

**DATA ACQUISITION SYSTEM WITH MATLAB-SIMULINK USING THE PCI 6023E  
CARD FROM NATIONAL INSTRUMENTS****SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS CON MATLAB-SIMULINK USANDO LA  
TARJETA PCI 6023E DE NATIONAL INSTRUMENTS**

**MSc. Carlos Alberto Vera Romero, PhD. Cristian Duran Acevedo  
MSc. Jorge Luis Díaz Rodríguez**

**Universidad de Pamplona**

Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Tel: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 156

E-mail: {carlosvera, cmduran, jdiazcu}@unipamplona.edu.co

**Abstract:** This article mentions some Matlab<sup>®</sup> tools that can be used for data acquisition (DAQ) in real time applications using National Instruments' cards, such as the PCI6023E. The tool, Real Time Windows from Matlab, presents different applications, such as real-time control, real time simulation for physical plants, such as; aircraft turbines, and modeling of physical systems. The implementation of Real Time Windows Target coupled to a data acquisition board is a high-performance solution implemented for computers' control and testing in real-time systems, which allows display signals, and the possibility of modification parameters and real-time control. In this paper we present a sample application with signals from a real process.

**Resumen:** El presente artículo menciona algunas herramientas de Matlab<sup>®</sup> que pueden ser usadas para la adquisición de datos en aplicaciones en tiempo real utilizando tarjetas de National Instruments, como es el caso de la PCI6023E. La herramienta Real Time Windows de Matlab<sup>®</sup>, presenta diferentes aplicaciones, como el control en tiempo real, simulación en tiempo real para plantas físicas como por ejemplo turbinas de avión, modelamiento de sistemas físicos, etc. En sí, la aplicación de Real Time Windows Target acoplada a una tarjeta de adquisición de datos de altas prestaciones es una solución aplicada en el control por computadores y pruebas en sistema en tiempo real, donde permite realizar visualizaciones de señales, y con la posibilidad de modificación de parámetros y control en tiempo real. En este trabajo presentamos un ejemplo de aplicación con señales provenientes de un proceso real.

**Keywords:** Real time windows, DAQ, National Instruments, PCI6023E, Matlab.

## 1. INTRODUCCIÓN

La adquisición de datos consiste básicamente en captar una señal física y llevarla a una computadora, esto significa tomar un conjunto de

variables mensurables en forma física y convertirlas en tensiones eléctricas, de tal manera que se puedan utilizar y/o puedan ser leídas en el PC. Es necesario que la señal física pase por una serie de etapas que le permitan a la computadora ser capaz

de interpretar la señal enviada. Una vez que las señales eléctricas se transforman en digitales, se pueden por ejemplo procesar con un programa de aplicación adecuado al usuario. De la misma manera se toma una señal eléctrica y se transforma en una digital, y se puede tomar una señal digital o binaria y convertirla en una eléctrica; de esta manera el PC puede enviar señales hacia dispositivos actuadores.

El sistema realizado en este trabajo consta básicamente de una tarjeta de adquisición de datos DAQ (*Data Acquisition*) de National Instruments PCI6023E (Figura 1) y el software Matlab R2006. La tarjeta PCI tiene la capacidad de adquisición de 200 kS/s, con 12-Bit y un total de 16 entradas análogas Multi-funcionales.



Fig. 1. Tarjeta DAQ PCI 6023E

Las pruebas fueron realizadas con datos analógicos, así como la generación de señales analógicas.

Como se mencionó anteriormente, para el almacenamiento de los datos adquiridos se utilizó el software Matlab versión R2006a. Este software es una herramienta ideal para este tipo de aplicaciones donde se requiera un procesamiento posterior de los datos.

Es útil generalmente para las actividades de investigación, como por ejemplo para el análisis y procesamiento de señales, diseño y simulación de procesos y la realización de métodos y prácticas de aprendizaje; es por esta razón que la adquisición de datos a través de una tarjeta como la PCI6023E se convierte en una herramienta poderosa cuando se implementa con el software Matlab.

