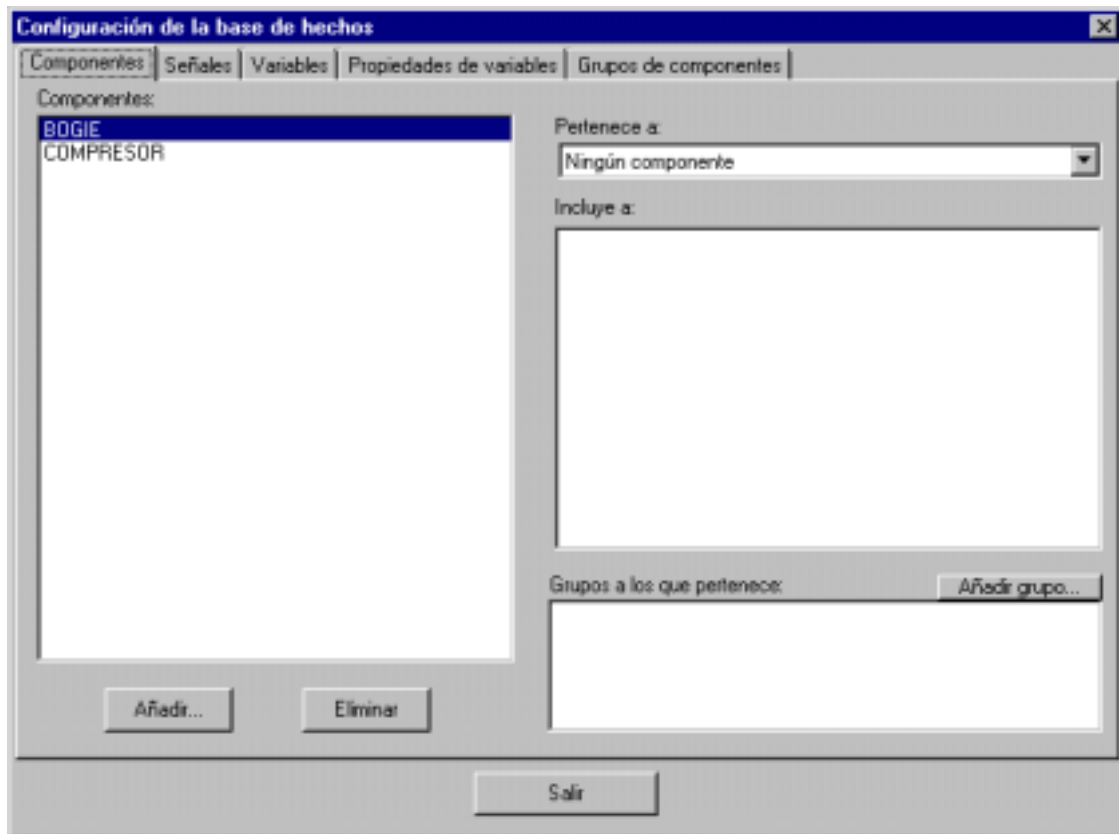


Figura 75: Ventana para la configuración de componentes.

Al pulsar el botón ‘**Añadir grupo...**’ aparece la ventana de la Figura 76. En ella se puede elegir un grupo de entre aquellos definidos en la base de hechos. Cuando se ha elegido un grupo, se pulsa el botón ‘**Añadir y salir**’ para que la operación se lleve a cabo. En caso de querer cancelar la operación, se pulsa el botón ‘**Salir**’. Para **eliminar un componente de un grupo**, se selecciona el componente y, en la lista de ‘**Grupos a los que pertenece**’, se selecciona el grupo y se pulsa la **tecla suprimir**. Para que esto tenga efecto, hay que confirmar la eliminación a través de una ventana preparada para ello.

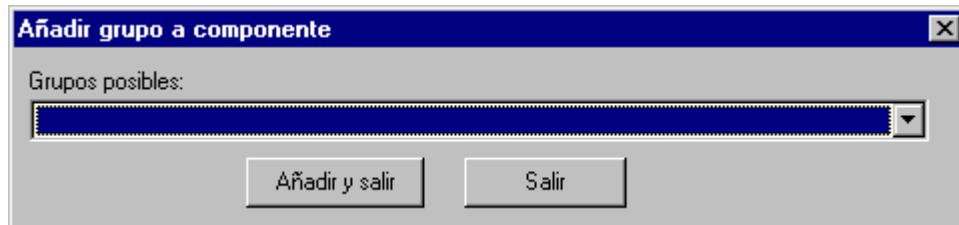


Figura 76: Ventana para la asociación grupos a componentes.

También se pueden **añadir nuevos componentes** a la base de hechos a través del botón ‘**Añadir...**’ de la ventana de la Figura 75. Gracias a este botón, se accede a la ventana de la Figura 77, que invita a introducir el nombre del componente nuevo. En caso de que el nombre exista o contenga caracteres incorrectos, se informará de ello. Una vez que se ha añadido el componente, su nombre aparecerá escrito en la lista de componentes, pudiéndole asignar un padre y asociar grupos de componentes como se ha comentado hasta ahora.

