

## DETERMINACIÓN DE LA ACELERACIÓN, VELOCIDAD Y DESPLAZAMIENTO UTILIZANDO ACELERÓMETROS MICROMAQUINADOS

### RESUMEN

Este documento presenta una metodología para medir cargas inerciales en el laboratorio (aceleración) basada en las oscilaciones de una plataforma, utilizando acelerómetros micro-maquinados, las oscilaciones se producen mediante el desbalanceo del eje de un motor de corriente directa de baja potencia.

**PALABRAS CLAVES:** cargas inerciales, micro-maquinado, acelerómetro.

### ABSTRACT

*This document presents a methodology to measure loads (inertial charge) in the laboratory based on the oscillations of a platform, using micromachined accelerometers, the oscillations take place by means of the unbalance of the axis of an motor of direct current of low power.*

**KEYWORDS:** *Inercial charge, micromachined, accelerometers.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Los sensores micro y nano-maquinados embebidos en "microchip" semiconductores están siendo considerados como una alternativa tecnológica de alta importancia para la medición de variables físicas en procesos industriales y en el campo militar. Los acelerómetros se usan para detectar colisiones, vibraciones, cargas inerciales, aceleraciones, etc.

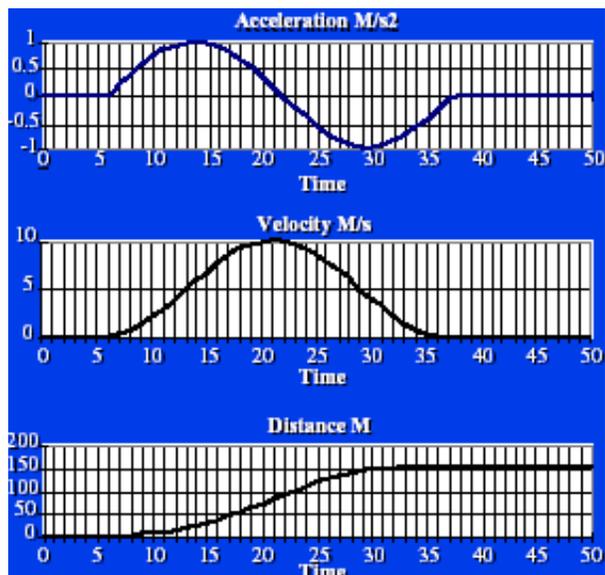


Figura 1. Forma de onda de la aceleración, velocidad y desplazamiento con un acelerómetro micro-maquinado

### JORGE HUMBERTO SANZ

Profesor Asistente Universidad Tecnológica de Pereira.  
jsanz@utp.edu.co

### OSIEL ARBELÁEZ SALAZAR

Profesor Universidad Tecnológica de Pereira.  
osiel@utp.edu.co

En el trabajo se hizo la simulación de la medición de la aceleración, velocidad y desplazamiento en una barra elástica suspendida sobre una plataforma. La adquisición de datos se realizó con una tarjeta análoga modelo NI6023E y en el programa Labview versión 6i de National Instruments.

El trabajo resume los resultados del informe final de la asignatura "Software para la Instrumentación" dirigida por el Ing. Álvaro Orozco Ángel en la maestría de Instrumentación Física de la UTP.

Para la medición de aceleraciones se hace la lectura directamente del sensor, para medición de velocidades se integra la señal una vez y para obtener desplazamientos se debe integrar de nuevo. En la figura 1 se muestra el proceso.

### 2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIDOR

En la figura 2 se presenta el diseño del montaje del instrumento de medición. En este esquema se muestra el sensor de aceleración ADXL-250 de Analog Device, la tarjeta de adquisición de datos, el acondicionador y la interfase gráfica montada sobre Labview.

#### 2.1 El sensor

El sensor (acelerómetro) está compuesto por una masa, un par de resortes y un capacitor micro-maquinados, embebidos en un circuito monolítico, cada masa está sobre un eje y entre sí son ortogonales; para este caso solo se utilizó uno de los sensores.