El software cuenta con librerías que permiten realizar adquisiciones de datos directamente desde cualquier ambiente de trabajo, para un fácil y rápido procesamiento de señales en tiempo real.

## 2. SOFTWARE REAL TIME WINDOWS TARGET

Para realizar la adquisición de datos es necesario instalar el software Real-Time Windows Target que forma parte de Matlab. Este software permite que las aplicaciones accedan al "Kernel" del sistema donde los ejecutables deben ser cargados y activados. El "driver" del modo Kernel intercepta las interrupciones del reloj del computador manteniéndolas para operaciones del sistema operativo Windows, asegurando la ejecución de las aplicaciones en tiempo real. La instalación del Real Time Windows Target, se realiza en el área de trabajo ó Workspace (*Command Window*) de Matlab. Para este caso se escribe inicialmente:

```
>> rtwintgt -install
```

Para verificar las características y resultado de la instalación del Kernel, se escribe el comando:

```
>> rtwho
```

La aplicación de Real Time Windows Target necesita un compilador en C que no está incluido con el software de Matlab. Si no se tiene instalado un compilador C en la computadora, es necesario seleccionar uno. Para elegir el compilador en C de entre los instalados, se debe escribir en el área de trabajo el siguiente comando:

```
>> mex -setup
```

Se debe indicar que se visualice la lista numerada de los compiladores instalados, y seguidamente se escoge el que se va a utilizar, escribiendo el número correspondiente. Generalmente se trabaja con la aplicación de Microsoft Visual Studio C/C++, ó con la que el usuario decida.

## 3. CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA PCI 6023E PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

Una vez instalado el Kernel mediante el *Real time Windows Target*, y luego de haber seleccionado el compilador para crear los ejecutables, se procede a leer los datos analógicos. Para esta labor se conectan las señales analógicas a los puertos de entrada de la tarjeta de adquisición (PCI 6023E), y luego se crea un modelo en el Simulink, tal y como se muestra en la figura 2. La variedad de bloques que proporciona el Real Time, facilita al usuario la implementación a diferentes aplicaciones tanto analógicas como digitales.

```
>> Simulink
```

