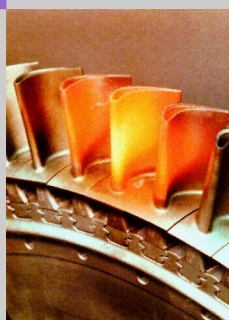
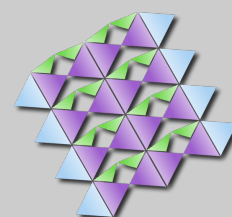


Sistema de monitorización en continuo  
para mantenimiento predictivo

# vibra



Tutorial 1:  
Análisis  
espectral



**Sinais**  
Ingeniería de mantenimiento

# Índice de contenido

---

## Introducción

Análisis espectral	página	5
Máquina de ejemplo	página	6
¿Cual es el nivel de vibración adecuado?	página	6

## Análisis espectral en Vibra

Creación de un archivo de configuración	página	7
Nodo de captura virtual	página	11
Servidor Vibra	página	12
Monitor Vibra	página	14

# Introducción

---

*En las señales de vibración en el dominio del tiempo, que son las señales capturadas directamente de la máquina, se encuentra plasmada toda la información acerca del comportamiento de cada componente de la máquina. Sin embargo, existe un problema a la hora de realizar un diagnóstico: estas señales están cargadas de mucha información en forma muy compleja, por lo cual resulta prácticamente imposible distinguir a simple vista sus comportamientos característicos.*

*Existen otras formas para realizar un estudio de vibraciones, entre las cuales se encuentra analizar las señales en el dominio de la frecuencia. Para ello se emplea la gráfica de amplitud frente a frecuencia que es conocida con el nombre de espectro. Esta es la mejor herramienta que se tiene actualmente para el análisis de maquinaria.*

## Análisis espectral

Cuando se mide la vibración de una máquina, se genera una información muy valiosa que es necesario analizar. El éxito de dicho análisis depende de la correcta interpretación que se le de a los espectros capturados con respecto a las condiciones de operación en que se encuentra la máquina. Los pasos típicos en el análisis de vibración son:

- **Identificación de los picos de vibración en el espectro:** lo primero es identificar el pico de primer orden (1x), correspondiente a la velocidad de rotación del eje. En máquinas con múltiples ejes, cada eje tendrá su frecuencia de rotación característica 1x. En muchas ocasiones, los picos 1x del eje van acompañados de una serie de armónicos o múltiplos enteros de 1x. Existen armónicos de especial interés, por ejemplo, si se trata de una bomba de seis álabes, normalmente, habrá un pico fuerte espectral en 6x.
- **Diagnóstico de la máquina:** determinación de la gravedad de los problemas de la máquina basándose en las amplitudes y la relación entre los picos de vibración.
- **Recomendaciones** apropiadas para las reparaciones, basadas en la gravedad de los problemas de máquinas.

### Máquina de ejemplo

Consideremos a modo de ejemplo el sistema de la Figura 1. A partir de los datos de la misma podemos calcular las principales frecuencias interés:

$$Frec. \text{ de motor} = 1.800 \text{ rpm} = 30 \text{ Hz}$$

$$Frec. \text{ de bomba} = \frac{100 \text{ dientes}}{300 \text{ dientes}} \cdot 1.800 \text{ rpm} = 600 \text{ rpm} = 10 \text{ Hz}$$

$$Frec. \text{ de engrane} = 100 \text{ dientes} \times 1.800 \text{ rpm} = 300 \text{ dientes} \times 600 \text{ rpm} = 1.800.000 \text{ rpm} = 3.000 \text{ Hz}$$

$$Frec. \text{ de paso de álabe} = 8 \text{ álabe} \times 600 \text{ rpm} = 4.800 \text{ rpm} = 80 \text{ Hz}$$

En esta máquina tenemos dos ejes (motor y bomba). En el caso del motor, el valor 1x es 30 Hz, además probablemente encontremos un pico de frecuencia en el espectro en el armónico 100x, que se corresponde con la frecuencia de engrane entre piñón y corona. Para la bomba, el valor 1x es 10 Hz, y su principal armónico de interés es 8x, que se corresponde con la frecuencia de paso de álabe. Obviamente, pueden aparecer otras frecuencias, como por ejemplo, bandas laterales en la frecuencia de engrane, frecuencias de rodamientos, y armónicos de las frecuencias calculadas.

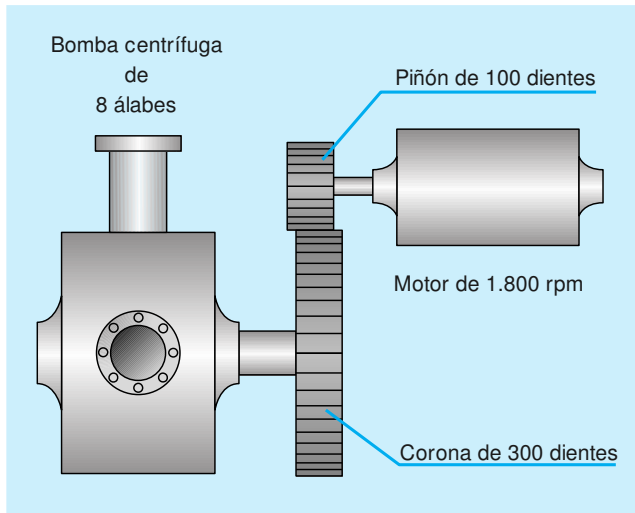


Figura 1: Ejemplo de sistema mecánico

### ¿Cual es el nivel de vibración adecuado?

En el espectro de vibración de la Figura 2 aparece representada la firma de vibración de nuestro sistema mecánico de ejemplo. Una vez que hemos identificado las frecuencias de interés, la siguiente cuestión es si el valor de su amplitud es aceptable o inaceptable. Un valor de vibración aceptable es aquel que no causa una reducción en la vida de la máquina ni causa daños en los equipos cercanos. Algunas máquinas están diseñadas para tolerar niveles de vibración extremadamente altos (por ejemplo, molinos) y otros equipos son muy sensibles incluso al más leve nivel de vibración (por ejemplo, sistemas ópticos). Existen cuatro formas de determinar cual es el nivel de vibración adecuado para una máquina dada:

- **Histórico de datos:** La mejor forma es mantener un registro de datos a lo largo del tiempo de los puntos críticos de la máquina. A partir de estos datos se establecerán criterios de referencia de los niveles aceptables.
- **Comparación entre máquinas iguales:** Si existen varias máquinas idénticas en la planta se puede utilizar un segundo método: si tres máquinas muestran un espectro similar y la cuarta máquina muestra niveles mucho más altos trabajando en las mismas condiciones, es fácil suponer qué máquina está teniendo problemas.
- **Consultar al fabricante:** Otro método es recopilar datos de vibración y enviarlos al fabricante para que los evalúe. Hay que tener en cuenta que la vibración varía en función de las condiciones de trabajo y del montaje de la máquina.
- **Utilizar estándares:** El cuarto método es elegir un estándar en base a la experiencia de otros y si es necesario adaptarlo en base a nuestra experiencia.

