

ADQUISICIÓN DE DATOS CON COMUNICACIÓN INALÁMBRICA BIDIRECCIONAL MULTIPUNTO VÍA ETHERNET

(Data Acquisition with Multi-Way Wireless Communication via Ethernet)

Tatiana Mateus Guerra, Camilo Ernesto Pardo Beainy, Manuel Felipe Rodríguez P.

Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja
Grupo de Investigación GITELCOM

tatiana.mateus@hotmail.com, camilo_e_p@hotmail.com, manufelipe.rodriguez@hotmail.com

(Recibido 15 de Mayo de 2012 y Aceptado 25 de Octubre de 2012)

Resumen:

En este documento se presenta un sistema innovador que permite realizar el monitoreo de variables asociadas a procesos industriales, tanto remota como localmente. Se empieza por un sensado de las variables y se hace la adecuación de sensores y el acondicionamiento de señal. Después viene una etapa de adquisición de datos y de procesamiento digital, que permite visualizar en una pantalla LCD el estado de los datos, también se efectúa una comunicación serial por protocolo RS-232, y se envían los datos de forma inalámbrica bidireccional por medio de módulos RF, que comunican el proceso industrial con un computador que funcionará como central de monitoreo. Posteriormente, el sistema involucra un dispositivo servidor serial, adaptando el formato de los datos al protocolo Ethernet, para permitir que el proceso pueda ser montado sobre cualquier red y sea monitoreado desde cualquier parte vía Ethernet, por medio de una interfaz gráfica implementada en LabVIEW. Esto crea un entorno agradable para el usuario y genera gráficas de comportamiento y tablas de datos de las variables involucradas en el proceso. Este sistema es de gran aplicabilidad, ya que permite la escalabilidad y la adaptación a cualquier tipo de necesidad en diversos entornos, como el industrial, agrícola y medioambiental, entre otros.

Abstract:

This paper presents an innovative system that allows monitoring of variables associated with industrial processes, either remotely or locally, starting with a sensing of the variables, which performs the adaptation of sensors and signal conditioning and then make a step perform data acquisition and digital processing for displaying on an LCD, in turn making a protocol serial communication RS-232 and send data wirelessly via two-way RF modules, which communicate industrial process with a central computer that will monitor. Then the system involves a serial device server, tailoring the format of the data to Ethernet protocol allowing the process to be mounted on any network, and be monitored from anywhere via Ethernet through a graphical interface implemented in LabVIEW, creating a pleasant environment for creating graphical user behavior and data tables of the variables involved in the process. This system is widely applicable as it allows scalability and adaptation to any type of need in various environments such as industrial, agricultural, and environmental, among others.

Keywords: wireless system, remote monitoring,

1. INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías en las telecomunicaciones, y las diferentes herramientas y aplicaciones existentes, brindan posibilidades más eficientes para la obtención, procesamiento y transporte de la información en todo tipo de entornos que requieran acceso a esta, de forma constante.

En el caso de la industria, el acceso a la información es indispensable para el monitoreo y control de los diferentes procesos y, por ende, para la optimización de los recursos, la calidad y la eficiencia.

Por estas razones, es importante contar con un sistema de comunicaciones, que, integrando herramientas de hardware y software, permita el acceso instantáneo y continuo a la información de la planta, y su monitoreo de forma remota, desde cualquier lugar.

La integración de diferentes protocolos de comunicaciones con sistemas de instrumentación y control, puede permitir soluciones innovadoras, que respondan a requerimientos específicos, de tal manera que se optimicen los recursos de acuerdo con las tendencias tecnológicas actuales.

El sistema denominado adquisición de datos con comunicación inalámbrica bidireccional multipunto vía Ethernet, es una herramienta orientada a grandes, pequeñas o medianas empresas en diversos entornos, como el industrial, agrícola y medioambiental, entre otros. Este sistema busca supervisar el estado de variables de instrumentación que se encuentren en diversos procesos, permite tener el control de dichas variables y reconocer estados críticos que puedan llegar a afectar el desarrollo normal del proceso.