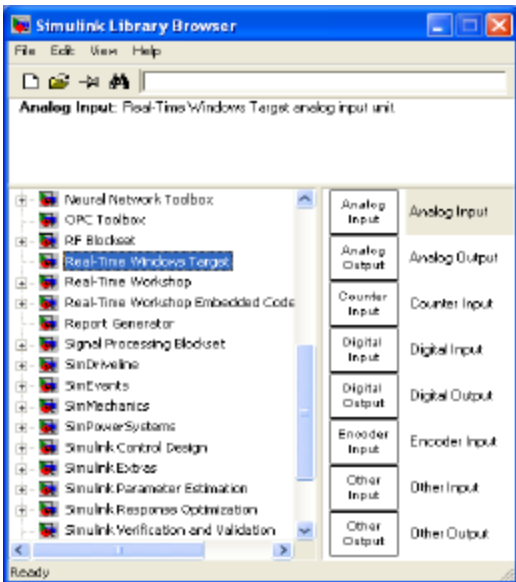


Fig. 2. Modelo en Simulink para la adquisición de datos analógicos

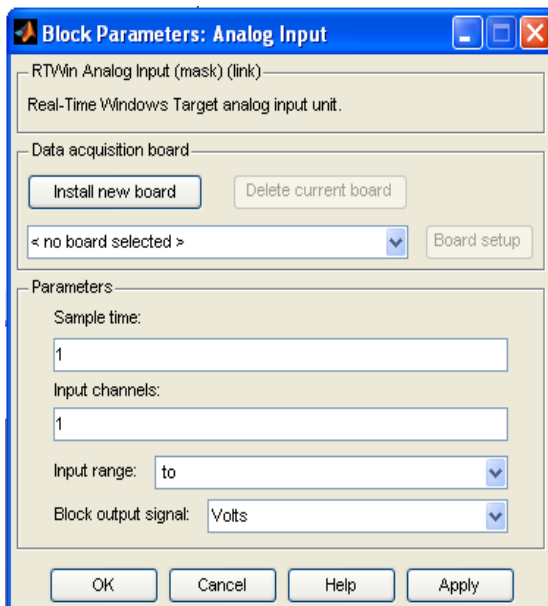


Fig. 3. Configuración del bloque *Analog Input*

De la librería se selecciona y arrastra el bloque “*Analog Input*”, el cual permite leer datos analógicos. Si se desean adquirir y visualizar los datos en tiempo real se deben agregar un elemento “*Scope*” y el bloque “*To Workspace*”, ver figura 4. Estas dos herramientas aportan al usuario una completa supervisión, monitoreo y control de un proceso, ya que a través del almacenamiento de datos en el computador, facilita la obtención de resultados en forma óptima.

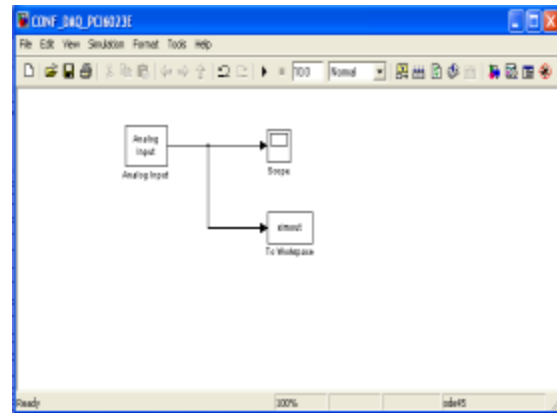


Fig. 4. Modelo en Simulink® captura de datos analógicos

Para configurar la tarjeta con el bloque “*Analog Input*”, se da doble clic en él, y aparece el menú de la figura 3. El objetivo en este paso es configurar los parámetros de adquisición a través de la tarjeta PCI.

Como primera medida se debe seleccionar la opción “*install new board*”, para observar cual es la referencia de la tarjeta de adquisición de datos que coincide con la instalada en la computadora. Para este caso es la PCI 6023E de National Instruments. Ver figura 5.

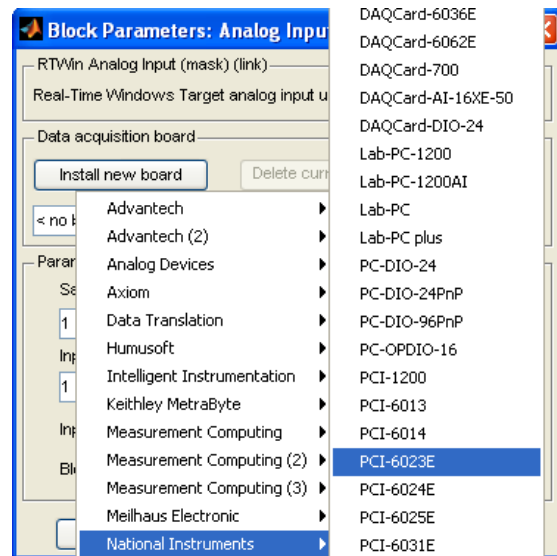


Fig. 5. Selección de DAQ National Instruments PCI 6023E

Una vez seleccionada la tarjeta, posteriormente aparece el modelo del proyecto del bloque “*Analog Input*” indicando la tarjeta seleccionada (Ver fig. 6).



Fig. 6. Menú para el test de la DAQ National Instruments PCI 6023E

A través de la opción “Test” se verifica el estado de la tarjeta; si en el momento de realizar la verificación no existe ningún problema de comunicación con la tarjeta, aparece un mensaje como el que se indica en la figura 7.