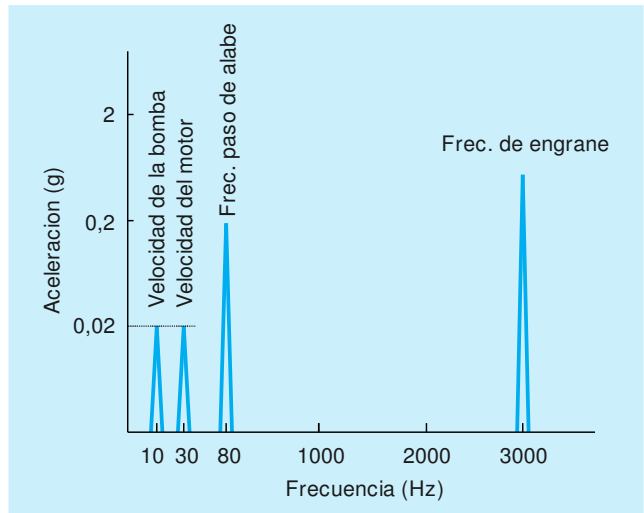


Figura 2: Espectro de vibración del sistema mecánico ejemplo

## Análisis espectral en Vibra

Antes de seguir adelante con este tutorial necesita tener instalada una versión, bien de evaluación o bien comercial, de Vibra. Si aún no tiene Vibra instalado, puede solicitar una versión de evaluación en nuestra web a través del enlace: <http://www.sinais.es/solicitudDemo.html>.

### Creación de un archivo de configuración

El sistema Vibra puede gestionar un número ilimitado de nodos o equipos de captura, cada uno de ellos con un determinado número de tarjetas y canales configurados, por ello es necesario crear un archivo de configuración donde se especifique la estructura de la instalación que se va a emplear.

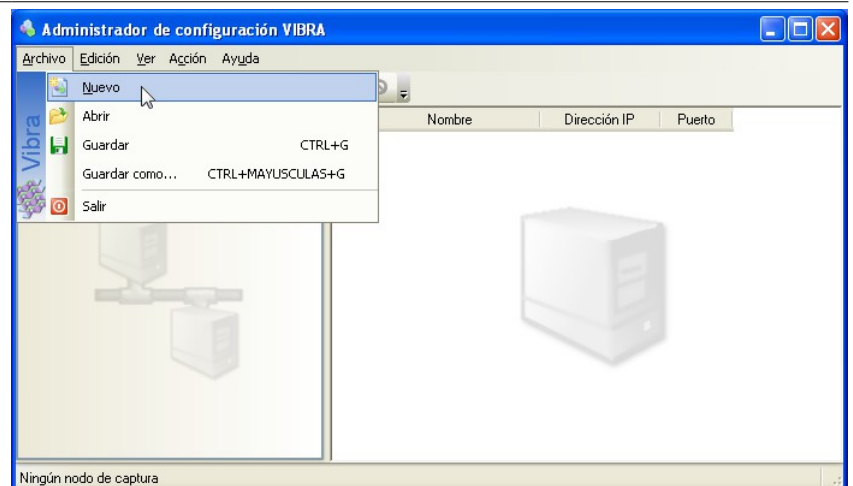
Para el caso particular de este tutorial, la configuración es muy sencilla ya que únicamente es necesario hacer uso de un nodo de captura virtual conteniendo una tarjeta virtual.

### Arranque de la aplicación

- Haga click en **Inicio** → **Todos los programas** → **Vibra** → **Administrador de configuración**.

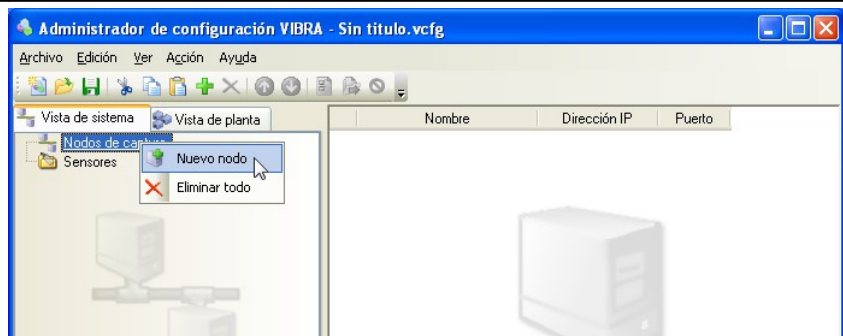


- En el menú **Archivo**, haga click en **Nuevo** para crear una nueva configuración vacía.

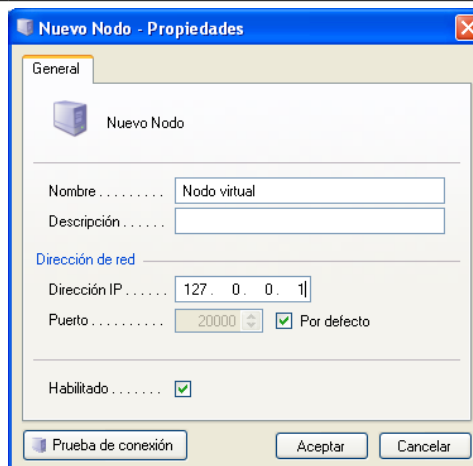


#### Definición de un nuevo nodo de captura

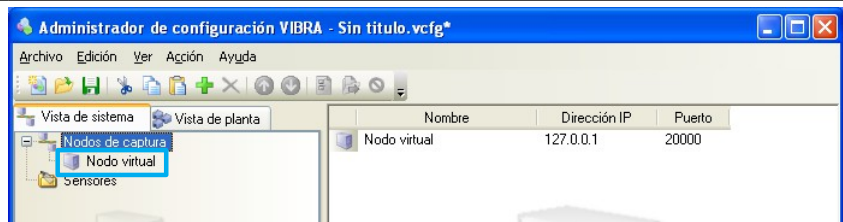
- Haga click con el botón derecho del ratón sobre el elemento **Nodos de captura** para desplegar el menú emergente.
- Haga click en **Nuevo nodo** para añadir un nuevo nodo de captura al sistema.