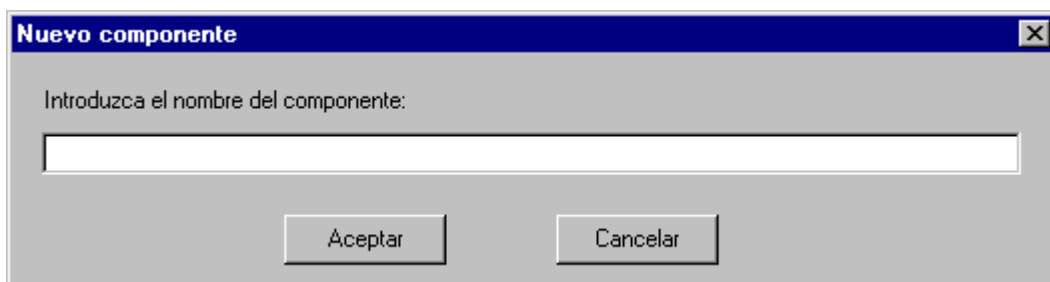


Figura 77: Ventana para dar un nombre a un componente.

Por último, también se puede **eliminar componentes** gracias al botón ‘**Eliminar**’; al ser pulsado, eliminará el componente elegido de la lista. De nuevo, para que esta operación tenga efecto, aparecerá una nueva ventana solicitando su confirmación.

*Si el componente está asociado a alguna señal, no se podrá eliminar.* Para ello, se tendrá primero que eliminar la señal y, después, el componente. Las consecuencias de eliminar un componente son: se elimina como padre e hijo de los componentes con los que mantuviera esa relación y se elimina de los grupos de componentes a los que perteneciera.

#### 6.2.2.3.1.2 Configuración de las señales.

La pestaña que permite configurar las señales se muestra en la Figura 78. En ella se pueden ver las señales de un tipo determinado dadas de alta en la base de hechos. Existen en la base de hechos tres tipos de señales: automáticas, calculadas y del sistema experto (ver manual de referencia). La **actividad de la señal** se controla mediante la casilla que se encuentra en la parte inferior izquierda de la ventana de la Figura 78. Si se

cambia el valor de la casilla, se puede desactivar una señal. Una señal desactivada no se tendrá en cuenta en la evaluación de las funciones del detector de anomalías ni en la inferencia hecha por el sistema experto. La desactivación de una señal que sea fundamental para obtener el valor de otra (como en una señal calculada), supone una desactivación en cadena de las señales que dependan de ella en el momento en que las señales a desactivar se den cuenta de la desactivación de la señal principal.

Las señales, además, tienen asociado un valor **máximo** y **mínimo** de medida, junto con las **unidades** en que se mide. Estos datos se pueden configurar en las casillas correspondientes de la ventana de la Figura 78.

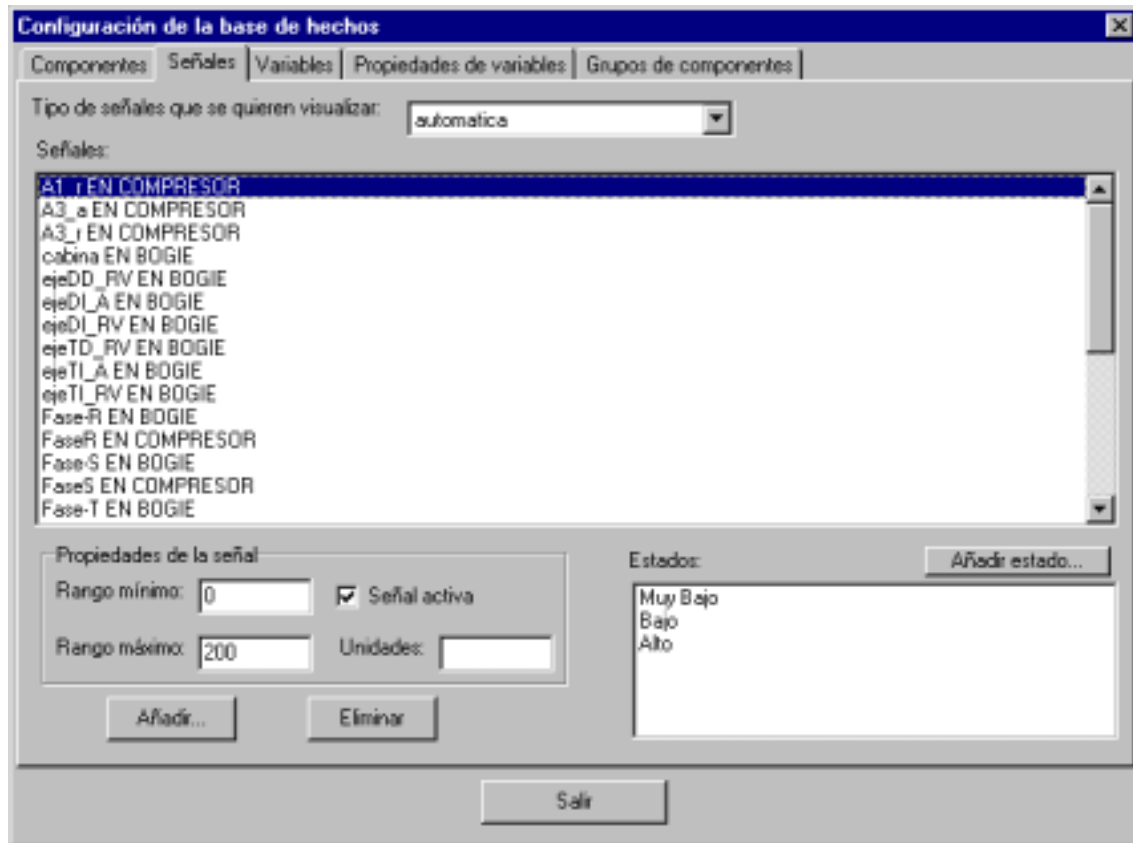


Figura 78: Ventana para la configuración de señales.