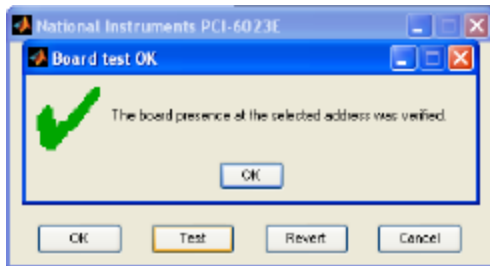


Fig. 7. Verificación de DAQ National Instruments PCI 6023E

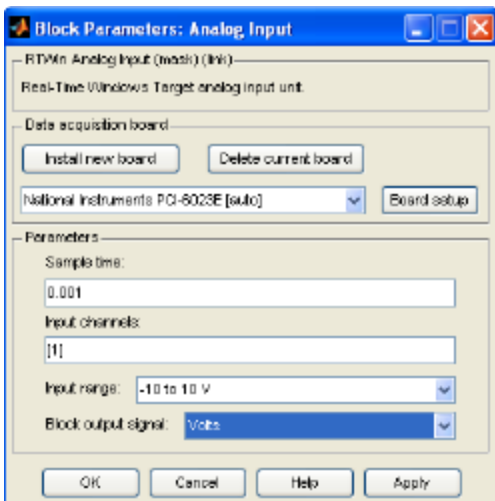


Fig. 8. Configuración del período de muestreo y canales de lectura

Una vez realizada la prueba confirmando el estado y/o funcionamiento de la tarjeta, se necesita configurar el periodo de muestreo, el rango de entrada y los respectivos canales de entrada analógicos a utilizar, tal y como se observa en la figura 8. Al final del proceso se confirma la configuración de los parámetros.

#### 4. EJEMPLO DE ADQUISICION DE DATOS CON LA PCI 6023E DE NI, A TRAVES DE SIMULINK DE MATLAB CON UNA CÁMARA DE SENSORES DE GASES

A partir del siguiente modelo de Simulink, el cual fue referenciado en la descripción de la figura 4, se dan las pautas necesarias para la configuración y el manejo de la tarjeta de adquisición de datos a través de un ejemplo de aplicación. Para este caso se probó el comportamiento de la sensibilidad de 4 sensores de gases químicos.

La siguiente prueba de laboratorio que consiste en adquirir señales desde los sensores de gases de óxidos metálicos, complementa la configuración de la tarjeta de adquisición de datos PCI a través de un modelo de Simulink de Matlab (ver figura 9). A continuación se presentan los pasos necesarios para dicha prueba:

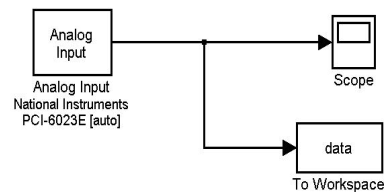


Fig. 9. Modelo para la adquisición de cuatro señales de sensores de gases

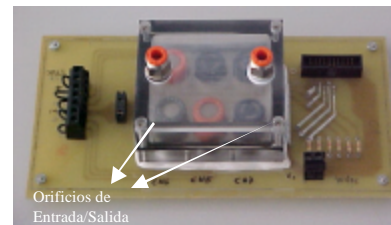


Fig. 10. Cámara de sensores de Gases (Laboratorio del IIDTA, Universidad de Pamplona) utilizada para la prueba de adquisición de Datos

##### 4.1 Estudio y adecuación de la cámara de sensores:

La cámara de sensores utilizada para la prueba posee dos orificios, uno como entrada y el otro como salida, los cuales permiten la circulación de un flujo de aire constante. La cámara de sensores posee dos empaques tanto en la parte posterior como en la inferior, los cuales ejercen presión sobre la cubierta y el cuerpo de la misma. Esta cubierta descansa sobre una junta de goma que asegura el cierre hermético.

Para el funcionamiento de los sensores de gases se utilizaron dos fuentes de voltaje constantes de 5 y 10 VDC. La Figura 10 muestra la cámara de sensores construida. Los sensores de gases de óxido de estaño que fueron utilizados son de la empresa Figaro sensor (Taguchis) y FIS de las series SP. Los sensores pueden ser ubicados fácilmente para constituir la matriz de sensores y a su vez sus resistencias de carga (Ej: 4.7 k $\Omega$ ). La tabla 1 detalla los sensores empleados para la prueba de adquisición de datos.