Figura 2. Diagrama de proceso del medidor de aceleración, velocidad y desplazamiento con un acelerómetro

Un acondicionador incorporado permite medir la señal en forma analógica en rangos de . 50 gravedades (g), con una resolución de 10 mg y un ancho de banda de 22 KHz. En los pines ofrece la posibilidad de entregar la señal en forma digital (PWM) o analógica con resolución de 38mV/g, a la salida tiene un filtro pasa-bajos. El sensor se montó sobre una tarjeta de circuito impreso para facilitar su manipulación. En la figura 3 se muestra un esquema del circuito.

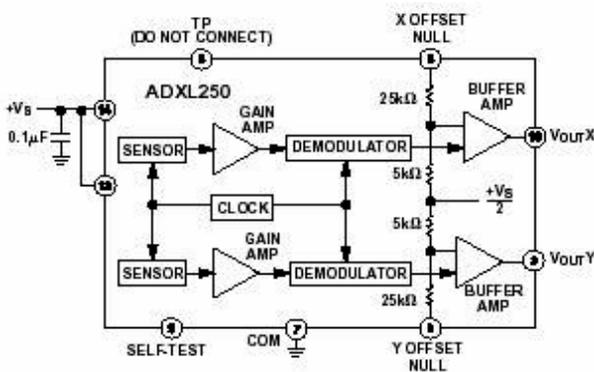


Figura 3. Diagrama interno del acelerómetro ADXL-250

## 2.2 La tarjeta de Adquisición de datos

Se utilizó la tarjeta electrónica de adquisición de datos *NI6023E* de National Instruments. Con el canal CH1 se adquirió la señal analógica en modo común. Este canal tiene una resolución de 12 bits con una entrada . 10 V.

## 2.3 La aplicación en LABVIEW

Se implementó la adquisición de datos con una frecuencia de 5000 muestras por segundo y un número de 500 muestras por segundo (escogidos como resultado del análisis de la función de transferencia y la frecuencia

máxima de trabajo del sistema, considerando el teorema de muestreo y la resolución de la señal digitalizada) para la elaboración de los gráficos; con el fin de eliminar el nivel de “offset” que presenta el ADXL-250, se implementó un medidor de RMS y se le restó al nivel DC de la señal de entrada, se hizo un filtro pasa-altos de 80 Hz para suprimir el ruido ambiental de 60 Hz presente en el ambiente.

Se elaboró una rutina para dos integraciones que permiten extraer de la señal de aceleración el desplazamiento de la masa. Finalmente, este desplazamiento corresponde al movimiento de la plataforma donde está montado el acelerómetro. Este análisis permitió evaluar la señal en el tiempo.

## 2.4 La interfaz gráfica

Se diseñó una interfaz Hombre-Máquina con un registro en tiempo real de la señal sensada en forma análoga y el otro en forma digital: en esta se muestra cada señal de aceleración, velocidad y desplazamiento. La entrada de los parámetros de los filtros se hace por teclado, así como también, los datos de digitalización de la señal (frecuencia de muestreo y número de muestras). Ver la figura 6.

## 3. DISEÑO DEL MEDIDOR

En las figuras 4, 5 y 6 se muestran los esquemas del diseño del acondicionador y su interfaz gráfica.

## 4. RESULTADOS

Se hicieron pruebas de desplazamiento de la plataforma con la operación de un motor DC montado sobre la plataforma a varias velocidades (RPM) y se obtuvieron desplazamientos, medidos con una punta de lápiz debidamente instalada en la plataforma y graficando sobre un papel, simulando de esta forma un registrador gráfico (la punta de lápiz no se consideró como carga adicional del sistema).

Se hicieron lecturas con velocidades cercanas a 1000 RPM en la salida del eje del motor y se obtuvieron desplazamientos alrededor de 16 mm. Ver las fotografías del montaje en las figuras 7 y 8.