Se pueden añadir nuevas señales a través del botón '**Añadir...**', que da acceso a la ventana de la Figura 79. Esta ventana solamente permite dar de alta señales calculadas, ya que las señales automáticas se dan de alta en los sistema de adquisición de datos y las señales que utiliza el sistema experto se dan de alta automáticamente al enunciar las reglas en la base de conocimiento.

Para añadir una señal calculada, se elige primero la función con la que calcula su valor, a través de la lista desplegable denominada '**Función**' de la ventana de la Figura 79. Posteriormente, se elige un atributo para la función de la lista desplegable denominada '**Salida**'. Una vez hecho esto, el programa sugiere un **nombre** para la señal, unos **rangos de medida** y las **unidades** en las que se mide. Estos valores sugeridos pueden no ser los correctos y, por tanto, son modificables. Para que se añada la señal realmente, hay que pulsar el botón '**Añadir y salir**' y, si no puede ser añadida, se informará si existe un error en la definición de la señal, bien por tener caracteres incorrectos, bien porque el nombre ya existe o bien porque se calcula de la misma manera que otra señal calculada.

**Nueva señal**

Calculadas

Función  
rend comp

Salida  
dP/dt

Nombre: dP/dt Componente: COMPRESOR

Propiedades de la señal

Rango mínimo: 0 Unidades: Dominio: tiempo

Rango máximo: Añadir y salir Salir

**Figura 79: Ventana para la adición de señales calculadas a la base de hechos.**

A cada señal se le pueden asociar varios **estados**, cada uno de los cuales indica diferentes comportamientos de la señal; por ejemplo, estado alto, bajo, etc. La asociación de una señal con un estado es lo que se denomina **hecho**, es decir: un hecho indica el estado en que se encuentra una señal; por ejemplo, *temperatura es alta*. Los estados definidos en la base de hechos son de tipo *crisp*, tales como:

- Mayor que 5 (alto)
- Entre 10 y 20 (bajo)
- ...

La lista de estados asociados a una señal se muestra en la casilla denominada '**Estados:**' de la ventana de la Figura 78, después de ser seleccionada de la lista de señales dadas de alta en la base de hechos.

Para asociar un nuevo estado a una señal se usa el botón '**Añadir estado...**', a partir del cual se accede a la ventana de la Figura 80. La ventana consta de dos pestañas para dar de alta estados de diferentes tipos.

En la pestaña denominada '**Intervalo**' se pueden añadir estados de tipo intervalo, lo que significa que una señal se encuentra en este estado si su valor está comprendido entre los valores definidos para el intervalo, incluyéndose a sí mismos. La nomenclatura que se utiliza para este tipo de estado sigue el formato: *entre(a,b)*, siendo los valores *a* y *b* los extremos del intervalo. En la casilla '**Valor mínimo**' de la ventana de la Figura 80 se introduce el valor de *a* y en la casilla '**Valor máximo**' se introduce el valor de *b*.

En la pestaña denominada '**Otros**' se pueden dar de alta otro tipo de estados:

- *Estados de tipo mayor que*: Una señal se encuentra en este estado si su valor es superior a un valor definido. La nomenclatura que se utiliza para este tipo de estado sigue el formato: *mayor que(a)*, siendo *a* un atributo del estado.
- *Estados de tipo menor que*: Una señal se encuentra en este estado si su valor es inferior a un valor definido. La nomenclatura que se utiliza para este tipo de estado sigue el formato: *menor que(a)* siendo *a* un atributo del estado.

- *Estados de tipo mayor o igual que*: Una señal se encuentra en este estado si su valor es superior a un valor definido, incluyéndose a sí mismo. La nomenclatura que se utiliza para este tipo de estado sigue el formato: *mayor= que(a)* siendo *a* un atributo del estado.

Figura 80: Ventana para la adición de estados tipo intervalo.

- *Estados de tipo menor o igual que*: Una señal se encuentra en este estado si su valor es inferior a un valor definido, incluyéndose a sí mismo. La nomenclatura que se utiliza para este tipo de estado sigue el formato: *menor= que(a)* siendo *a* un atributo del estado.
- *Estados de tipo igual que*: Una señal se encuentra en este estado si su valor es exactamente un valor definido. La nomenclatura que se utiliza para este tipo de estado sigue el formato: *igual que(a)* siendo *a* un atributo del estado.

Para añadir un estado de cualquiera de estos tipos, primero se selecciona el tipo de estado que se quiere dar de alta en la lista desplegable '**Tipo**' de la ventana de la Figura 81 y, posteriormente, se da valor al atributo '*a*' del estado en la casilla '**Valor**'.

Figura 81: Ventana para adición de estados con un atributo.

A cada estado se le puede asociar, de forma opcional, una etiqueta que lo represente como, por ejemplo, '*mayor que 5*' es lo mismo que '*alto*'. Esto se lleva a cabo en la casilla '**Apodo**'. Los estados son fundamentales para el desarrollo de la labor del

detector de anomalías, ya que cada estado lleva asociado un valor, que indica si el estado es anómalo para un tipo de señal determinada. Si el estado es síntoma de anomalía, se indica en la casilla denominada '**Genera anomalía**'.

Finalmente, para que el estado se asocie efectivamente a la señal, es necesario pulsar el botón '**Añadir y salir**' y, automáticamente, el nombre del estado aparecerá en la lista de estados asociados a la señal en la ventana de la Figura 81. En caso de que se quiera cancelar la operación, se pulsa el botón '**Salir**'.