- En la ventana de propiedades del nodo de captura borre el **Nombre** por defecto e introduzca **Nodo virtual**.
- Como **Dirección IP** introduzca el valor **127.0.0.1**. Esta dirección se corresponde siempre con la dirección de la máquina local.
- Por último, haga click en **Aceptar**.

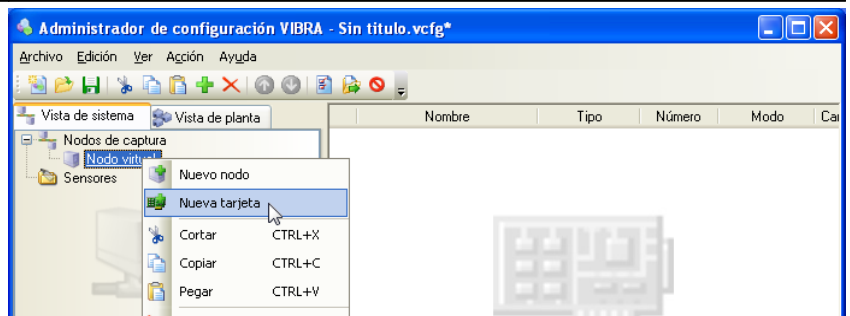


- Verifique que el nuevo nodo aparece en la lista de nodos de captura de la configuración.



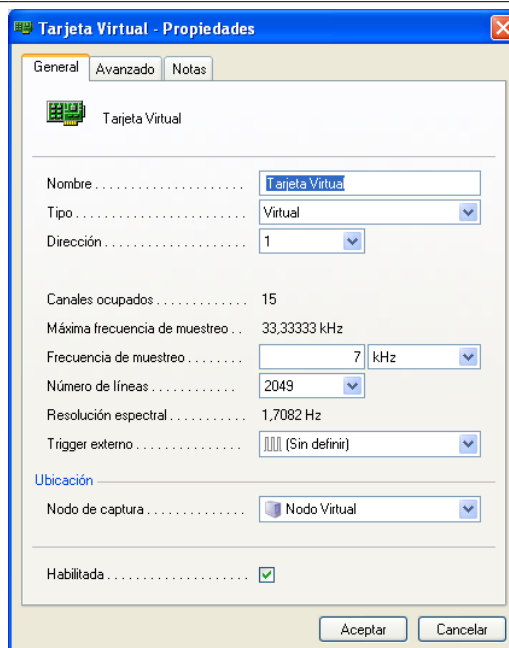
## Definición de una nueva tarjeta

- Haga click con el botón derecho del ratón sobre el elemento **Nodo virtual** para desplegar el menú emergente.
- Haga click en **Nueva tarjeta**.



A continuación se configuran los parámetros de funcionamiento de la tarjeta de generación de señales virtuales.

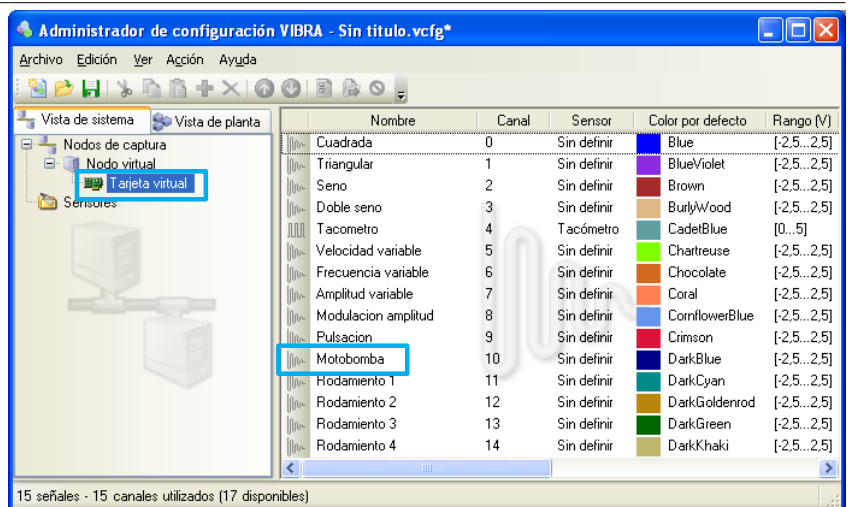
- En la ventana de propiedades borre el **Nombre** por defecto e introduzca **Tarjeta virtual**.
- En el combo **Tipo**, seleccione **Virtual**.
- En el combo **Dirección**, establezca valor **1**.
- En el campo **Frecuencia de muestreo**, introduzca **7 kHz**.
- En el combo **Número de líneas**, seleccione **2049**.
- Haga click en **Aceptar**.



En la vista de sistema puede ver la nueva tarjeta virtual colgando del nodo virtual. Para ver las señales virtuales que contiene la tarjeta:

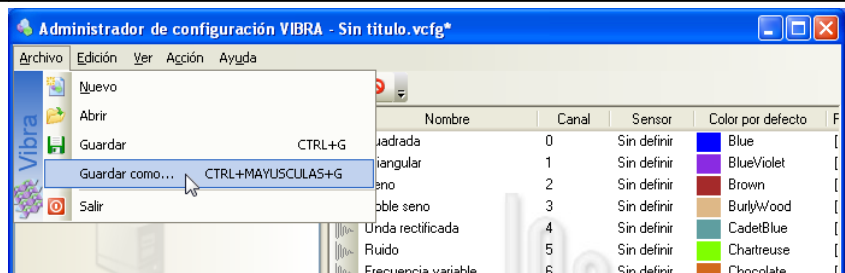
- En la **Vista de sistema**, haga click sobre la **Tarjeta virtual**.

Como puede comprobar a través del interface de la aplicación, las tarjetas virtuales disponen de 15 señales virtuales. En este tutorial se hará uso de la señal **Motobomba** la cual simula la vibración generada por nuestra máquina de ejemplo.