Tabla 1: Sensores de gases

Cantidad	Sensor	Aplicación
<b>Taguchi (Serie-8)</b>		
1	TGS 822	Gases combustibles
1	TGS 821	Disolventes Orgánicos (Benzeno)
1	TGS 826	Gases combustibles
<b>FIS (Serie-SP)</b>		
1	FIS SP-MWO 726	Propósito General. Vapores inflamables

#### 4.2 Configuración del bloque "To Workspace"

Las señales adquiridas a través de la tarjeta PCI 6023E, se almacenaron en una variable, en este caso la llamamos "data", y se seleccionó el formato de almacenamiento "Save Format", como Array, para que se almacenaran los datos en forma de Matriz ("data"), para su posterior manipulación (Ver fig. 11).

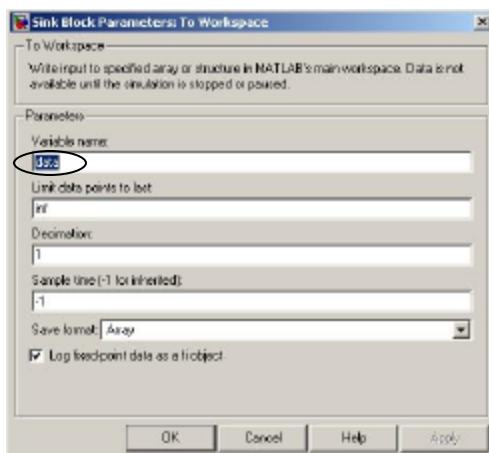


Fig. 11. Configuración del bloque "To Workspace" para el almacenamiento de Datos

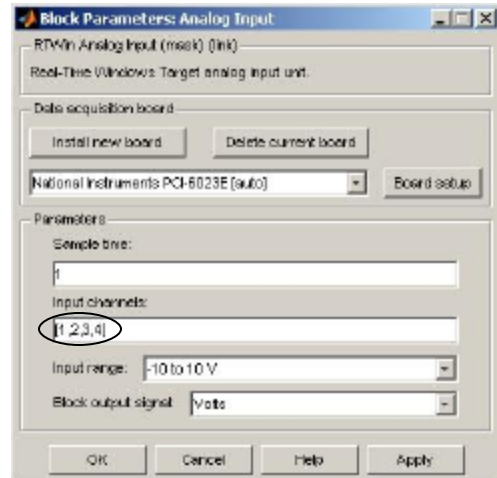


Fig. 12. Configuración de los cuatro canales análogos

El total de canales análogos habilitados por la tarjeta fueron 4, de los cuales se configuraron desde la AI0 hasta el AI3. Tal y como se presentó en la figura 8, para la adquisición de las señales de los sensores se debe configurar el bloque "Analog input"; haciendo doble click sobre el icono. En la figura 12 se puede observar la configuración de los cuatro canales análogos de entrada, el tiempo de muestreo y el respectivo rango de entrada -10 a 10 Voltios (DC), correspondiente a la amplitud establecida por los sensores de gases.

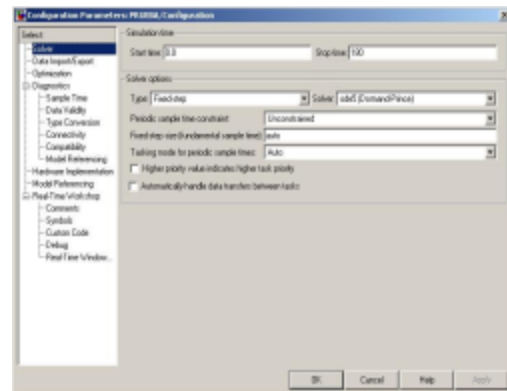


Fig. 13. Manejo de la utilidad "Configuration Parameters" función "Solver"

A continuación se deben seleccionar las opciones "External Mode" y luego "Configuration Parameters" del menú Simulación.

Como se observa en la figura 13, al seleccionar la función "Solver", se configura el tiempo de simulación y se escoge el tipo de solución. Para las pruebas se escogió un tiempo de 180 segundos y la opción ("Fixed step") con la solución (ode5).