Al poseer este sistema, las empresas podrán centralizar la información entre gran diversidad de usuarios, para que estos se encarguen de hacer una lectura y llevar un registro de las variaciones que afectan el proceso. De igual forma, al tener la posibilidad de monitorear el proceso vía Internet, se busca que la persona encargada del proceso realice su trabajo con comodidad desde cualquier parte, evitando así que el trabajador se exponga a factores de riesgo para su salud, como cambios climáticos, condiciones atmosféricas, sustancias químicas, entre otros.

2. DISEÑO GENERAL E IMPLEMENTACIÓN

El sistema de adquisición de datos con comunicación inalámbrica bidireccional multipunto vía Ethernet, se desarrolla en seis etapas, tal como se observa en el diagrama de bloques de la Figura 1 y en el diagrama esquemático de la Figura 2. Cada una de estas etapas es explicada en los capítulos siguientes. En el capítulo 3 se menciona el proceso de sensado de variables, las cuales van a ser procesadas por sistemas microcontrolados, tal como se describe en el capítulo 4. Una vez adquiridas las señales asociadas a las variables, se lleva a cabo un proceso de monitoreo local, como se describe en el capítulo 5.

Dado que se necesita transmitir la información a una estación remota, se hace una comunicación inalámbrica bidireccional, tal como se indica en el capítulo 6. Y, por último, mediante el proceso llamado conversión de protocolo y acceso a la red, explicado en el capítulo 7, se realiza una supervisión remota a través de una interfaz gráfica de monitoreo, presentada en el artículo. Todas estas etapas son:

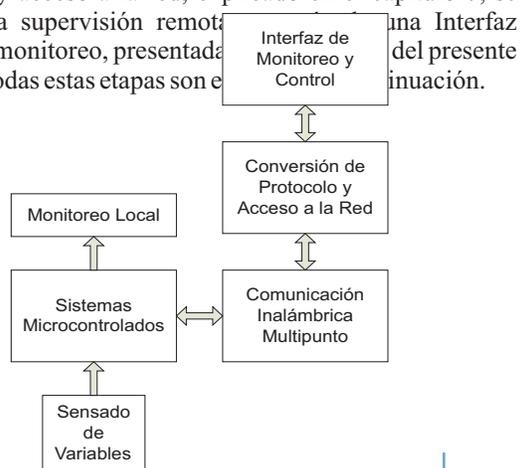


Figura 1. Diagrama de bloques. Fuente: los autores.

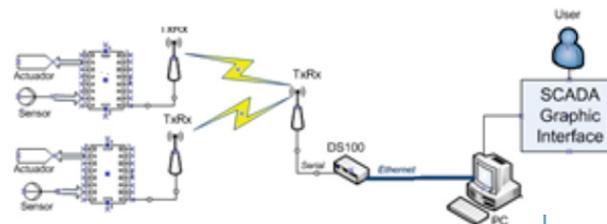


Figura 2. Diagrama esquemático. Fuente: los autores.

3. SENSADO DE VARIABLES

Un sensor es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, conocidas como variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser, por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, caudal, humedad, pH, etc.

Es posible la adquisición simultánea de varias señales análogas provenientes de los sensores que se encuentren en el proceso, permitiendo la escalabilidad y adaptación a cualquier tipo de necesidad en diversos entornos como el industrial, agrícola o medioambiental, entre otros. En este caso se pueden tener señales provenientes de hasta ocho diferentes sensores, las cuales deben ser previamente acondicionadas, con el fin de facilitar la adquisición y el procesamiento.

4. SISTEMAS MICROCONTROLADOS (ADQUISICIÓN DE DATOS Y PROCESAMIENTO DIGITAL)

Los sistemas microcontrolados constituyen el bloque inicial del sistema (que recibe las señales provenientes de los sensores). Su ubicación en el diagrama se observa en la Figura 1.