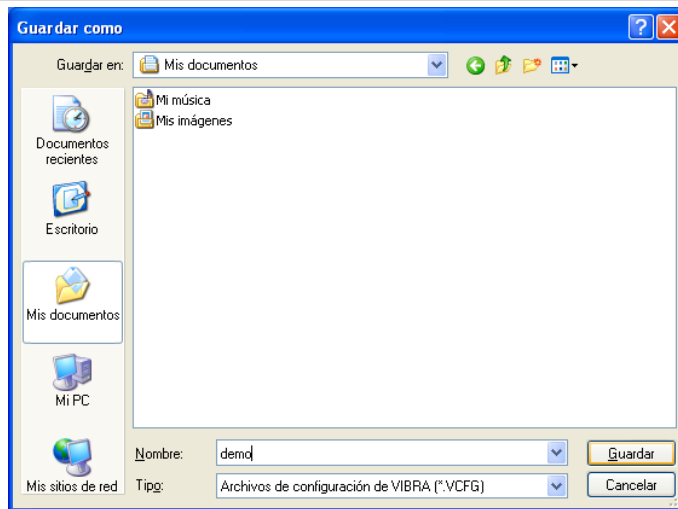


### Guardar el archivo de configuración

- En el menú **Archivo**, haga click en **Guardar como**.

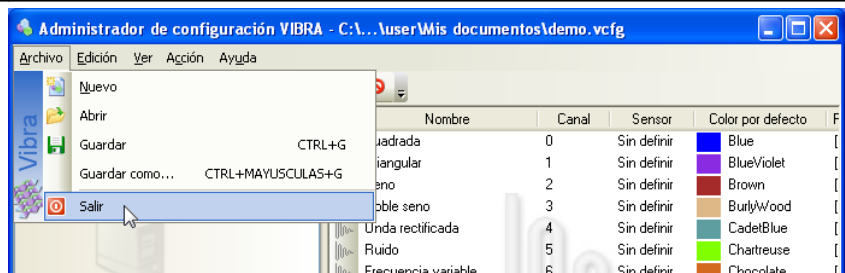


- En el combo **Guardar en** seleccione la carpeta **Mis documentos**.
- En el combo **Nombre** introduzca **demo**.
- Haga click en **Guardar**.



### Cierre de la aplicación

- En el menú **Archivo** haga click en **Salir**.

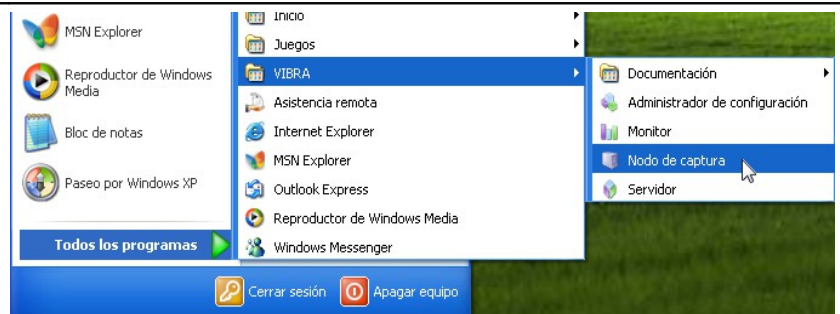


## Nodo de captura virtual

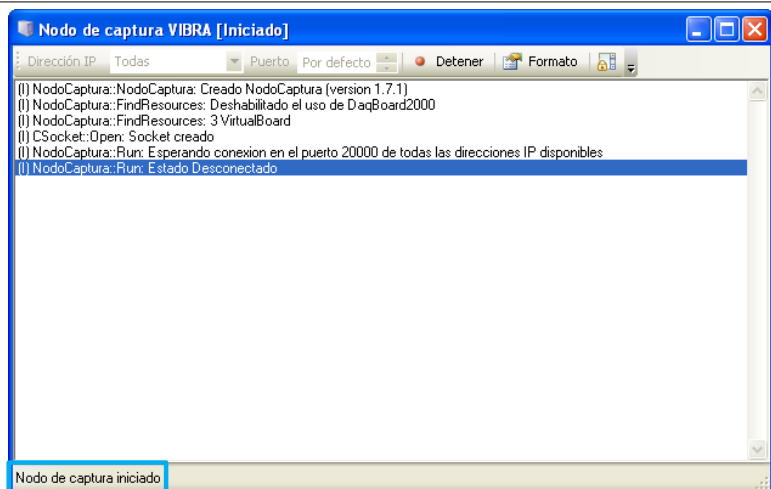
Los nodos o equipos de captura Vibra son PCs industriales que incorporan la electrónica necesaria para la captura de señales de vibración en plantas industriales. Un nodo de captura virtual se comporta de forma análoga a un nodo de captura real proporcionando un conjunto de señales virtuales generadas por software dado que es una aplicación exclusivamente orientada a tareas de demostración o formación.

## Arranque de la aplicación

- Haga click en **Inicio** → **Todos los programas** → **Vibra** → **Nodo de captura**.



- Verifique en la **barra de estado** que el nodo de captura se encuentra **iniciado**.



## Icono en la bandeja del sistema

Minimizando esta aplicación desaparecerá de la barra de tareas y podrá acceder a ella haciendo doble click sobre su **icono en la bandeja del sistema**.



- Minimice la aplicación ya que no será necesario interactuar más con ella a lo largo del tutorial.

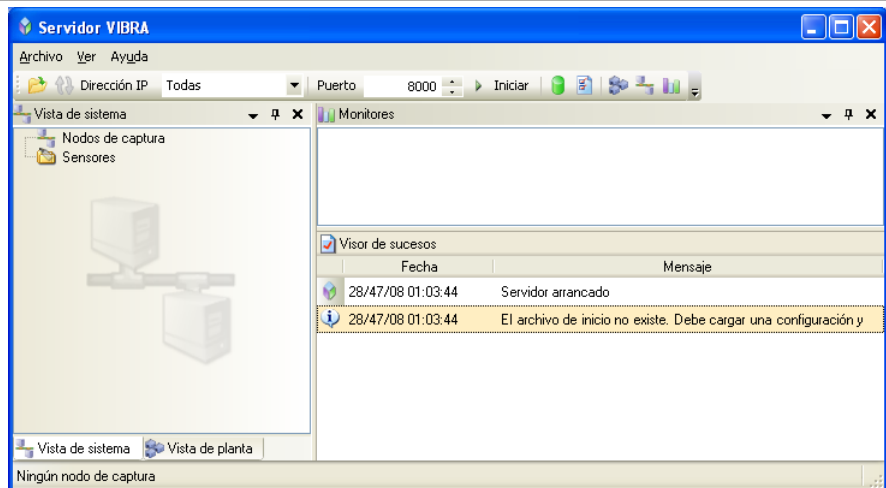
### Servidor Vibra

#### Arranque de la aplicación

- Haga click en **Inicio** → **Todos los programas** → **Vibra** → **Servidor**.