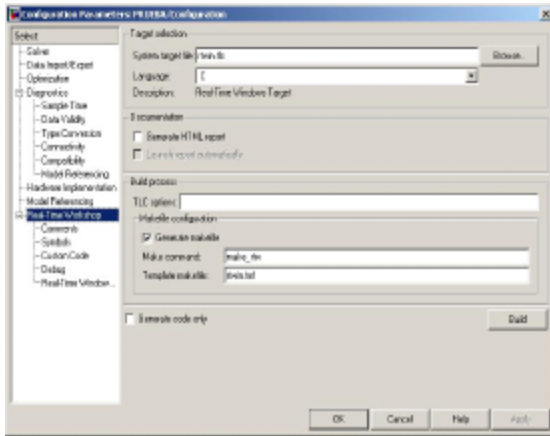


Fig. 14. Manejo de la utilidad  
“Configuration Parameters” función  
“Real Time Workshop”

A través de la opción *Real-Time Workshop*, se selecciona la función “System target file” como (*rtwin.tlc*) y el respectivo “Language (C)”. Una vez configurados los parámetros se da click en el botón “Apply”, para aplicar los cambios y por último “OK” para salir del menú.

#### 4.3. Selección de la función “External Mode Control Panel”.

A través de las herramientas del menú principal es necesario seleccionar la función “External Mode Control Panel” tal y como aparece en la figura 15, con el objetivo de configurar la opción “Signal & Triggering”; Una vez seleccionado, se despliega el contenido de los bloques que actualmente se encuentran en el modelo, Ver figura 16.

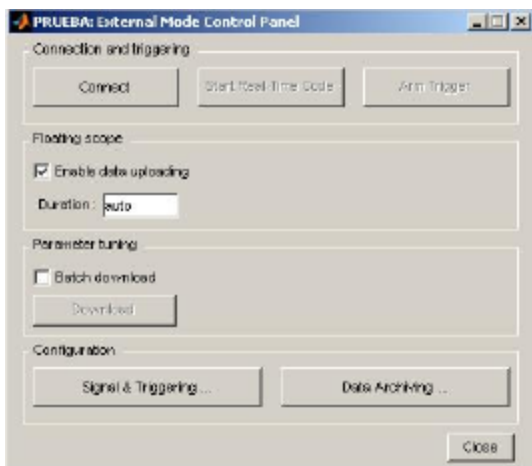


Fig. 15. Selección de la función  
“External Mode Control Panel”

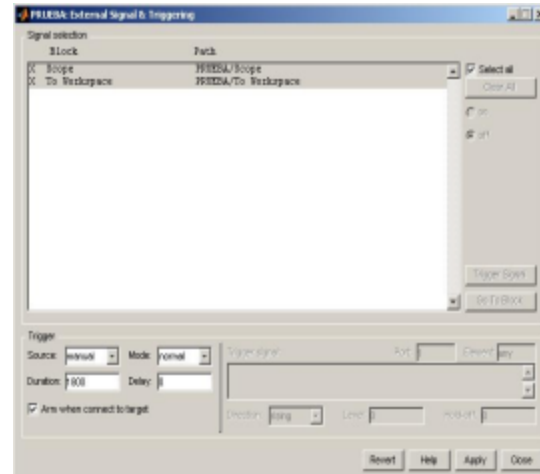


Fig. 16. Configuración de  
“Signal & Triggering”

A través de cada uno de los bloques tanto del “Scope” y el “To Workspace”, se configura la duración de las medidas que se pretenden realizar con el sistema Multi-sensorial. Para las pruebas se utilizó una duración de 1800 (el cual es 10 veces mayor que el tiempo de simulación).

#### 4.4. Construcción y ejecución del Modelo.

Una vez realizados los pasos anteriores se debe proceder a construir el modelo. Para tal caso, se ejecutan simultáneamente desde el teclado “Control + B”, ó como una alternativa se selecciona “Configuration Parameters” del menú Simulación, la opción *Real-Time Workshop*, y el comando “Build”.