El número de señales análogas por sensar, se encuentra limitado por el número de canales del convertidor utilizado. En este caso se empleó un microcontrolador de referencia MC68HC908GP32, que, por medio del módulo de conversión análogo digital que posee internamente, y que, programado en lenguaje *assembler*, permite la adaptación de hasta ocho canales para efectuar la adquisición de los datos y realizar una conversión del dato a un formato digital, a fin de facilitar su procesamiento dentro del microcontrolador.

Una vez hecha la conversión y almacenados los datos en registros internos de propósito general del microcontrolador, se configura el orden de los datos, los cuales se emplearán para el monitoreo local y para formar la trama que posteriormente será enviada.

El primero de ellos, llamado microcontrolador principal, cumple una serie de funciones de adquisición de datos analógicos o digitales, con ocho puertos habilitados para cada caso: comunicación serial (sincrónica o asincrónica), procesamiento y enrutamiento de la información. El segundo microcontrolador utilizado, se denomina microcontrolador orientado a DAC's, y recibe este nombre precisamente porque tiene como misión controlar los dispositivos de conversión de datos digitales a señales analógicas. En la Figura 3, se presenta la estructura que manejan internamente los sistemas microcontrolados mencionados.

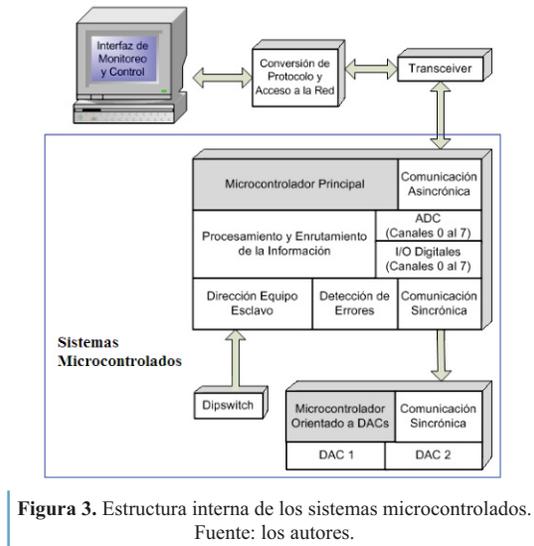


Figura 3. Estructura interna de los sistemas microcontrolados. Fuente: los autores.

Entre estos dos microcontroladores, se efectúa una tarea de comunicación serial sincrónica, puesto que es necesario transmitirle al microcontrolador orientado a DAC's, la información asociada a las dos salidas analógicas del sistema.

Para este proceso de comunicación, se envía información desde el microcontrolador principal hasta el microcontrolador orientado a DAC's, a través de tres líneas unidireccionales (reloj, habilitador y datos). En un primer momento, se habilita la comunicación y luego se van transfiriendo cada uno de los 16 bits (ocho por cada salida analógica que se va a controlar), de forma sincrónica.

El microcontrolador orientado a DAC's (que hace las veces de receptor sincrónico), se encuentra monitoreando constantemente la línea de habilitación hasta detectar un 1 lógico (señal de inicio de comunicación), después va haciendo un proceso de lectura sobre la línea de datos, cada vez que detecta un nivel bajo sobre la línea de reloj (realizando 16 adquisiciones correspondientes a los 16 bits de los dos datos por considerar). De esta forma, se efectúa un proceso de transferencia sincrónica de dos bytes, los cuales van a ser trasladados hacia cada uno de los DAC's. Por último, el sistema vuelve a monitorear la línea de habilitación, a la espera de un nuevo grupo de datos. La Figura 4 presenta un diagrama de flujo del sistema sincrónico de salidas analógicas, visto desde el microcontrolador

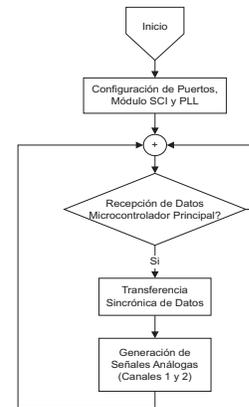


Figura 4. Diagrama de flujo del sistema sincrónico de salidas analógicas. Fuente: los autores.