#### 6.2.2.3.1.3 Configuración de las variables.

La pestaña que permite configurar las variables se muestra en la Figura 82; en ella se listan las **variables** dadas de alta en la base de hechos. Las variables no se dan de alta directamente, por eso no existe un botón para tal operación, sino que se dan de alta al añadir una señal que contiene una variable que no existe.

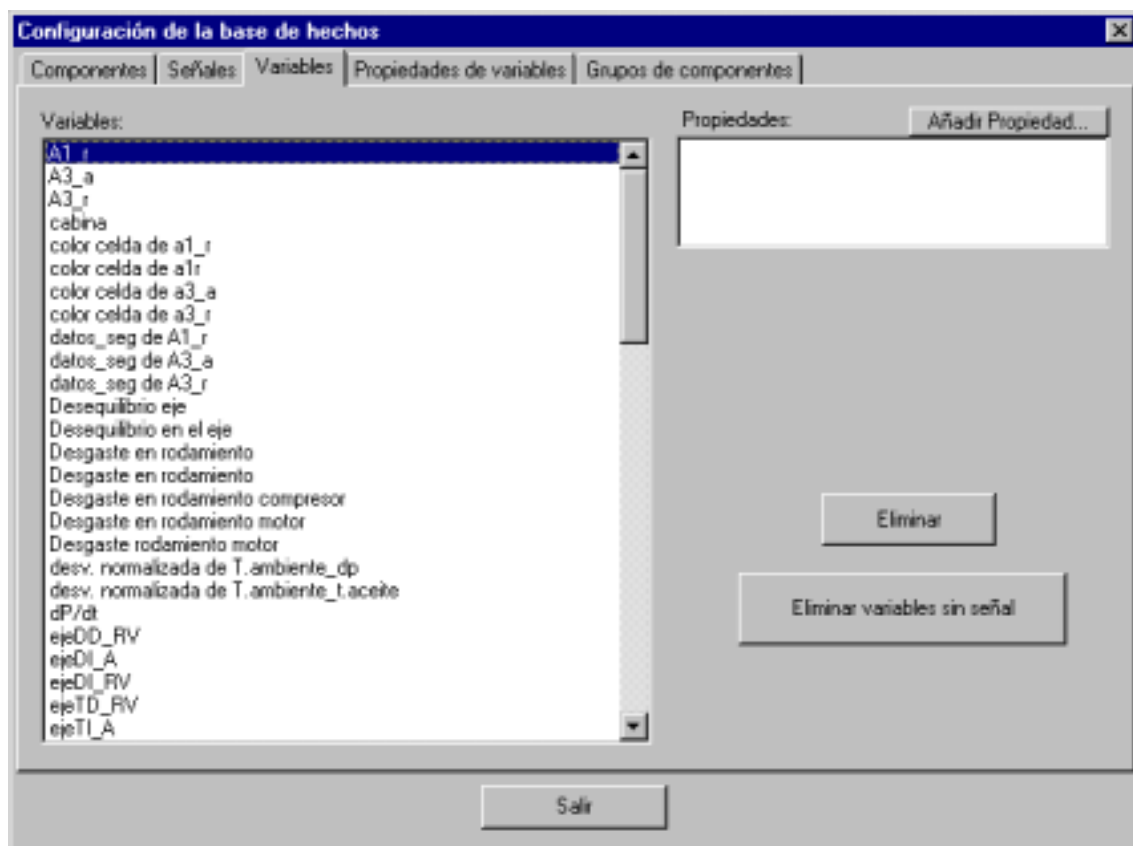


Figura 82: Ventana para la configuración de variables.

Para eliminar una variable basta con seleccionar la variable y pulsar el botón '**Eliminar**'. Si la variable está asociada a alguna señal, no se podrá eliminar. Para ello, tendrá primero que eliminarse la señal y, después, la variable. Al eliminar una variable, ésta se da de baja en la base de hechos y se eliminan las asociaciones a las propiedades que tiene. También se pueden eliminar aquellas variables que no tengan señales asociadas pulsando el botón '**Eliminar variables sin señal**'.

Por otra parte, las variables se pueden agrupar por sus propiedades, para poder referenciar varias variables referenciando la propiedad en las reglas de producción de la base de conocimientos. Las propiedades de cada variable se listan en la casilla de la región superior derecha de la ventana de la Figura 82. Si se quiere asociar una propiedad a una variable se hace a través del botón '**Añadir propiedad...**'.

Al pulsar el botón ‘**Añadir propiedad...**’ aparece la ventana de la Figura 83; en ella se puede elegir una propiedad de entre las definidas en la base de hechos. Cuando se ha elegido la propiedad, se pulsa el botón ‘**Añadir y salir**’, para que la operación se lleve a cabo. En caso de querer cancelar la operación, se pulsa el botón ‘**Salir**’. Para eliminar una propiedad de una variable, se selecciona la propiedad y se pulsa la tecla suprimir.

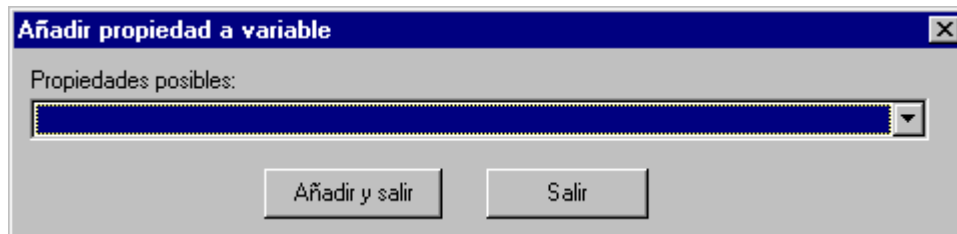


Figura 83: Ventana para la asociación de propiedades a variables.

