

## REMOTE MONITORING AND CONTROL SYSTEM WITH TWO WAY WIRELESS ACCESS TO INDUSTRIAL PROCESSES

### SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL REMOTO CON ACCESO INALÁMBRICO BIDIRECCIONAL A PROCESOS INDUSTRIALES

Ing. Tatiana Mateus Guerra, Esp. Camilo Ernesto Pardo Beainy  
Ing. Manuel Felipe Rodríguez Pérez

Universidad Santo Tomas, Tunja

Facultad de Ingeniería Electrónica, Especialización en Redes de Telecomunicaciones,  
Grupo de Investigación GITELCOM, Tunja, Boyacá Colombia.

Tel.: 57-8-7440404, Fax: 57-8-7440404, Ext. 1050

E-mail: {camilo\_e\_p, tatiana.mateus, manulfelipe.rodriguez}@hotmail.com

**Abstract:** This paper presents an innovative system that allows monitoring and control of industrial processes, starting with the adequacy of sensors and actuators, going through a phase of data acquisition and digital processing by allowing to deploy a wireless two-way communication that process communicates with a remote station, which binds a server device that converts serial data to Ethernet protocol allowing the process to be mounted on any data network, and monitor and perform basic actions via a control interface graphic implemented in the LabView™ software. This system is widely applicable as it allows for scalability and adaptation to any type of need in various environments such as industrial, agricultural, environmental, among others.

**Keywords:** Bidirectional, Monitoring, Industrial Process, Multipoint, Wireless.

**Resumen:** En este artículo se presenta un sistema innovador que permite realizar el monitoreo y control de procesos industriales, empezando por la adecuación de sensores y actuadores, pasando por una etapa de adquisición de datos y realizando un procesamiento digital que permite implementar una comunicación bidireccional inalámbrica, que comunica el proceso con una estación remota, en la cual se adhiere un dispositivo servidor serial que convierte los datos al protocolo Ethernet permitiendo que el proceso pueda ser montado sobre cualquier red de datos, y monitorear y ejercer acciones básicas de control por medio de una interfaz gráfica implementada en el software LabView™. Este sistema es de gran aplicabilidad ya que permite la escalabilidad y adaptación a cualquier tipo de necesidad en diversos entornos como el industrial, agrícola, medioambiental, entre otros.

**Palabras clave:** Bidireccional, Inalámbrico, Monitoreo, Multipunto, Proceso Industrial.

## 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 ésta 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 éstas 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 y control de forma remota desde cualquier lugar del mundo.

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.

## 2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

El Sistema de Monitoreo y Control Remoto con Acceso Inalámbrico Bidireccional a Procesos Industriales se desarrolla de acuerdo con el diagrama esquemático de la Fig. 1.

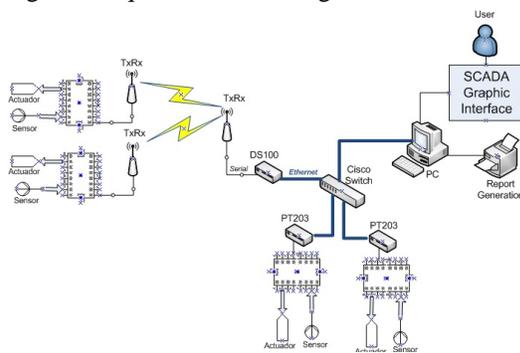


Fig. 1: Diagrama esquemático.

### 2.1 Sensado de Variables Análogas

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 de 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.

### 2.2 Dispositivos actuadores

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una acción como respuesta a una señal u orden. Existen varios tipos de actuadores como hidráulicos, neumáticos y eléctricos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando se necesita potencia, y los neumáticos se emplean para posicionamiento.

Estos actuadores se encuentran asociados a cada uno de los procesos que se están monitoreando con los sensores y permiten generar acciones pertinentes y adecuadas, de acuerdo con los datos obtenidos del proceso.

### 2.3 Adquisición de datos y procesamiento digital

El número de señales análogas a sensar se encuentra limitado por el número de canales del convertor análogo digital empleado, en este caso se empleará un microcontrolador de Motorola 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 realizar la adquisición de los datos y realizar una conversión del dato a digital para facilitar su procesamiento en el microcontrolador.

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

### 2.4 Comunicación inalámbrica bidireccional

Para realizar 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 control, que es bidireccional, 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 control y supervisión, respectivamente.