En cuanto a la señal de reloj, se está utilizando un tren digital de pulsos con una frecuencia de 52,07kHz y un periodo de 19,20µs. Cada uno de los periodos de dicha señal, se encuentra asociado a la transferencia de cada uno de los bits. La Figura 5 muestra el comportamiento de la señal de reloj del sistema sincrónico.

Como se comentó anteriormente, el habilitador del sistema se encuentra presente (en estado 1 lógico) durante el proceso de transferencia sincrónica de los datos. La transferencia de los dos bytes (asociados a las dos salidas analógicas), tiene una duración aproximada de 320µs. La Figura 5 muestra el tiempo en que se encuentra habilitado el sistema sincrónico, y

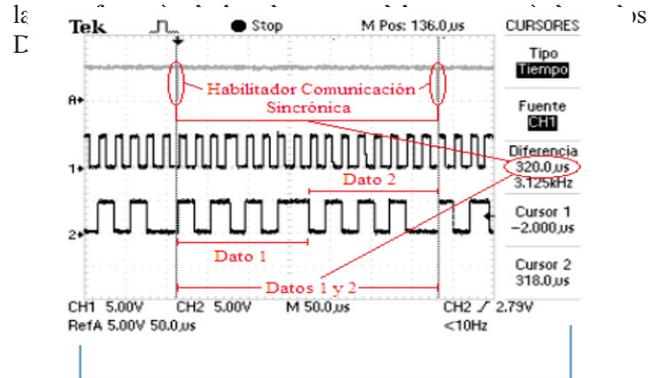


Figura 5. Comunicación sincrónica. Fuente: los autores.

5. MONITOREO LOCAL

Debido a que en ocasiones el monitoreo se lleva a cabo de forma local, es necesario implementar un sistema de visualización que permita tener un conocimiento del estado de las variables sensadas en el lugar donde se está ejecutando el proceso.

Para esta etapa del proyecto, se utiliza una pantalla de cristal líquido (LCD), como la mostrada en la Figura 6, que permite visualizar cualquier carácter alfanumérico, y representar la información de una forma fácil y económica. Esta pantalla LCD es programada por medio del microcontrolador, para mostrar el estado en tiempo real, facilitando así que usuarios



Figura 6. Pantalla de cristal líquido, LCD.
Fuente: hoja técnica LCD Hitachi

6. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA BIDIRECCIONAL

Para ejecutar la etapa de comunicación inalámbrica bidireccional, es necesario emplear dos tramas, una de supervisión, a través de la cual se enviarán las instrucciones u órdenes al proceso, y otra trama de datos, la cual contiene la información obtenida de los sensores. En la siguiente figura se encuentran las tramas con los campos respectivos, cada uno de 1 byte de longitud, para supervisión y datos, respectivamente.



Figura 7. Tramas de comunicación. Fuente: los autores.

Para la obtención del dato correspondiente al campo de detección de errores de la trama, se emplea el método de sumas de comprobación, el cual consiste en sumar todos los datos de la trama y obtener su complemento a 1.

Esta trama de datos será enviada de forma serial por medio del módulo SCI (Serial Communications Interface) del microcontrolador, el cual se configura a la tasa de transmisión deseada, que, para el presente caso, se define en una tasa de 57.600 baudios.

La comunicación serial consiste en el envío de bits de información de manera secuencial, es decir, un bit a la vez, y a una velocidad establecida entre el emisor y el receptor. En un sistema de comunicación serial, el transmisor envía uno a uno los bits de cada dato, por lo que el receptor reorganiza el dato a partir del flujo de bits que está llegando.