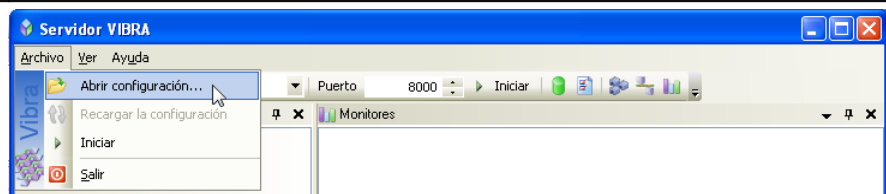


Una vez arrancada podrá acceder a su interface de usuario.



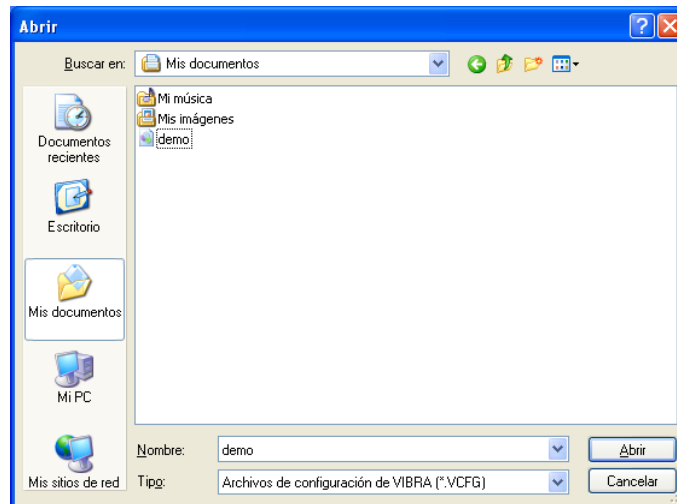
#### Carga del archivo de configuración

- En el menú **Archivo**, Haga click en **Abrir configuración**.

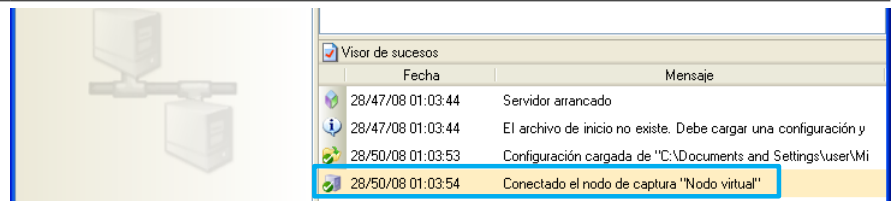


En el dialogo Abrir,

- En el combo **Buscar en** seleccione la carpeta **Mis documentos**.
- Seleccione el archivo **demo.vcfg**.
- Haga click en **Abrir**.

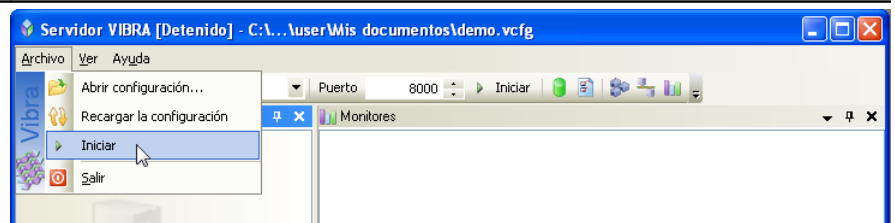


- Verifique en el **Visor de sucesos** que el **Servidor** ha establecido la conexión con el **Nodo de captura virtual**.

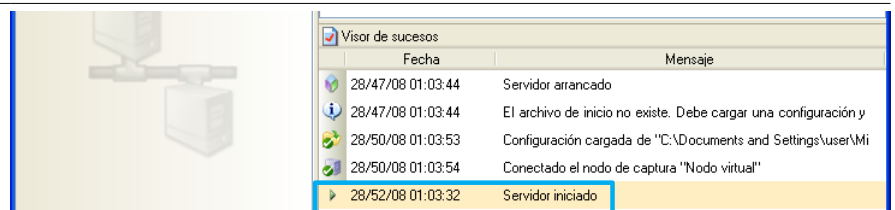


## Inicio del servidor

- En el menú **Archivo**, haga click en **Iniciar** para que el Servidor acepte conexiones de Monitores Vibra.



- Verifique en el **Visor de sucesos** que el Servidor se ha **iniciado**.



## Icono en la bandeja del sistema

Minimizando esta aplicación desaparecerá de la barra de tareas y podrá acceder a ella haciendo doble click sobre su **icono en la bandeja del sistema**.

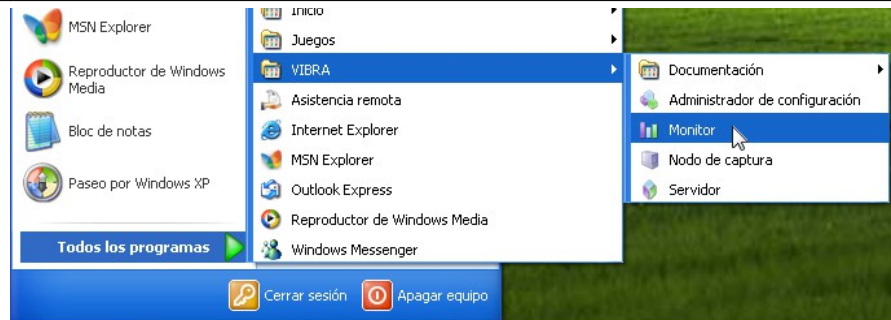


- Minimice la aplicación ya que no será necesario interactuar más con ella a lo largo del tutorial.

### Monitor Vibra

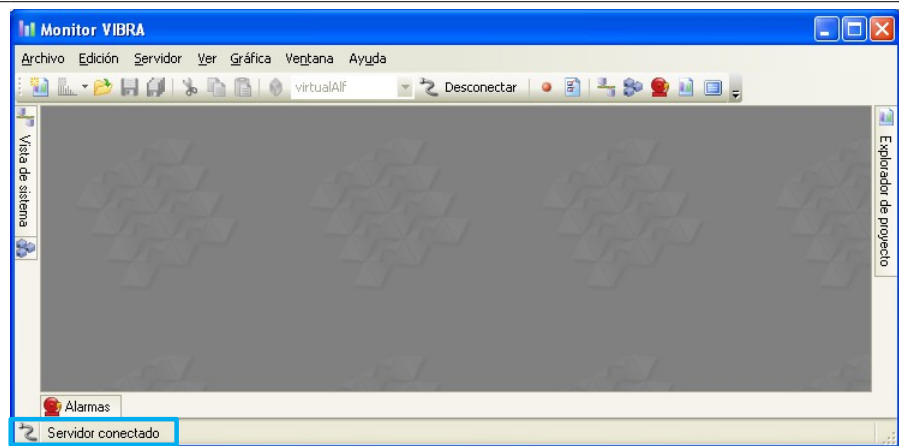
#### Arranque de la aplicación

- Haga click en **Inicio** → **Todos los programas** → **Vibra** → **Monitor**.