CABECERA	DIRECCIONES		CODIGO	DETECCION ERRORES	CABECERA
	PC	EQUIPO			

CABECERA	DIRECCIONES		CODIGO	DATO1	DATO 2	DETECCION ERRORES	CABECERA
	PC	EQUIPO					

Fig. 2. Tramas de comunicación

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.

Las tramas de datos serán enviadas de forma serial por medio del módulo SCI (*Serial Communications Interface*) del Microcontrolador, el cual se configura a la tasa de transmisión deseada, en este caso se define 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 que trabaja en la banda de frecuencia de 900MHz. En la Fig. 3, se observa la apariencia física de dichos módulos.



Fig. 3. 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 que trabajen, como por ejemplo el tamaño de los datos a recibir, la tasa de transmisión, bits de paridad, entre otros. Además cuenta con un conector adaptable a diferentes tipos y tamaños de antenas permitiendo así 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.

#### 2.4.1 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 Fig. 4, donde se observa la correspondencia de los pines de cada uno de los dispositivos, datos de entrada, salida, y las respectivas polarizaciones.

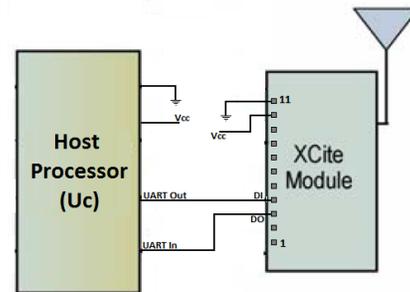


Fig. 4. Diagrama de Transmisión

#### 2.4.1 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 RS232 con un conector DB9, permitiendo su conexión con otro dispositivo que maneje el mismo estándar como por ejemplo un computador. En la Fig. 5, se muestra el diagrama de recepción conectado a un PC con protocolo serial RS232.

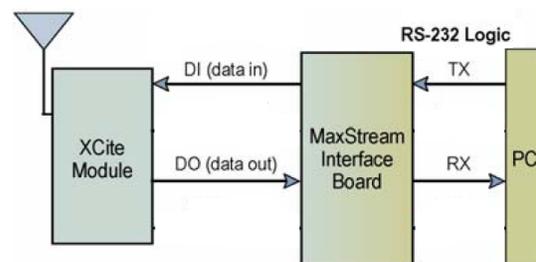


Fig. 5. Diagrama de Recepción

Con la ayuda de la tarjeta de interfaz serial, se realizaron diversas pruebas con el fin de analizar el comportamiento de los módulos, sometidos a varias condiciones, donde se determinó un alcance de aproximadamente 100 metros con línea de vista, también se realizaron pruebas a diversas velocidades de transmisión, y como se veía afectada la potencia de los módulos con varios tipos de antenas. El sistema de comunicación inalámbrica bidireccional punto multipunto completo se observa en la Fig. 6.

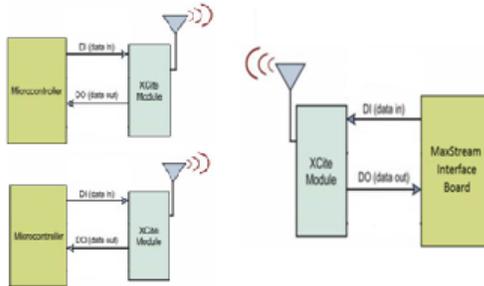


Fig. 6. Diagrama de conexión comunicación inalámbrica

### 2.5 Conversión de protocolo y acceso a la red

Hace unos años la mayoría de equipos y dispositivos contaban con interfaces seriales (RS232, RS485 o RS422). Se empleaban cables dedicados para 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 la Internet hizo viable dejar los cableados seriales y conectar todo tipo de dispositivos directamente a redes de área local LAN. Esto permite reducir drásticamente los costos de instalación usando el cableado de red existente, controlar los dispositivos desde cualquier PC de la red, eliminar las limitaciones de distancia impuestas por los cableados seriales dedicados.

La conversión de protocolo serial RS232 a Ethernet se hace mediante los módulos DS100 de Tibbo y PT203, que son dispositivos Seriales que permite conectar cualquier equipo con puerto Serial RS-232 o RS-485 hacia redes Ethernet 10BaseT.