Teniendo en cuenta que en algunos procesos puede dificultarse el acceso a las variables por sistemas cableados, se adiciona una comunicación inalámbrica al protocolo serial previamente establecido, empleando los módulos de radio frecuencia 9XCite OEM de MaxStream, Inc. Los cuales son una herramienta útil de fácil uso para trabajos inalámbricos de baja potencia a una frecuencia física de 900MHz. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de dichos módulos.



Figura 8: 9XCite OEM RF module. Fuente: hoja técnica 9XCite OEM de MaxStream.

Estos módulos cuentan con un *software* por medio del cual se configuran los parámetros con los cuales se desea trabajar, como por ejemplo el tamaño de los datos por recibir, la tasa de transmisión, los bits de paridad, entre otros. Además tienen un conector adaptable a diferentes tipos y tamaños de antenas, lo que permite conectar el terminal que más se adecue a las necesidades que el proceso requiera, dependiendo del entorno físico donde se desee implementar.

La comunicación inalámbrica bidireccional es punto multipunto y está compuesta por dos circuitos *transceiver*, es decir, que alternan en la función de transmisor y receptor. Estos, junto con el medio de transmisión que en este caso es el espacio libre, forman los componentes básicos de cualquier sistema de comunicación necesarios para el intercambio de datos entre dos o más puntos.

6.1 Transceiver remoto (equipo)

Está compuesto por la salida del módulo de comunicación serial del microcontrolador, que funcionará como receptor y transmisor, conectada con la entrada del módulo inalámbrico RF. La conexión se presenta en la Figura 9, donde se observa la correspondencia de los pines de cada uno de los dispositivos.

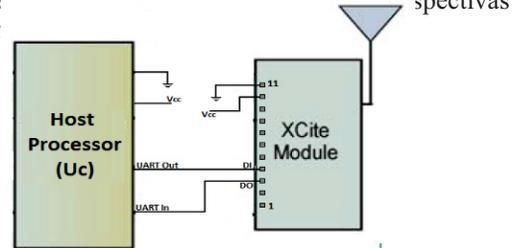


Figura 9: Diagrama de transmisión Fuente: los autores.

6.2. Transceiver local (PC)

Está compuesto por el módulo inalámbrico conectado a la tarjeta de interfaz serial de MaxStream, la cual convierte los niveles TTL a los niveles del protocolo serial RS-232 con un conector DB9, permitiendo su conexión con otro dispositivo que maneje el mismo estándar, como por ejemplo, un computador. En la Figura 10 se muestra el diagrama de recepción conectado a un PC con protocolo serial RS-232.

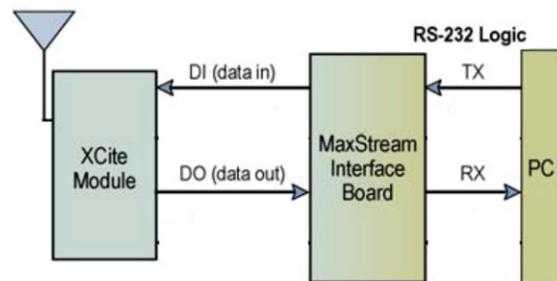


Figura 10: Diagrama de recepción Fuente: los autores.

Con la ayuda de la tarjeta de interfaz serial, se hicieron diversas pruebas con el fin de analizar el comportamiento de los módulos, sometidos a varias condiciones, en que se determinó un alcance de aproximadamente 100 metros con línea de vista. También se realizaron pruebas a diversas velocidades de transmisión. El sistema de comunicación inalámbrica bidireccional punto multipunto completo, se observa en la Figura 11.

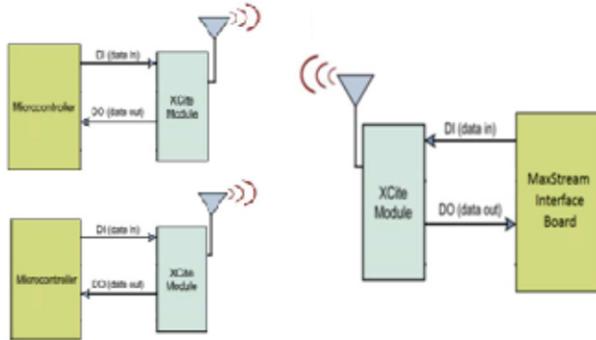


Figura 11: Diagrama de conexión comunicación inalámbrica. Fuente: los autores.

