

SISTEMA PARA EL ANÁLISIS Y REALIZACIÓN DE EXPERIMENTOS MECÁNICOS.

Abel Alba Alfonso, Ing. Telecomunicaciones,
Maidy Plana Roque, Lic. Matemáticas,
Glicerio Grenot Isac, Lic. Matemáticas,
IPIN, Cuba

RESUMEN:

En el trabajo se presenta un software diseñado para la adquisición y el análisis de los datos, obtenidos en experimentos mecánicos realizados por nuestro centro sobre la base de las normas MIL STD 810C. Durante la preparación para dichos experimentos se comprobó la imposibilidad de realizarlos sólo con los medios a nuestro alcance; por lo que fue necesario realizar el presente desarrollo para cumplimentar la obtención y el análisis de los datos obtenidos.

El software, junto con una tarjeta PCLab 818H y los correspondientes sensores, es capaz de realizar la adquisición de los datos de vibraciones e impacto, así como permitir el procesamiento de los datos de vibraciones para su análisis simultáneo en la frecuencia y en el tiempo de forma satisfactoria. Además debido a su versatilidad puede ser utilizado en otras mediciones y experimentos.

INTRODUCCIÓN.

Una parte importante de los sistemas destinados a operar en condiciones ambientales extremas lo constituye la resistencia de los mismos a las afectaciones mecánicas, particularmente lo referente a las vibraciones y los impactos. Cada uno de estos desarrollos es necesario comprobarlos en las condiciones en las cuales serán operados.

La realización de este tipo de pruebas involucra una gran cantidad de recursos materiales y humanos, sin contar además que al cambiar el portador (por ejemplo de terrestre a naval) varían todos los parámetros. Para suplir esta dificultad y contar con métodos estándares de comprobación surgieron las normas MIL STD 810. La esencia de las mismas plantea que si un sistema resiste lo planteado en la norma, no tendrá dificultades al ser colocado en el tipo de portador indicado en la especificación.

En nuestro centro se desarrollan sistemas que sufrirán durante su explotación afectaciones mecánicas y por ello se necesita la utilización de estas normas. Este trabajo se realizó por la carencia de una herramienta (el software Vibrosoft con que se contaba no brindaba todas las posibilidades deseadas) que permitiera el análisis y la adquisición de los datos resultantes de experimentos realizados según los criterios de las normas MIL STD 810C. Otro elemento que motivó la realización de este desarrollo fue la necesidad de caracterizar las propias instalaciones durante eventos críticos de las mismas.

Se obtuvo un software que trabajando acoplado a la tarjeta PCL-818H puede adquirir varios millones de datos ininterrumpidamente a una frecuencia de hasta 60khz, además es capaz de realizar el procesamiento tridimensional (frecuencia, aceleración y tiempo) de los mismos y mostrar esta información de forma gráfica posibilitando así el análisis de los experimentos.

DESARROLLO.

Vibraciones

En las normas MIL STD 810C aparecen varias curvas de sobrecarga a la que se debe someter un sistema. Estas curvas están en función del portador del sistema, por ejemplo en la figura 1 se muestra la curva a seguir para comprobar la resistencia de un equipamiento en un vehículo terrestre con remolque:

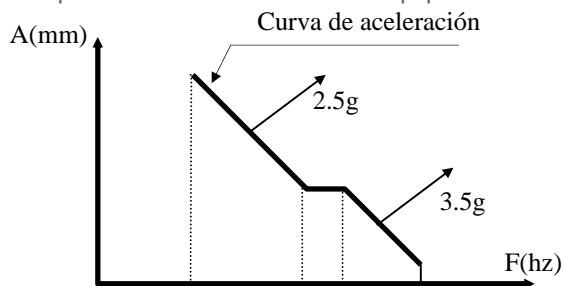


Figura 1. Curva de amplitud contra frecuencia para vehículos con remolques.

La manera de efectuar la prueba es realizando un barrido de frecuencia ascendente y descendente durante un tiempo determinado (30 minutos por cada 1000 millas de recorrido a bordo del vehículo), variando los valores de amplitud de las oscilaciones con el objetivo de mantener las aceleraciones en los valores deseados.