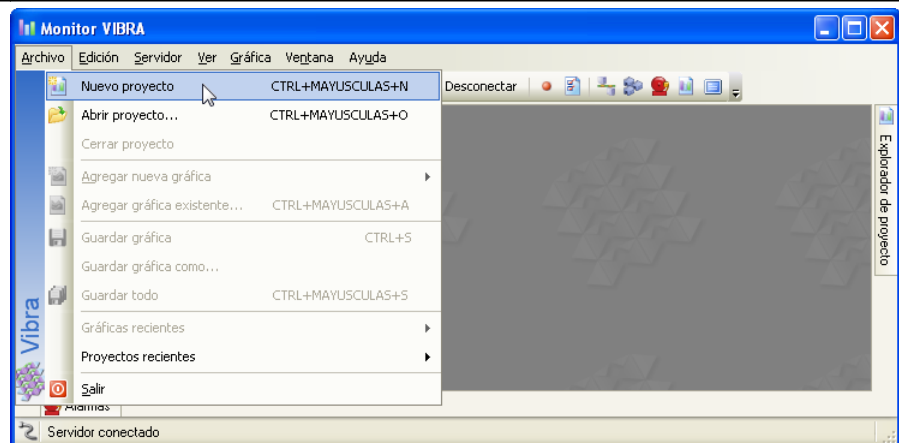
Una vez arrancada la aplicación, esta intenta conectarse automáticamente al servidor Vibra.

- Verifique en la **barra de estado** que el **servidor** se encuentra **conectado**.

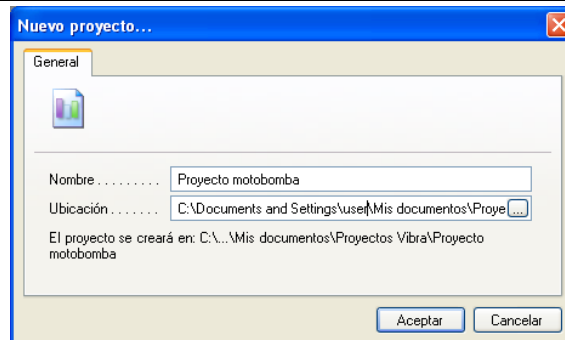


#### Creación de un proyecto vacío

- En el menú **Archivo**, haga click en **Nuevo proyecto**.

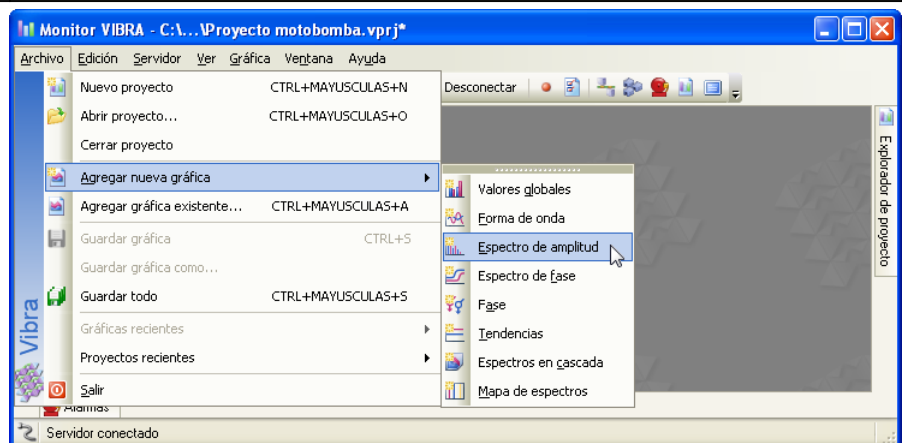


- En el campo **Nombre**, introduzca **Proyecto motobomba**.
- Haga click en **Aceptar**.

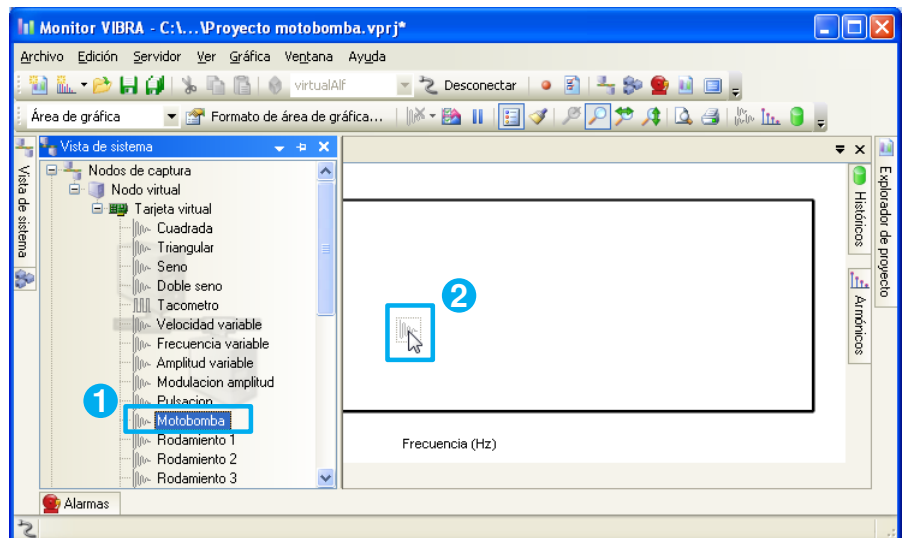


## Análisis espectral

- En el menú **Archivo**, submenú **Agregar nueva gráfica**, haga click en **Espectro de amplitud**.