#### 6.2.2.3.1.4 Configuración de las propiedades.

La pestaña que permite configurar las propiedades se muestra en la Figura 84. En ella se listan las propiedades dadas de alta en la base de hechos.

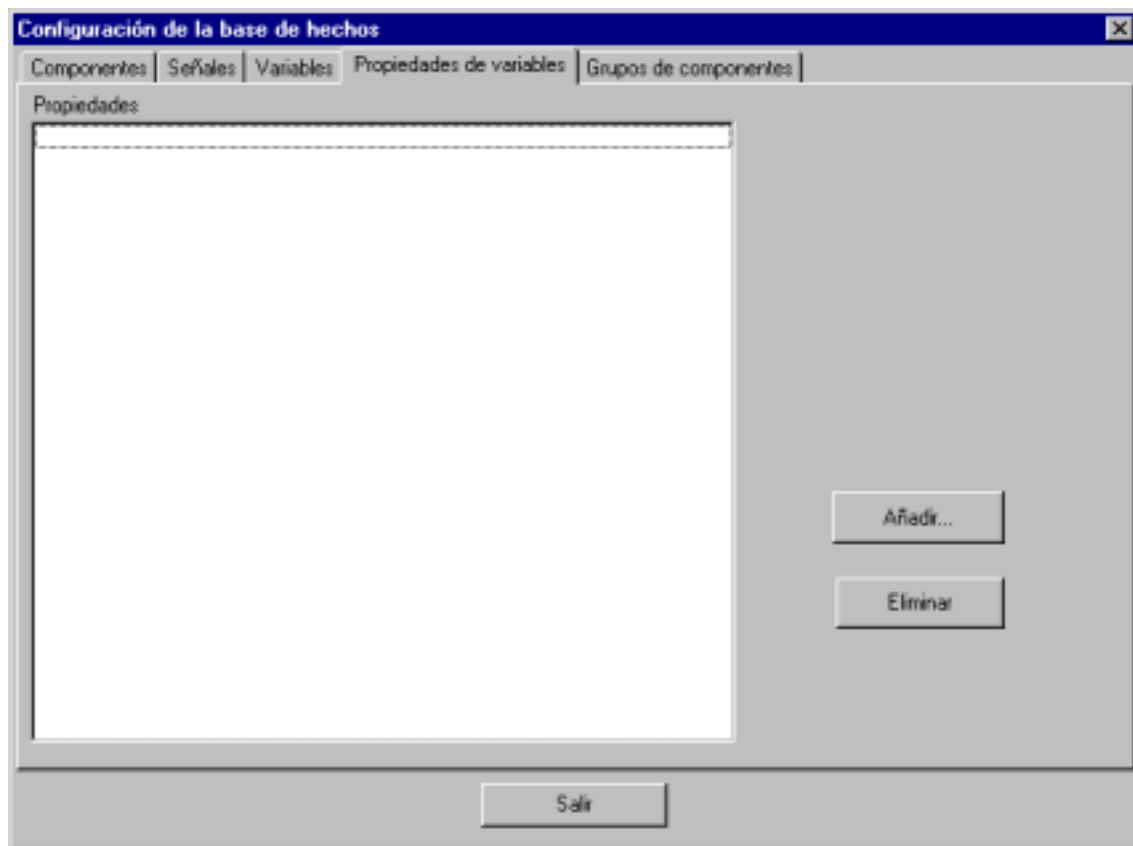


Figura 84: Ventana para la configuración de propiedades de variables.

Se puede añadir propiedades pulsando el botón ‘**Añadir**’, que muestra una ventana como la de la Figura 85, donde se escribe el nombre de la propiedad. Se puede también eliminar propiedades seleccionando una propiedad de la lista de propiedades de la base de hechos y pulsando el botón ‘**Eliminar**’. Para que esto tenga efecto hay que confirmar la eliminación a través de una ventana que pregunta si se está seguro. Si se elimina una propiedad ésta es dada de baja en la base de hechos y se elimina la asociación que tienen las variables con ella.

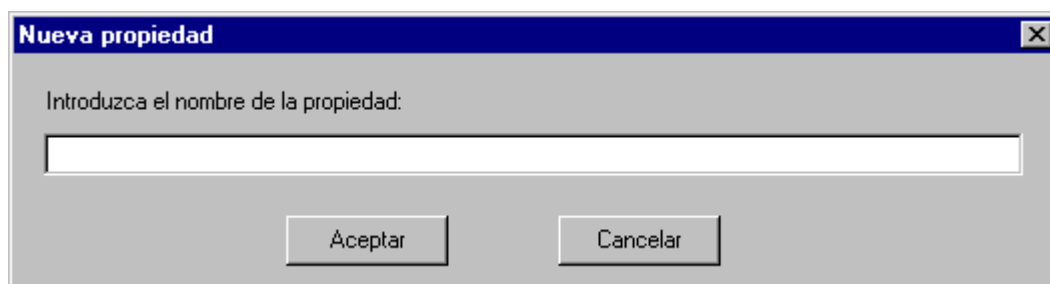


Figura 85: Ventana para dar nombre a nuevas propiedades.

#### 6.2.2.3.1.5 Configuración de los grupos de componentes.

La pestaña que permite configurar los grupos de componentes se muestra en la Figura 86. En ella se listan los grupos dados de alta en la base de hechos.