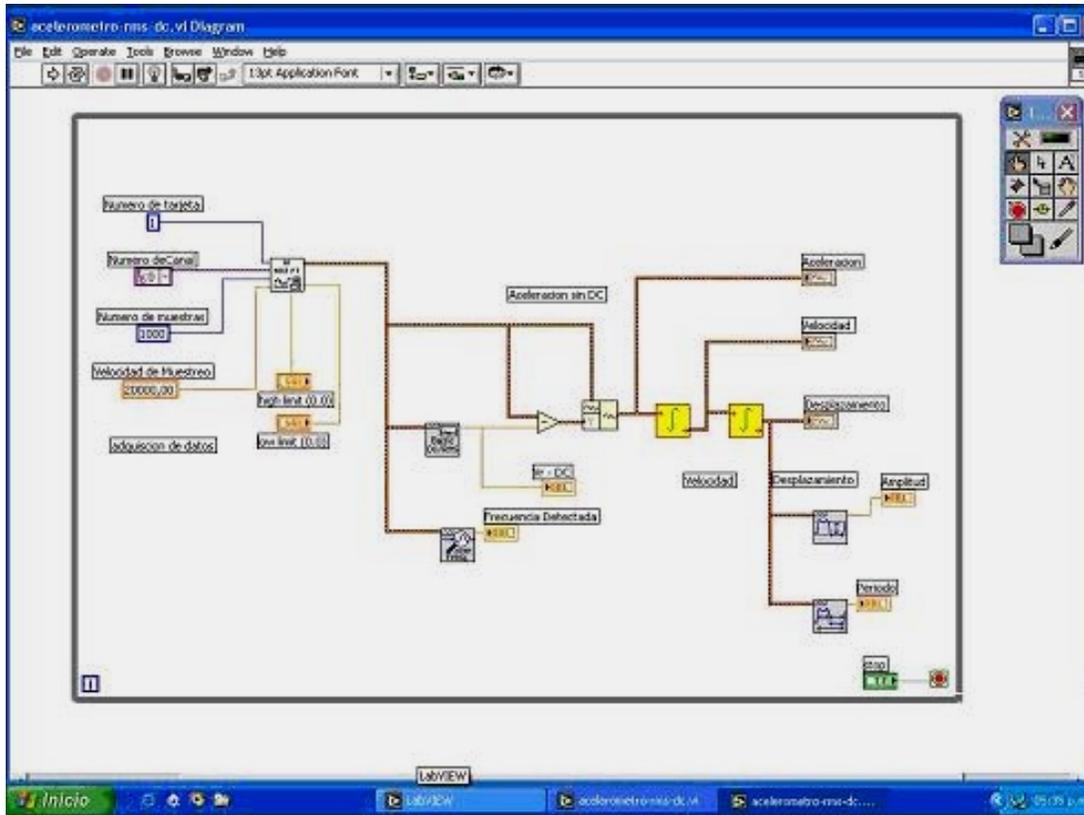


Figura 4. Diagrama de bloques de la aplicación del medidor en Labview

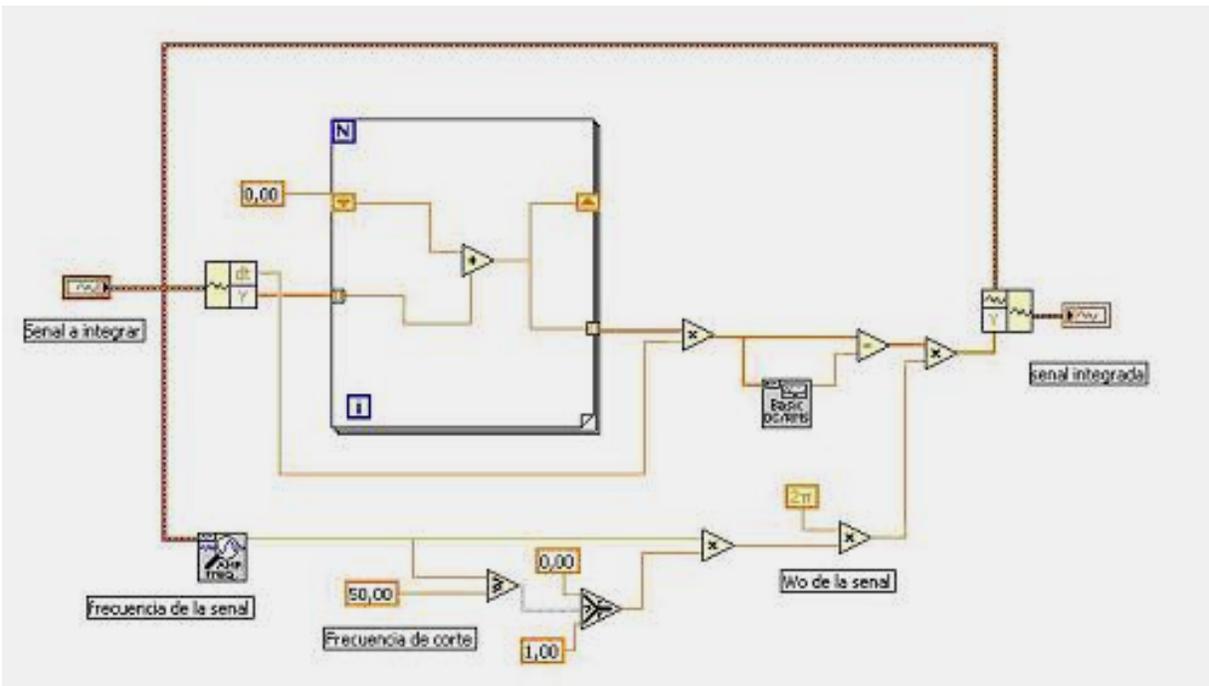


Figura 5. Diagrama de bloques del medidor con integradores

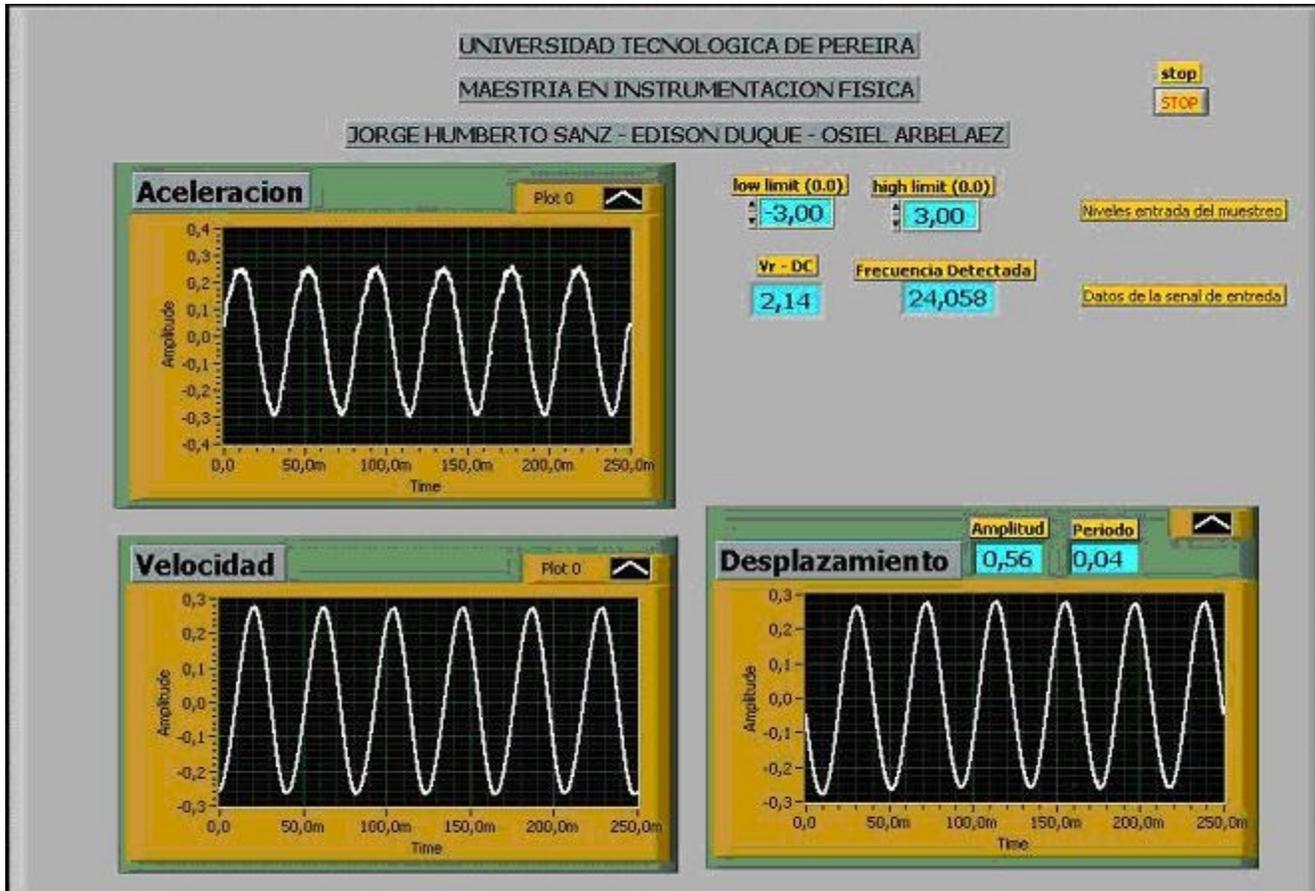


Figura 6. Interfaz gráfica del medidor



Figura 7. Fotografía de montaje de laboratorio del sistema de medición



Figura 8. Fotografía de montaje de laboratorio del sistema de medición

## 5. PERSPECTIVAS A FUTURO DEL MEDIDOR

De acuerdo con los últimos artículos publicados en revistas internacionales [2], [3] y a los trabajos adelantados en la escuela de Tecnología Mecánica de la UTP las medidas de las fuerzas inerciales en las MCI (Motores de Combustión Interna) están direccionadas hacia lograr interpretar las señales tomadas a través de acelerómetros; por ejemplo un buen análisis en frecuencia utilizando la Transformada Rápida de Fourier permitiría interpretar