Es decir que para efectuar el análisis de lo ocurrido durante una prueba es necesario simultáneamente conocer los valores de aceleración y frecuencia en función del tiempo, de esta forma se puede conocer cual fue el comportamiento de todo el equipamiento durante el proceso y establecer que rango de frecuencias fue el que más

lo afectó, en que momento se produjeron las afectaciones, etc.

Es conocido que para determinar los componentes espectrales de una señal se utiliza la transformada de Fourier [6], no obstante este tipo de estudio tiene la dificultad de que no es posible apreciar el comportamiento de la señal en el tiempo. En nuestro caso no sólo es importante conocer si existen o no determinados componentes sino también en que instante aparecen y cuanto tiempo se mantienen. Es por esto que era imprescindible realizar un análisis tridimensional para poder apreciar la variación del espectro de la señal en el tiempo.

Debido a la duración de las pruebas y a sus particularidades, el volumen de datos a manejar es muy elevado, del orden de los millones, lo cual excluye el análisis manual de los mismos. Los softwares que están a nuestro alcance presentan asimismo diferentes limitaciones:

- **Vibrasoft** → A pesar de ser un software diseñado para la adquisición y el análisis de señales afines a las nuestras, solo muestra los valores de aceleración y frecuencia en cada una de las ventanas de muestreo (análisis en dos dimensiones). No obstante este software es factible utilizarlo en la captación de los datos de los experimentos, puesto que para la adquisición cumple con las exigencias de muestreo.
- **Excel** → Utilizando esta hoja de cálculo se pudiera implementar el estudio tridimensional que se está buscando, pero debido al volumen de los datos se presentan las siguientes dificultades: la conversión de los datos adquiridos es engorrosa, requiere mucho tiempo de preparación y procesamiento de los mismos y ocupa muchos recursos de máquina (se trata de procesar ficheros de más de 100 megabytes), lo cual hace esta opción como no factible.
- **Matlab** → Este software cuenta con potentes herramientas de análisis sin embargo: la conversión de los datos es muy engorrosa debido al formato de los datos que manipula este sistema, presenta el mismo problema que la opción anterior en lo referente a los recursos de máquina y como no crea un ejecutable (por lo menos la versión existente en el centro) es necesario tener instalado el Matlab (el cual no es un software de uso común) en la computadora donde se realice el análisis.

Después de analizados todos estos elementos se tomó la determinación de realizar un software que permitiera procesar los datos con nuestras exigencias. Teniendo en cuenta las particularidades de las pruebas a realizar nos encontramos que:

- *como la excitación que va a recibir el equipamiento durante este experimento es un tono puro (prácticamente), se puede representar la excitación en un instante determinado como si estuviera compuesta sólo por la frecuencia dominante, es por esto que se puede caracterizar cada ventana de Fourier obteniendo solamente ese componente espectral.*

Por tanto representando los valores de las frecuencias dominantes y conociendo la duración de cada ventana obtenemos dos gráficos que posibilitan apreciar el comportamiento de la señal en las tres dimensiones: frecuencia, aceleración y tiempo.

Caracterización de instalaciones.

Es conocido que, por ejemplo, durante la presencia de un choque se produce un evento mecánico de gran magnitud, en la construcción de nuestras instalaciones y de su equipamiento hay que conocer cual es la característica de estos procesos. No obstante existe el problema que no se conoce exactamente que es lo que ocurre durante el evento, debido a esto hay que tomar en consideración dos elementos importantes:

- *Es necesario adquirir los datos de manera ininterrumpida para no perder ninguna información.*
- *No siempre existe un criterio predefinido acerca de cual es la frecuencia de muestreo que hay que fijar para adquirir dichos datos, ni cual es la duración exacta del evento.*

Para solucionar el segundo aspecto se consultó la norma MILSTD-810 C [2] y se encontró información acerca de la respuesta de un sistema cuando se produce un impacto, a partir de este criterio se determina que es necesario un sistema capaz de utilizar una frecuencia de muestreo de 20 000Hz con varios canales de manera ininterrumpida.