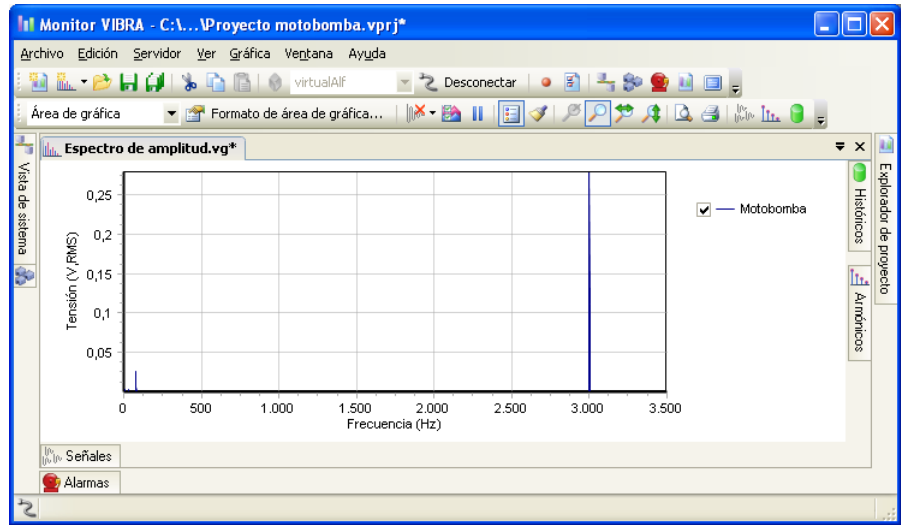


- En el borde izquierdo de la aplicación, ponga el ratón sobre el botón **Vista de sistema** para desplegar el panel.
- Haga doble click sobre el nodo de captura **Nodo virtual** para mostrar sus tarjetas.
- Haga doble click sobre la tarjeta **Tarjeta virtual** para mostrar sus señales.
- Arrastre y deje caer la señal **Motobomba (1)** sobre la gráfica **Espectro de amplitud (2)**.



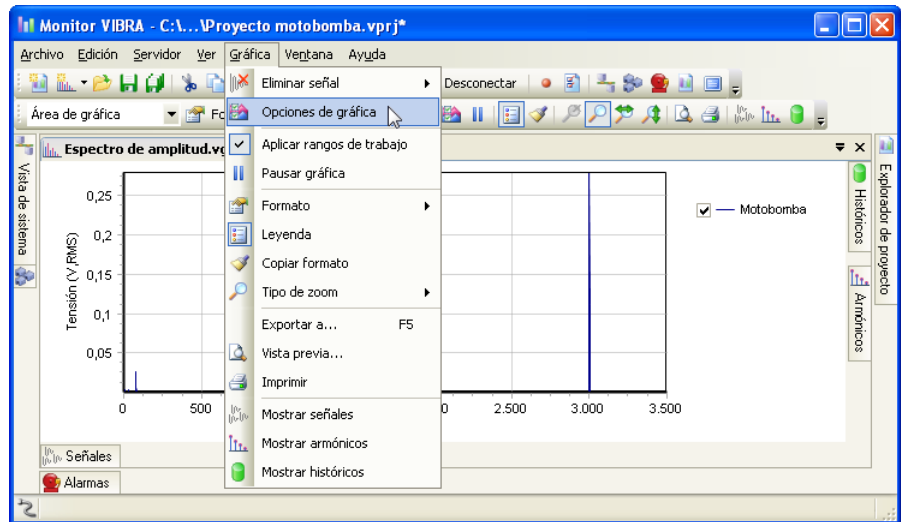
En la gráfica se puede ver el espectro de la señal **Motobomba**. Esta señal simula la vibración generada por nuestra máquina de ejemplo de la Figura 1. Este espectro de vibración es similar al representado en la Figura 2 pero con escalas lineales, lo cual dificulta la detección de los armónicos de baja frecuencia a simple vista.

El armónico correspondiente a la **frecuencia de engrane** se puede ver con claridad a una frecuencia de **3000 Hz**.



A continuación, modificaremos la escala de la gráfica para ver con claridad las componentes de baja frecuencia.

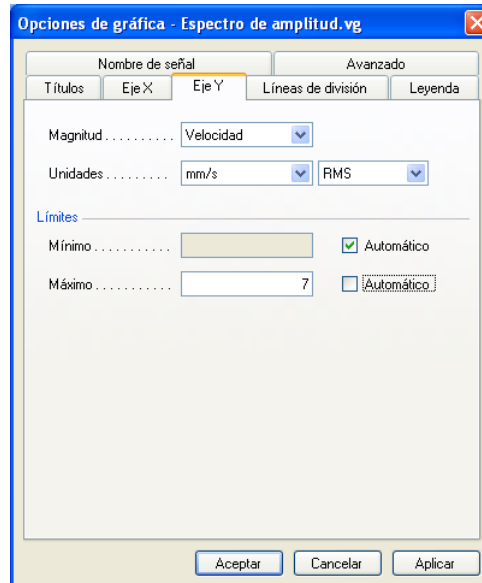
- En el menú **Gráfica**, haga click en **Opciones de gráfica**.



- Haga click sobre la solapa **Eje X**.
- En la sección **Límites**, haga click sobre el check **Automático** asociado al límite **Máximo**.
- Introduzca en el campo **Máximo** el valor **500**.

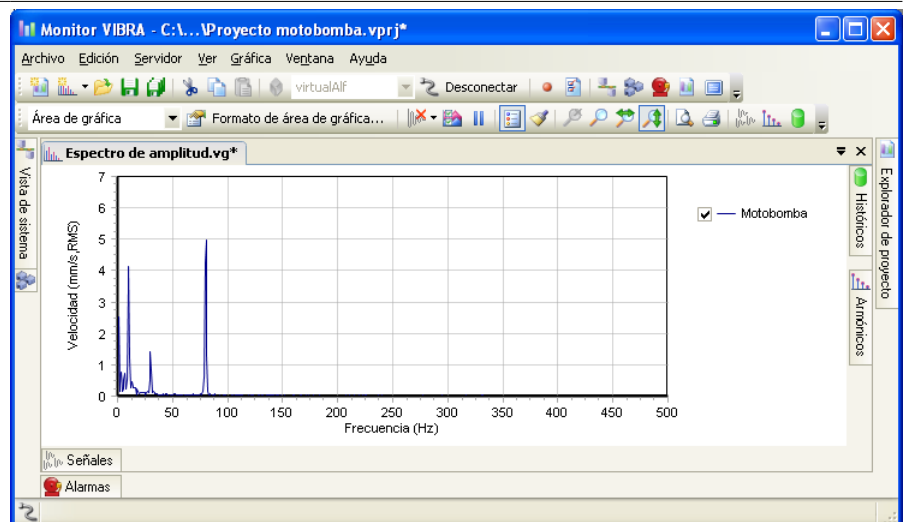
Nombre de señal		Avanzado		
Títulos	Eje X	Eje Y	Líneas de división	Leyenda
	Magnitud .....	Frecuencia		
	Unidades .....	Hz		
<b>Límites</b>				
	Mínimo .....		<input checked="" type="checkbox"/>	Automático
	Máximo .....	500	<input type="checkbox"/>	Automático

- Haga click sobre la solapa **Eje Y**.
- Dado que vamos a estudiar bajas frecuencias, establezca como **Magnitud Velocidad**.
- En la sección **Límites**, haga click sobre el check **Automático** asociado al límite **Máximo**.
- Introduzca en el campo **Máximo** el valor **7**.
- Haga click en **Aceptar**.