7. CONVERSIÓN DE PROTOCOLO Y ACCESO A LA RED

Hace unos años, la mayoría de equipos y dispositivos contaba con interfaces seriales (RS232, RS485 o RS422), y se empleaban cables dedicados a conectarlos a los PC de control. Aunque la configuración empleando cable serial es sencilla, implica altos costos de instalación y mantenimiento, limitaciones de distancia entre el dispositivo y el PC, y sólo el PC asignado puede ser usado para controlar el dispositivo.

El auge de las redes y el Internet hicieron viable dejar los cableados seriales y conectar todo tipo de dispositivos directamente a la red LAN. Esto permite reducir drásticamente los costos de instalación usando el cableado de red existente, controlar los dispositivos desde cualquier PC de la red y eliminar las limitaciones de distancia impuestas por los cableados seriales dedicados.

La conversión de protocolo serial RS232 a Ethernet se hace mediante el módulo DS100 de Tibbo, mostrado en la Figura 12, el cual es un dispositivo serial que admite conectar cualquier equipo RS-485 hacia redes Ethernet.



Figura 12. Servidor Serial DS100 De Tibbo. Fuente: hoja técnica DS100 De Tibbo.

Este se configura con el *software* Tibbo Server Toolkit. Permite modos *half* dúplex y *full* dúplex, así mismo modos de red servidor, cliente y servidor/cliente, y, por supuesto, la configuración de diferentes tasas de transmisión.

Dentro de las aplicaciones del dispositivo, se encuentran:

- Captura de datos y equipos de seguridad
- Medidores y sensores remotos
- Escáneres de auto-ID
- Paneles electrónicos de mensajes
- Sistemas de captura sin PCs
- Máquinas expendedoras
- Instrumentos de laboratorio
- Centrales telefónicas (PBX)

8. INTERFAZ GRÁFICA DE MONITOREO REMOTO

Para implementar la interfaz gráfica se utiliza el *software* LabVIEW de National Instruments, el cual maneja un entorno de programación gráfica para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control, usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo. LabVIEW ofrece una integración incomparable con miles de dispositivos de *hardware* y brinda gran variedad de bibliotecas o *toolbox* integradas para análisis avanzado y visualización de datos.

Utilizando el módulo de lectura de datos es posible configurar los diferentes parámetros para adquirir la trama enviada al computador. Una vez adquirida esta trama, se efectúa un procesamiento de estos datos, a fin de separar la trama en los cinco o siete *bytes* mencionados anteriormente, de acuerdo con el tipo de trama (de supervisión o de datos respectivamente), realizando el proceso de comparación *byte* a *byte*, seguido de una parametrización de los campos de datos. I de los diagram

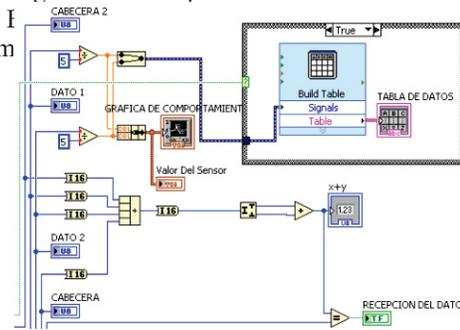


Figura 13 Diagrama de bloques de programación en LabVIEW. Fuente: los autores.