las señales eléctricas de tal forma que se puedan identificar problemas que están ocurriendo en el interior de las máquinas de combustión sin tener que acudir a la mecánica tradicional, es decir, utilizar la tecnología para diagnosticar con las señales eléctricas tal como se hace con los Electro-cardiogramas en los seres humanos.

El mapeo de estas señales permitiría precisar con muy buena aproximación un determinado defecto sin tener que invadir la máquina.

Falta mucho camino por recorrer porque se deben convalidar los modelos y las señales percibidas con la sensórica y además que se vuelvan un estándar internacional fácil de implementar y de interpretar por los usuarios (mecánicos) que no tienen un perfil académico adecuado para el caso.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Recomendamos que se continúe este trabajo en concordancia con la investigación que se realiza en el laboratorio de MCI de la UTP.

## 7. BIBLIOGRAFIA

[1] Romero Carlos A., Vallejo Ricardo, González Andrés. “*Técnicas de adquisición de datos en motores de combustión interna*”. Revista Scientia et Técnica UTP # 19, Pereira, 2002.

[2] Romero Carlos A., Quintero Hector F., Roa Jesús Eduardo, “Development of a DAQ system and a test bench for an I.C Engine: a mechatronic aproach”, Portugal, CAR & FOR, 2002.

[3] Romero Carlos A., P.C.A. “Adecuación de un sistema de adquisición de datos para realizar el mapeo de un motor de combustión”, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2001.

[4] V. Macian, B. Tormes, P. Olmeda y U.L. Chacón, “Diagnóstico de motores de combustión interna

alternativos mediante análisis de las oscilaciones del bloque”, Departamento de Máquinas y Motores, 1999.

[5] [www.analog.com](http://www.analog.com)

[6] Accelerometer Design and Applications, James Doscher, Micromachining Evangelist, Analog Device, 2003.