A la hora de implementar la medición nos encontramos con que, a pesar de que la tarjeta PCLab 818H permite hasta 100 000Hz de frecuencia de muestreo, no disponíamos de ningún software que posibilitara alcanzar la frecuencia de muestreo necesaria, ni que permitiera adquirir de forma ininterrumpida la cantidad de datos que nos hacía falta. Por ejemplo el software Vibrasoft utilizado en el experimento de vibraciones sólo permite frecuencia máxima de hasta 20 000Hz y adquiere los datos por ventanas fijas de 1024 muestras cada vez (esto implica pérdida de información no determinada, lo cual es inaceptable).

Implementación de la solución

Para obtener la herramienta necesaria para resolver los problemas anteriores se decidió implementar un software que pudiera trabajar con la tarjeta PCLab-818H y permitiera realizar lo mismo el procesamiento que la adquisición de los datos (tanto los de vibraciones como los de impactos).

El programa se realizó en Borland Delphi 3.0 y el mismo es compatible con Windows 95, con Windows 98 y con Windows ME. Se divide en varias partes: adquisición de datos, graficado de datos en el tiempo y procesamiento de datos en el tiempo y la frecuencia; las características de estos componentes son las siguientes:

Adquisición de datos :

- Cantidad de canales → hasta 4 canales, rango de medición programable por canal.
- Resolución → 12 bits.

- Frecuencia máxima de muestreo → hasta 60khz, este parámetro está en dependencia de la computadora en la cual esté corriendo el programa.
- Cantidad de muestras → hasta 9 millones de muestras por canal.
- Las muestras adquiridas las guarda en un fichero en formato binario, además crea un fichero de configuración en el que aparece la cantidad de canales que se adquirieron, el rango de los mismos, la frecuencia de muestreo, la cantidad de muestras por canal y el tiempo total que duró la medición.

Graficado de datos (ver figura 2):

- Cantidad de señales que se pueden graficar → hasta 4.
- Cantidad de muestras por señal → hasta 40000.
- Presenta opción de ZOOM, escala automática o manual, se puede graficar toda la señal o parte de esta y se muestran todas las señales o sólo las deseadas.
- El formato del fichero de datos de las señales es el mismo que el que genera la parte de adquisición.



Figura 2. Ventana para graficar los datos.

Procesamiento de los datos:

- El análisis se realiza automáticamente.
- Ofrece una información gráfica en las tres dimensiones (frecuencia, aceleración y tiempo) del fenómeno.
- Se asume que la señal de excitación es un tono puro (la frecuencia fundamental es representativa de la misma).
- Permite variar los datos de entrada (frecuencia de muestreo, cantidad de muestras, tamaño de la ventana de Fourier)
- Se guardan en un fichero de tipo texto los valores de amplitud y frecuencia resultantes de cada ventana.
- Permite analizar hasta 8 señales.
- El formato del fichero de datos de las señales es el mismo que el que genera la parte de adquisición.
- Permite realizar el procesamiento de la información aunque el sistema de medición se sature.

Por ejemplo en la figura 3 se representa la información de una medición donde se colocaron en una mesa de vibraciones tres equipos. En dicha figura se representa el resultado obtenido para el barrido de frecuencia y amplitud para el equipo 2.