Para ingresar a la interfaz de monitoreo remoto, se solicita un usuario y una contraseña que serán validados, tal como se aprecia en la Figura 14, de esta forma se limita el acceso a la información de los procesos. A cada uno de los parámetros que se desea visualizar, se le adiciona un indicador o



Figura 14. Ingreso a la interfaz gráfica de monitoreo. Fuente: los autores

Debido a que el usuario final necesita de variables que sean conocidas de acuerdo con el tipo de sensor y con un rango de acción adecuado, se lleva a cabo un proceso de parametrización haciendo uso de las herramientas matemáticas que LabVIEW proporciona, de tal forma que la lectura de los datos se haga de forma entendible para personas que no se encuentren directamente vinculadas al proceso que se esté monitoreando.

En la Figura 15 se observan los datos de los sensores parametrizados y medidos en tiempo real. Estos varían de acuerdo con los cambios de las variables, indicando el valor en unidades adecuadas dependiendo del tipo de transductor. En este caso se tienen variables de nivel de un tanque para el proceso 1, y de temperatura, para el proceso 2. Así mismo, se tienen indicadores gráficos de las variables que permiten visualizar

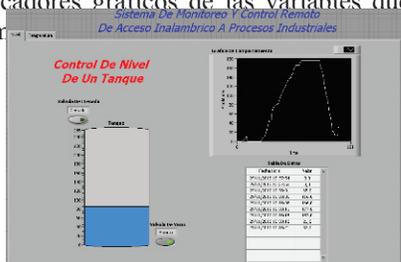


Figura 15. Datos parametrizados. Fuente: los autores.

Debido a que es importante mantener un registro de los datos, en la Figura 16 se tienen dos gráficas de comportamiento, las cuales muestran la conducta y la variación que han tenido las variables sensadas a lo largo del tiempo, mostrado en horas, minutos y segundos, y de esta forma permiten que los operadores tengan una información visual de los cambios del proceso, y de esta forma se puedan tomar los estados anteriores

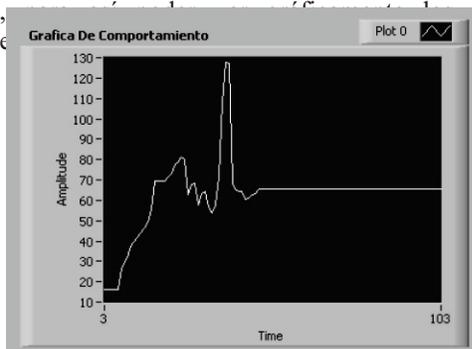


Figura 16. Gráficas de comportamiento en el tiempo.

Así mismo, es importante presentar un registro escrito de las variables, por lo que se presenta una tabla de datos, que es una disposición conjunta y ordenada de los datos almacenados por el sistema, y presenta información de forma detallada, mostrando la fecha y la hora de la medida con un tiempo de almacenamiento predeterminado. Esta tabla permitirá al operador definir, medir, analizar y controlar el comportamiento de las variables medidas. En la Tabla 1 se pueden observar los datos almacenados por el sistema.

Tabla 1. Datos almacenados por el sistema. Fuente: los autores.

Fecha Hora	Valor
29/11/2010 10:38:25	16,0
29/11/2010 10:38:28	44,0
29/11/2010 10:38:31	79,0
29/11/2010 10:38:35	57,5
29/11/2010 10:38:38	62,5
29/11/2010 10:38:42	65,5
29/11/2010 10:38:45	65,5
29/11/2010 10:38:48	65,5
29/11/2010 10:38:52	65,5
29/11/2010 10:38:55	65,5

En la Figura 17 está la interfaz gráfica de monitoreo, donde se pueden apreciar tanto los valores de la trama y los datos, como el valor de las variables sensadas parametrizadas y el registro de su comportamiento en el tiempo, tanto en forma de datos como gráficamente.