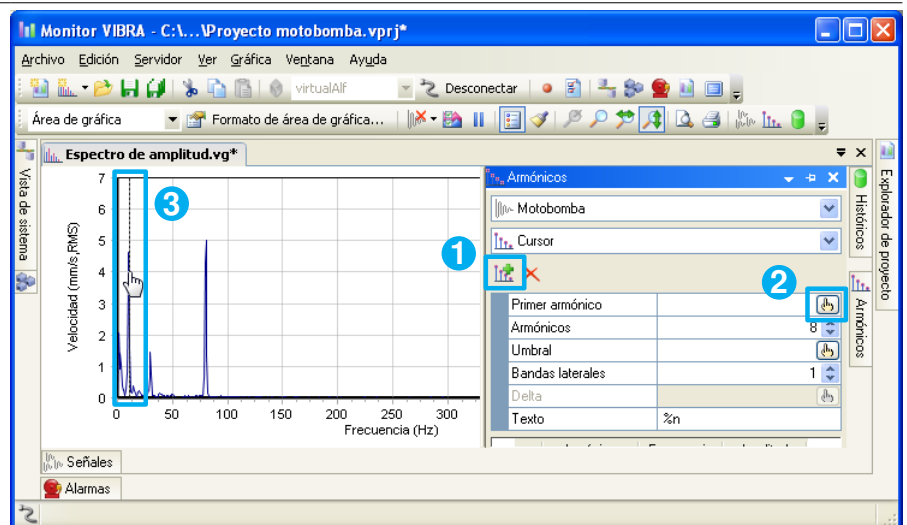


Ahora ya es posible identificar en el espectro las frecuencias características correspondientes a la velocidad de la bomba, la velocidad del motor y la frecuencia de paso de aleteo en 10, 30 y 80 Hz respectivamente.

Ahora estudiaremos las frecuencias de estos picos mediante las herramientas de análisis de armónicos.

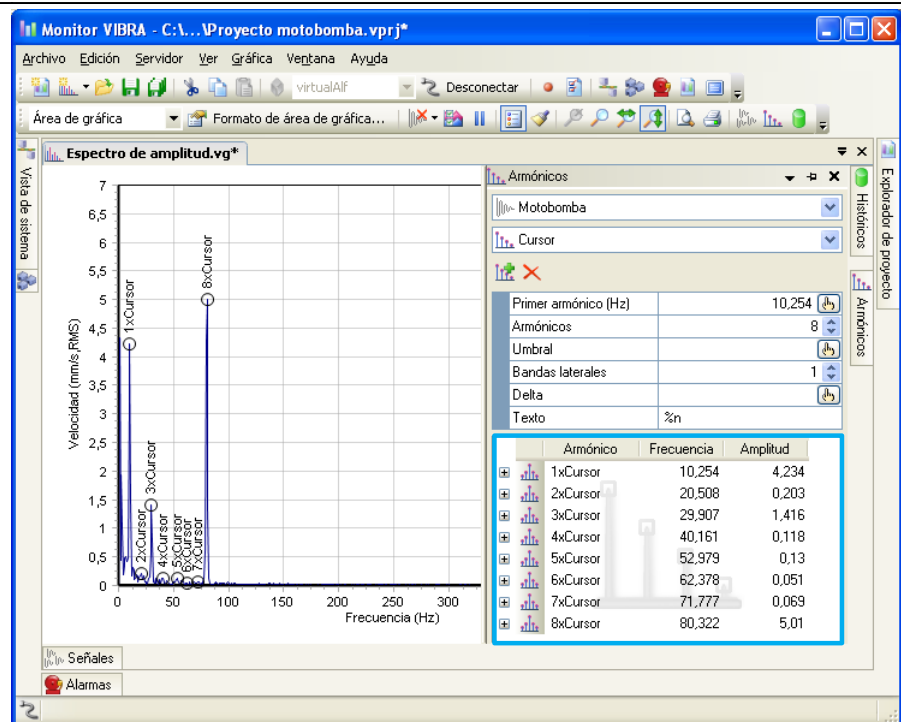


- En el borde derecho de la gráfica **Espectro de amplitud**, coloque el ratón sobre la solapa **Armónicos** para desplegar el panel.
- Haga click sobre el botón **Añadir (1)**.
- Introduzca en el campo **Armónicos** el valor **8**.
- En el campo **Primer armónico**, haga click sobre el botón con el símbolo **de una mano (2)**.
- Desplace el ratón sobre la gráfica y haga click sobre el **pico de 10 Hz (3)**.



Ahora puede ver marcadas en la gráfica la frecuencia fundamental y sus 8 primeros armónicos.

En la parte inferior del panel **Armónicos** encontrará una tabla con las frecuencias y las amplitudes de todos los picos marcados.



Con esto finaliza este primer tutorial con el que se ha pretendido presentar los componentes de Vibra e ilustrar el esquema de funcionamiento más básico del sistema, utilizando para ello únicamente la gráfica de espectro. A partir de este punto y una vez identificadas las frecuencias de interés de la máquina o el conjunto de máquinas, el usuario debe establecer los límites de aceptabilidad para cada una de ellas, siguiendo las técnicas descritas anteriormente en el punto "¿Cual es el nivel de vibración adecuado?". Para poder evaluar la tendencia de la vibración, Vibra permite el registro automático de datos de los puntos críticos de la máquina. Una vez evaluada la tendencia de cada uno de ellos, se podrá automatizar el proceso de detección de fallos en las máquinas mediante la configuración de límites de alarma.

Para cualquier cuestión relativa a este documento, por favor, no dude en ponerse en contacto con nosotros a través de la dirección de correo [sinai@sinai.es](mailto:sinai@sinai.es).

**Sinai Ingeniería, S.L.**

Plaza de España 8, Entresuelo A  
36600 Vilagarcía de Arousa  
Pontevedra (Spain)

<http://www.sinai.es>