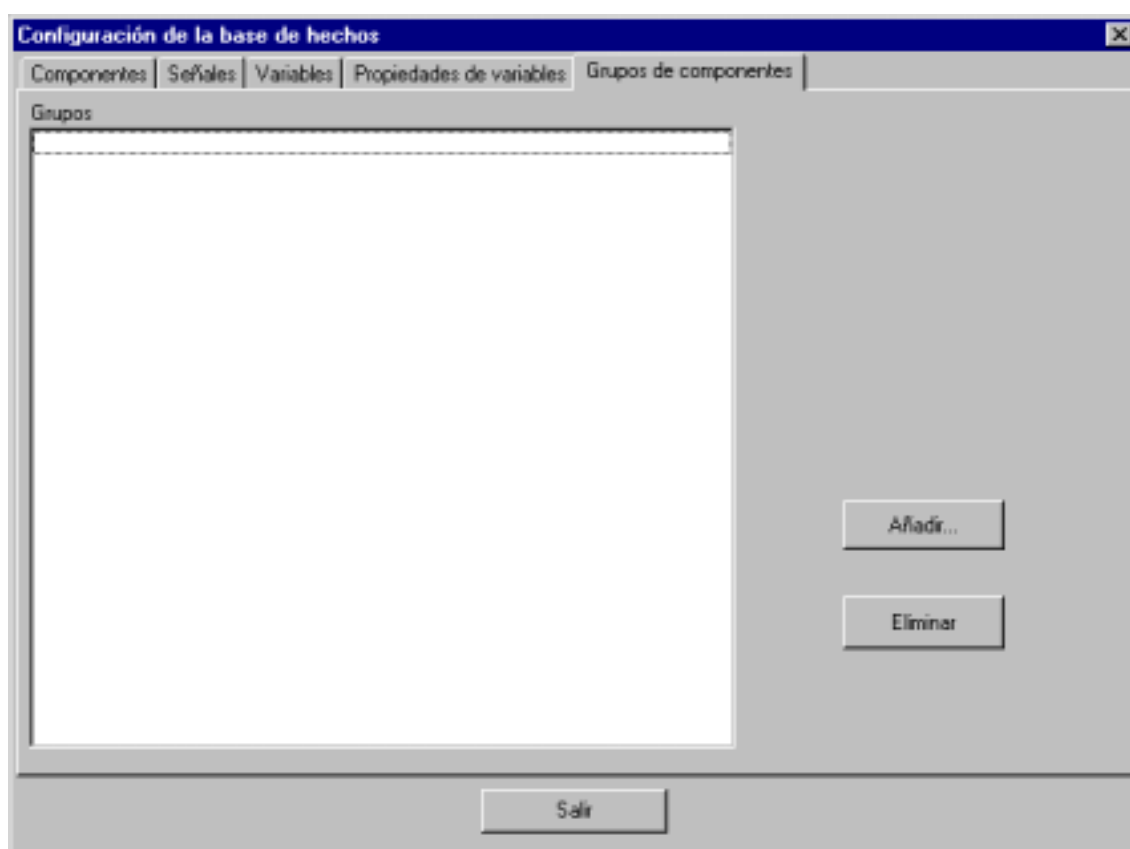


Figura 86: Ventana para configurar grupos de componentes.

Se puede añadir grupos pulsando el botón 'Añadir', que muestra una ventana como la de la Figura 87, donde se escribe el nombre del grupo. Se puede también eliminar grupos, seleccionando un grupo de la lista de grupos de la base de hechos y pulsando el botón 'Eliminar'. Para que esto tenga efecto hay que confirmar la eliminación a través de una ventana que pregunta si se está seguro. La consecuencia de eliminar un grupo es que se da de baja en la base de hechos y se elimina la asociación que tienen los componentes con él.

La ventana 'Nuevo grupo' tiene un título azul con el texto 'Nuevo grupo' y un botón de cerrar (X) en la esquina superior derecha. El cuerpo de la ventana es gris y contiene el texto 'Introduzca el nombre del grupo:' seguido de un campo de entrada de texto vacío. En la parte inferior, hay dos botones: 'Aceptar' y 'Cancelar'.

Figura 87: Ventana para dar nombre a grupos de componentes.

### 6.2.2.3.2 Configuración de la base de conocimientos.

El sistema experto consta de una base de conocimientos configurable donde se permite modificar, añadir y eliminar reglas. A la ventana que configura la base de conocimientos, ver Figura 88, se accede pulsando el botón '**Base de conocimientos...**' de la ventana de la Figura 52.

La ventana 'Configuración de la base de conocimiento' tiene un título azul con el texto 'Configuración de la base de conocimiento' y un botón de cerrar (X) en la esquina superior derecha. El cuerpo de la ventana es gris y contiene los siguientes elementos:

- REGLA:** Un campo de texto con el valor 'A13R\_R' y un botón de lista desplegable.
- Botón Salir:** Un botón rectangular situado a la derecha del campo 'REGLA'.
- Atributos de regla:** Una sección con tres campos: 'IDENTIFICADOR: A13R\_R', 'CONFIANZA: 1.000' (con un campo de entrada) y 'AREA DE CONOCIMIENTO: Compresor'.
- Definición de la regla:** Una sección con un sub-título 'SI' y un campo de texto que contiene: 'color celda de a1\_r EN COMPRESOR ES Rojo || 1.000' y 'color celda de a3\_r EN COMPRESOR ES Rojo || 1.000'.
- ENTONCES:** Una sección con un campo de texto vacío.
- DIAGNOSTICOS:** Una sección con un sub-título 'DIAGNOSTICOS' y un campo de texto que contiene: 'Desequilibrio en el eje EN COMPRESOR'.
- ACCIONES:** Una sección con un sub-título 'ACCIONES:' y un campo de texto vacío.
- Botón Modificar reglas:** Un botón rectangular situado en la parte inferior de la ventana.