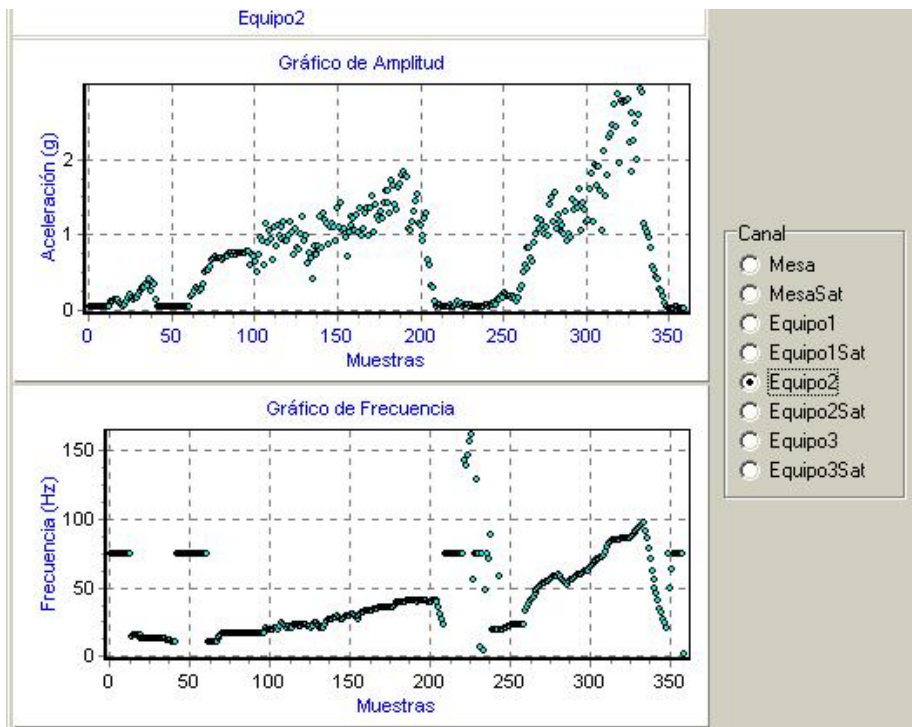


Figura 3. Ventana de procesamiento de datos.

A pesar de ser diseñado para solucionar el problema de los experimentos y mediciones necesarios a nuestro centro, este sistema puede ser utilizado para realizar lo mismo las mediciones que el análisis de otros procesos, siempre que cumplan con las características que posee este desarrollo.

Esta herramienta ha sido utilizada en el análisis y realización de diversos experimentos de vibraciones realizados a equipos de nuestro centro, además de ser utilizada en mediciones de eventos asincrónicos de alta velocidad.

CONCLUSIONES.

1. Se solucionó el problema de la carencia de herramientas para la realización y el análisis de los experimentos mecánicos según las normas MIL STD 810C.
2. Se comprobó esta herramienta en condiciones reales.
3. El sistema obtenido puede ser instalado y operado fácilmente en las computadoras actuales.
4. Como fue desarrollado en el centro es posible adecuarlo a otras condiciones.
5. Se obtuvo un software de fácil operación, el cual es capaz de:
 - adquirir señales de diferentes valores con gran precisión.
 - adquirir un gran número de datos a altas frecuencias.
 - representar estos datos en el dominio del tiempo.
 - realizarles un procesamiento automático tridimensional, incluso en condiciones en las cuales el sistema de medición se encuentra saturado.

BIBLIOGRAFÍA.

[1] Método de pruebas ambientales (norma MIL STD 810-C) tomo II (vibraciones).

[2] Método de pruebas ambientales (norma MIL STD 810-C) tomo III (impactos).

[3] Stend de vibraciones YB 70/2000.

[4] SDK de Windows 95, 98 y ME.

[5] Manual de la PCL-818H.

[6] Oppenheim, Alan V; Ronald W. Schafer "Discrete - Time signal processing", Prentice Hall, 2nd edition, 1989.

[7] Real Time Systems and Microsoft Windows NT. Microsoft Corporation. June, 1995.

[8] Mitra, Sanjit K; "Digital Signal Processing: A Computer - Based Approach", McGraw Hill, 1998.

[9] Messmer, Hans-Peter, "The indispensable PC hardware book", Addison-Wesley, 2nd edition, 1995.

Anexo 1 : Características más relevantes de la tarjeta PCLab-818H.

Frecuencia máxima de muestreo → 100khz.

Resolución → 12bits.

Tipo de convertor → aproximaciones sucesivas.

Cantidad de canales → 16 simples u 8 diferenciales.

Voltaje de entrada → cada canal se puede programar en cada uno de los rangos siguientes :

bipolar → ±10v, ±5v, ±2.5v, ±1.25v, ±0.625v

unipolar \rightarrow 0 - 10v, 0 - 5v, 0 - 2.5v, 0 - 1.25v, 0 - 0.625v
Presenta sample and hold incorporado.
Dos salidas digital - analógicas.