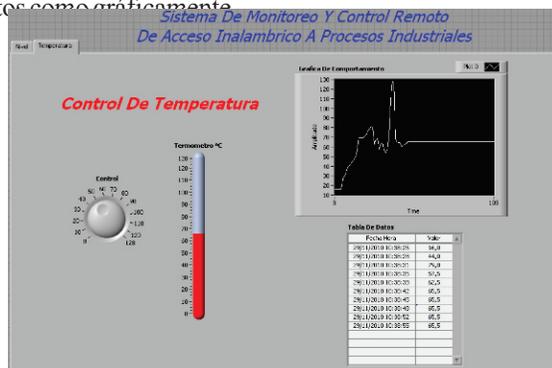


Figura 17. Interfaz gráfica de monitoreo remoto. Fuente: los autores.

9. CONCLUSIONES

Aunque el sistema admite la adquisición de señales provenientes de diferentes tipos de sensores, es fundamental tener en cuenta la escala correspondiente a la magnitud física o química que se está sensando, en cada caso.

La velocidad de transmisión configurada para el módulo de comunicaciones seriales del microcontrolador (SCI), hace imperceptible el tiempo transcurrido entre cada conversión analógica digital, teniendo en cuenta que éstas no se hacen de forma simultánea sino secuencial, de acuerdo con la

El monitoreo local es de gran ayuda en la industria para hacer una revisión continua de la información, en el lugar donde se está ejecutando el proceso. Admite tener un sistema de respaldo en caso de no contar con conexión a una red LAN para utilizar el monitoreo remoto; además, el uso de pantallas LCD permite que el sistema local sea de gran escalabilidad, aparte de representar una solución económica, ya que, mediante programación, muestra gran variedad de información de una forma eficaz y adecuada para los usuarios.

La creación de una trama de datos y un sistema de detección de errores, hace que el envío de información sea confiable y de baja vulnerabilidad a interferencias, lo cual garantiza que por medio de los módulos 9XCite OEM de MaxStream, Inc., configurados adecuadamente, se produzca una correcta transmisión de datos para la recepción y visualización de estos en forma remota.

Dispositivos conversores de protocolo serial a TCP/IP, como el ds100, permiten que exista compatibilidad entre equipos tradicionales, con interfaces seriales, y las nuevas tecnologías de redes, reduciendo drásticamente las limitaciones y costos del cableado convencional, además, facilita el acceso remoto a la información, ya que admite conexión directa a una red LAN e incluso a Internet.

LabVIEW es un revolucionario ambiente de desarrollo gráfico con funciones integradas para la adquisición de datos y para la presentación adecuada de estos, que proporciona una presentación a usuarios en interfaces agradables y de fácil entendimiento.

La creación de registro y almacenamiento de datos en diferentes formas, como las gráficas de comportamiento y tablas de datos, posibilita al usuario la elaboración de un análisis estadístico y la determinación de posibles errores en la ejecución del proceso.

10. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los ingenieros Luis Fredy Sosa Quintero y Fabián Rolando Jiménez, su apoyo en la revisión del documento. Así mismo, a la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás, en cabeza de su decano, José Ricardo Casallas, por su respaldo y formación académica.

11. REFERENCIAS

- Pardo, C., Mateus, T. & Rodríguez, M. (Sep. 15-17, 2010). Remote Monitoring System with Wireless Access to Industrial Processes. En *Memorias del Congreso Internacional ANDESCON IEEE*. Congreso llevado a cabo en Bogotá.
- Tundong, L., Xiaosheng, L. & Jianping, Z. (24-27 Aug. 2010). Design of intelligent elevator remote monitoring system based on Ethernet. *Computer Science and Education (ICCSE), 5th International Conference*.
- Vesga, J. C. (2007). *Microcontroladores motorola-freescale: programación, familias y sus distintas aplicaciones en las industrias*. Bogotá: Alfaomega Colombiana, 384 p.
- Guofang, L. Lidong, C., Yubin, Q., Shengtao, L. & Junyu, X. (25-27 June, 2010). Remote monitoring system of greenhouse environment based on LabVIEW. *Computer Design and Applications (ICCD), 2010 International Conference, 2, V2-89-V2-92*,
- Lázaro, A. M. (1996). *LabVIEW programación gráfica para el control de instrumentación*. Madrid: Paraninfo, 403