Figura 88 : Ventana de configuración de la base de conocimientos.

La ventana consta de tres partes: una lista desplegable con las **reglas** de la base de conocimiento, los **atributos de la regla** y la **definición** de la misma. Seleccionando una regla de la lista, se muestran todos sus atributos y su definición en la ventana. Los atributos de las reglas son:

- **Identificador** de la regla, que puede sustituir al nombre de la regla.
- **Confianza:** Es un valor entre -1 y 1 que indica la fiabilidad de la misma. Este valor se tendrá en cuenta en la inferencia, a la hora de calcular la certeza de las conclusiones. La confianza de la regla es modificable en la casilla '**Confianza**'.

- **Área de conocimiento:** Las reglas se agrupan por áreas de conocimiento. En este atributo se indica el área a la que pertenece la regla.

Las reglas tienen el formato siguiente:

```

SI (antecedentes)
    variable 1 EN componente 1 ES estado1
    variable 2 EN componente 2 ES estado2
    ...
ENTONCES (consecuentes)
    variable 3 EN componente 3 ES estado 3
    ...
DIAGNÓSTICOS
    diagnóstico 1
    ...
ACCIONES
    acción 1
    ...
    
```

**Ilustración 4: Formato de las reglas .**

El enunciado de la regla, siguiendo el formato anterior, se muestra en la ventana de la Figura 88 en el recuadro denominado '**Definición**'.

La parte de la regla que se escribe después de la palabra SI se denomina **antecedentes** y en ella se escriben las condiciones que se tienen que cumplir para que la regla se active. Se dice que una regla está activada si se cumplen todos los antecedentes de la misma; es decir, la parte condicional de la regla es de tipo AND.

La parte que se escribe después de la palabra ENTONCES constituye los **consecuentes** que se activan si se cumplen los antecedentes. Los consecuentes son la parte de la regla que especifica las conclusiones de la misma, en caso de que se verifique la condición. Estos se caracterizan por tener una certeza asociada a los mismos, que indica lo fiables que son las conclusiones. La certeza es calculada por el motor de inferencia, teniendo en cuenta la confianza de la regla y la certeza de los hechos que hacen que la condición de la regla se cumpla.

La parte que hay después de la palabra DIAGNÓSTICOS son los consecuentes de tipo diagnóstico, que se activan si se cumplen los antecedentes: son los mensajes que salen por la ventana de diagnósticos, cuando la regla se activa, e intentan explicar la causa de que se haya producido una anomalía.

Por último se encuentran **las acciones** que se aconsejan tomar si se activa la regla. Estas acciones intentarán aconsejar al operador, que las llevaría a cabo y paliaría así las anomalías, para llevar al sistema a una zona de comportamiento normal.

Se puede modificar las reglas y añadir otras nuevas, pulsando el botón '**Modificar reglas**'. A través de este botón, la ventana de la Figura 88 se expande, quedando con un aspecto como el de la Figura 89. Como consecuencia de esta expansión aparecen nuevos botones y un recuadro con pestaña que se explicará después. Pulsando el botón '**Terminar modificaciones**', la ventana se comprime y vuelve a su estado anterior. Usando el botón '**Eliminar regla**' se puede dar de baja la regla seleccionada. *Para poder eliminar una regla es necesario que no tenga ni antecedentes, ni consecuentes, ni diagnósticos, ni acciones.*

Figura 89: Ventana de configuración de la base de conocimientos expandida.

Al añadir una regla, hay que **elegir el área de conocimiento** en el que se quiere introducir. Las áreas de conocimiento se introducen eligiendo la pestaña '**Áreas de conocimiento**' de la ventana de la Figura 90. Basta con escribir el nombre y una descripción del área.

Figura 90 : Pestaña para seleccionar áreas de conocimiento.

Una vez que existen áreas de conocimiento, se pueden añadir reglas a través de la pestaña '**Reglas**' de la ventana de la Figura 91. Es en esta ventana donde se escribe el **nombre de la regla** y su **identificador**, sin olvidar la **confianza** que el experto tiene en la regla. Esta confianza es un valor entre -1 y 1, donde -1 indica que su grado de confianza en la regla es nulo y un 1 indica plena confianza en la misma. Para finalizar, se pulsa el botón '**Añadir a la base de conocimiento**', añadiéndose a la lista de reglas de la base de conocimiento de la ventana de la Figura 88.

**Figura 91 : Ventana de adición de reglas.**

Una vez que una regla está dada de alta en la base de conocimientos se pueden añadir antecedentes, consecuentes, diagnósticos y acciones.

Para **añadir un antecedente** a una regla, primero hay que seleccionar la regla a la que se quiere añadir y posteriormente se selecciona la pestaña '**Antecedentes**' de la ventana de la Figura 89. En esta ventana se guía al usuario en la introducción de los antecedentes, de tal manera que no pueda equivocarse. Para ello, existe un conjunto de listas desplegables no editables que se manejan de la siguiente manera:

1. Se selecciona la variable de la señal que va a ser parte del antecedente en la lista desplegable de variables, quedando prefijados en la lista desplegable de componentes aquellos para los que existen señales que, conteniéndolos, contengan también a la variable.
2. Se selecciona un componente de la lista desplegable de componentes. Una vez hecho esto, aparecen en la lista desplegable de estados los estados asociados a la señal que se ha elegido.
3. Se selecciona el estado asociado a la señal si el antecedente tiene estado. En caso contrario, no se elige estado alguno.
4. Se indica la confianza que tiene el experto en el antecedente, como parte de la regla que es, para poder ser tenido en cuenta en la inferencia.
5. Por último, se pulsa el botón '**Añadir antecedente a la regla**', donde se indicará si no se ha añadido con éxito y se actualizará la lista de antecedentes de la definición de la regla de la ventana Figura 88.