Una vez realizado el paso anterior, se debe iniciar el Real Time presionando el botón “Connect To Target” y posteriormente se inicia la ejecución presionando el botón “Start”.

Como una nota importante para visualizar la grafica basta con dar doble click sobre el icono de “Scope”.

## 5. RESULTADOS

Una vez realizadas las medidas se procedió a graficar cada una de ellas, por medio del comando “plot” de Matlab, tomando como base el registro que se guardo en forma de matriz de datos por medio de la función del bloque “To Workspace” de Simulink.

Para la adquisición de las señales por medio de Simulink y la PCI se programaron 2 minutos de adquisición. El objetivo de esta prueba se realizó con el fin de monitorear el comportamiento de las cuatro señales de los sensores, y así establecer el buen funcionamiento del acople de la cámara de medida con la tarjeta DAQ. Esta prueba se llamo, “Prueba de estabilidad” puesto que se dejó la cámara en reposo ó sin el suministro de algún tipo de volátil externo (Gas).

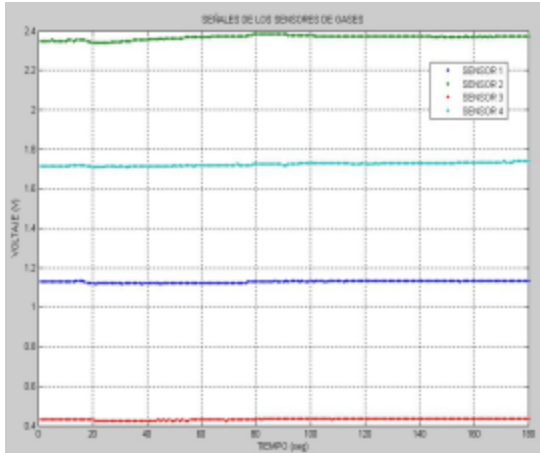


Fig. 17. Señales de los sensores de Gases en “Tiempo Real”

La siguiente gráfica representa la adquisición de las señales de los sensores pero con el suministro de gases volátiles desde uno de sus orificios externos. Para tal fin, a esta prueba se le dio el nombre de “Prueba de Aliento 1”, dado a que como su nombre lo indica se hizo pasar por un tiempo de 15 segundos una cantidad de volátiles provenientes del aliento de operario del equipo, pero con un tiempo total de 3 minutos de adquisición.

Como se puede observar en la figura 18, aparece un contenido de información de la “Baseline” o línea base de la medida con los sensores; esto nos indica que anteriormente los sensores se encontraban en reposo, y por lo tanto la medida podía hacerse en forma adecuada sin una previa saturación del dispositivo sensor.

La sensibilidad del sensor se toma a partir de la línea base (Resistencia inicial ante ausencia de Gas), y variación de la resistencia ante la presencia del Gas. La inclinación de la curva típica del sensor indica dicha sensibilidad a cierto gas.

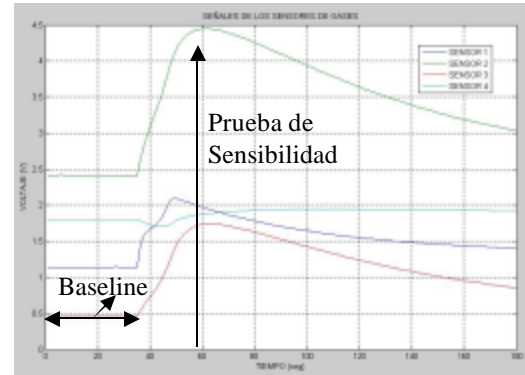


Fig. 18. Señales de los sensores de Gases en “Tiempo Real” Prueba de aliento 1

Para comprobar el funcionamiento del sistema y sobre todo la repetitividad de las medidas, se optó por realizar un nuevo conjunto de medidas posteriores, con el fin de evaluar nuevamente el comportamiento de los sensores. Para este caso se suministró por un tiempo de 15 segundos una cantidad similar de volátiles del aliento. Para la siguiente prueba de aliento, al experimento se le dio el nombre de “Prueba de Aliento 2”.