Para **añadir un consecuente** a una regla, se usa la ventana de la Figura 92. Esta ventana se maneja de igual manera que la ventana de los antecedentes, con la salvedad de que, en ella, las listas desplegables de variables y componentes son editables y, por tanto, se puede elegir entre las opciones ofrecidas o introducir alguna nueva.

Figura 92 : Ventana de adición de componentes.

Para **añadir un diagnóstico** se usa la ventana de la Figura 93. En esta ventana se puede seleccionar un diagnostico que ya exista o bien introducir uno nuevo, gracias a la lista desplegable editable '**Diagnóstico**'. Si se quiere asociar el diagnóstico a un componente, se puede elegir el mismo de la lista desplegable de **componentes** dados de alta en la base de hechos. Por último, se pulsa el botón '**Añadir el diagnóstico a la regla**' para que se incluya el diagnóstico en la regla y se actualice la lista de diagnósticos de la definición de la regla de la ventana de la Figura 88.

Figura 93 : Ventana de adición de diagnósticos.

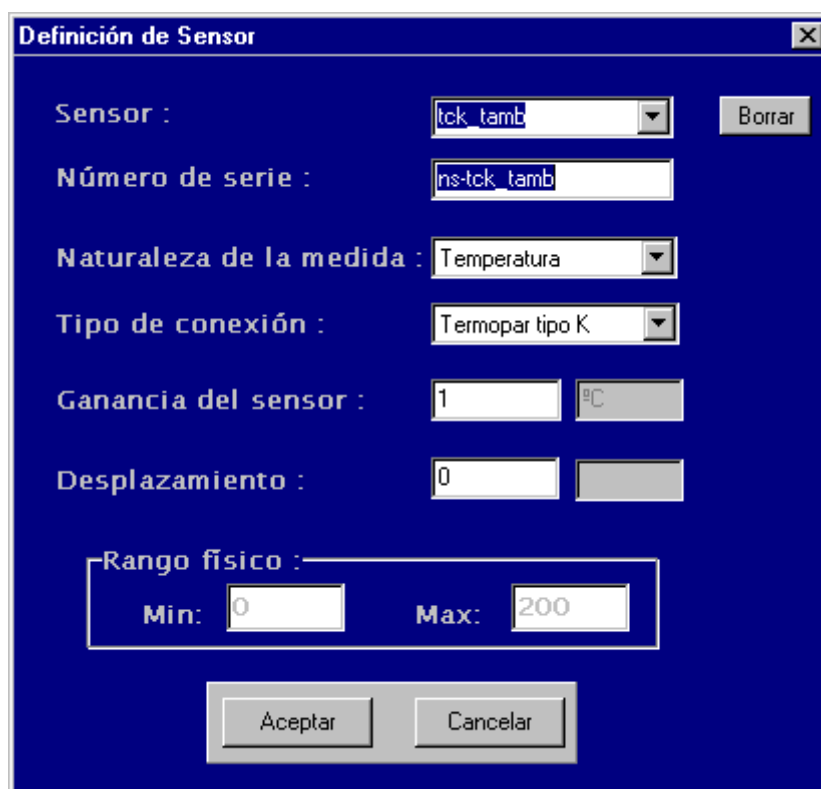
Por último, para **añadir una acción** a la regla basta con rellenar la casilla de la ventana de la Figura 94 para tal efecto. Pulsando el botón '**Añadir acción a la regla**' se actualiza la ventana de la Figura 88.

Figura 94 : Ventana de adición de acciones.

### 6.2.3 Definición de sensores.

A través de esta opción se pueden gestionar los sensores ya incorporados al sistema y dar de alta aquellos otros nuevos que se desea tener disponibles para su utilización en la definición de protocolos de adquisición, mediante el menú de configuración anteriormente comentado, de definición de protocolos. La ventana de definición de

sensores se reproduce en la Figura 95; si lo que se desea es **introducir un nuevo sensor** en la base de datos, lo primero que deberá hacer el usuario es seleccionar un nombre para el sensor a añadir, mediante la lista desplegable (y editable) '**Sensor**', que aparece en la parte superior de la ventana. A continuación, deberá seleccionar la '**Naturaleza de la medida**' que se corresponde con el nuevo sensor, lo que hará que se rellenen automáticamente, con valores por defecto, el resto de campos de la ventana: '**Número de serie**', '**Tipo de conexión**', '**Ganancia del sensor**', '**Desplazamiento**' y '**Rango físico**'. Si alguno de ellos no se correspondiera exactamente con los parámetros del sensor a introducir, siempre pueden ser modificados.



Definición de Sensor

Sensor : tck\_tamb [Borrar]

Número de serie : ns-tck\_tamb

Naturaleza de la medida : Temperatura

Tipo de conexión : Termopar tipo K

Ganancia del sensor : 1 °C

Desplazamiento : 0

Rango físico :  
Min: 0 Max: 200

[Aceptar] [Cancelar]

Figura 95 : Ventana para la definición de sensores.

Si lo que se desea es dar de baja unos de los sensores incluidos en la base de datos, bastará con seleccionarlo en la lista '**Sensor**' y pulsar el botón '**Borrar**', que pedirá una confirmación antes de realizar la operación.