En la siguiente figura, se observa que existe una gran similitud entre la fig. 18, dado a que se utilizó el mismo operario con el control del suministro del volátil y el mismo tiempo de adquisición.

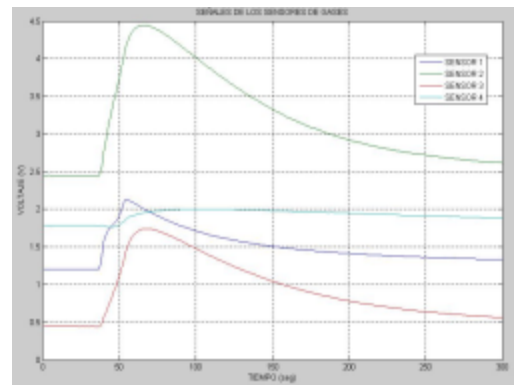


Fig. 19. Señales de los sensores de Gases en “Tiempo Real” Prueba de aliento 2

## CONCLUSIONES

A través del manejo de herramientas del Matlab y Simulink, como es el caso de “Real Time Windows Target”, se logró implementar una tarjeta de adquisición de datos de bajo costo a dicho software, con el objetivo de ser usados en una gran variedad de aplicaciones.

Mediante los pasos proporcionados en este trabajo para el manejo de este tipo de herramientas de adquisición de datos, se facilita al lector un valioso método para el almacenamiento y visualización de datos en tiempo real, tanto para el sector de investigación (Ej: *Procesamiento con sensores de gases, adquisición de señales de motores, etc*), y para ser empleados en fines educativos ó en aplicaciones industriales, entre otros.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo agradecen la colaboración del ingeniero electrónico Juan Carlos Rodríguez Gamboa, integrante del IIDTA, por su gran aporte en la consecución de resultados.

### REFERENCIAS

Figaro TGS gas sensors, Volume 27, Issue 2, Page 73, 1997.

Brudzewski, V.; Ulaczyk, J.; Osowski, S.; Markiewicz, T. Chiral behavior of TGS gas sensors: Discrimination of the enantiomers by the electronic nose, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 122, Issue 2, 26, Pages 493-502. March 2007.

Pascale Massok, Muriel Loesch, Daniel Bertrand, Comparison between two Figaro sensors (TGS 813 and TGS 842) for the detection of methane, in terms of selectivity and long-term stability *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 25, Issues 1-3, Pages 525-528, April 1995.

Boguslawa Adamowicz, Weronika Izydorczyk, Jacek Izydorczyk, Andrzej Klimasek, Wieslaw Jakubik, Janusz Zywicki Response to oxygen and chemical properties of SnO<sub>2</sub> thin-film gas sensors, *In Press, Corrected Proof, Available online*, 5 January 2008.

Claude Delpha, Maryam Siadat, Martine, Lumbreras, Humidity dependence of a TGS gas sensor array in an air-conditioned atmosphere, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 59, Issues 2-3, Pages 255-259, 19 October 1999.

Pardo G., A.; Díaz R., J. L. *Fundamentos en Sistemas de Control Automático*. Universidad de Pamplona, 2004.

Vera R., C. A. *Estudio para la Obtención de los Procesos Transitorios en un motor de inducción*. Trabajo de Maestría. Universidad de Pamplona, 2007.

### PAGINAS WEB

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/10967>. Acceso: Julio 2007.

Real-Time Windows Target 3. User's Guide.

[http://www.mathworks.fr/access/helpdesk/help/pdf\\_doc/rtwin/rtwin\\_target\\_ug.pdf](http://www.mathworks.fr/access/helpdesk/help/pdf_doc/rtwin/rtwin_target_ug.pdf). Acceso: Agosto 2007.

<http://hamd.galeon.com/>

<http://www.fisinc.co.jp/> Fis Inc.

<http://www.figarosensor.com/> Figaro USA Inc.

<http://www.idm-instrumentos.es/Sensores/gas.htm>.