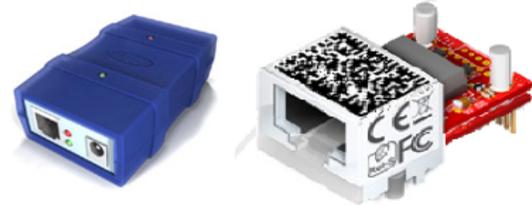


Fig. 7. a. Servidor Serial DS100 De Tibbo.  
b. Módulo PT203

Fuente: Hoja Técnica DS100 De Tibbo y PT203

Éstos se configuran con mediante programas de software. Permiten 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
- 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)

### 2.6 Interfaz gráfica de monitoreo y control 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.

Haciendo uso del módulo de lectura de datos es posible configurar los diferentes parámetros para adquirir la trama enviada al computador; una vez adquirida esta trama se realiza un procesamiento de estos datos, con el fin de separar la trama en los cinco o siete bytes mencionados anteriormente de acuerdo con el tipo de trama, realizando el proceso de comparación byte a byte, seguido de una parametrización de los campos de datos. En la Fig. 8, se puede observar uno de los diagramas de bloques de la programación realizada.

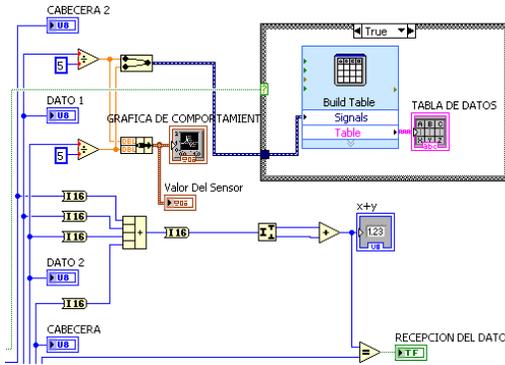


Fig. 8: Diagrama en bloques de programación.

Para ingresar a la interfaz gráfica se solicita un usuario y una contraseña que serán validados, 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 visualizador que se ubica en un campo grafico donde el usuario final podrá ver el comportamiento de las variables industriales y los datos de interés.



Fig. 9. Ingreso a la interfaz gráfica de monitoreo.

Debido a que es importante mantener un registro de los datos en la Fig. 10, se tienen dos graficas de comportamiento, las cuales muestran la conducta y la variación que han tenido las variables sensadas a través del tiempo, mostrado en horas, minutos y segundos, y de esta forma permitir que los operadores tengan una información visual de los cambios del proceso para así poder ver los estados anteriores de la variable gráficamente.

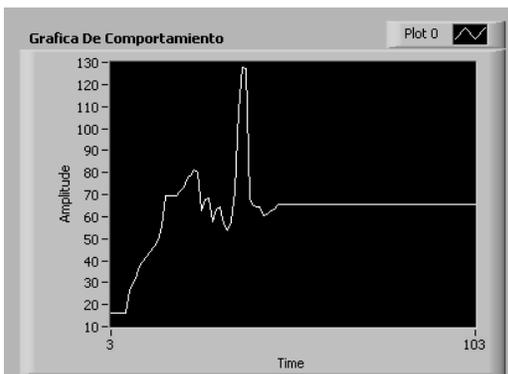


Fig. 10: Gráficas de comportamiento en el tiempo.

Así mismo, es importante presentar un registro escrito de las variables por lo que se presenta una tabla de datos la cual es una disposición conjunta y ordenada de los datos almacenados por el sistema presentando 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.

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 Fig. 11, podemos observar la interfaz gráfica de monitoreo y control, donde se pueden apreciar los mímicos de los sistemas, los controles de estos, además del valor de las variables sensadas parametrizadas y el registro de su comportamiento en el tiempo tanto en forma de datos como gráficamente.

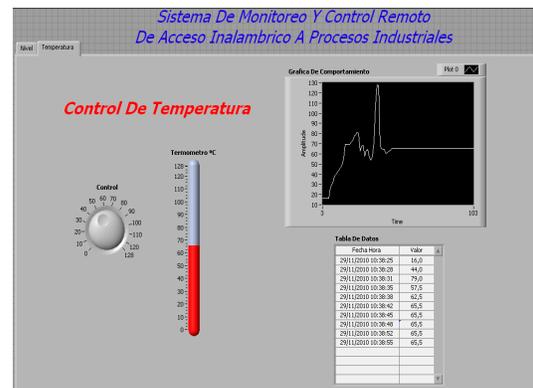


Fig. 11: Interfaz gráfica de monitoreo y control.

Con el sistema de monitoreo y control remoto con acceso inalámbrico bidireccional a procesos industriales, se tendrá una herramienta orientada a grandes, pequeñas o medianas empresas en diversos entornos como el industrial, agrícola,

medioambiental, entre otros, que busca supervisar el estado de variables de instrumentación que se encuentren en diversos procesos, permitiendo 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 variedad de usuarios, para que estos se encarguen de hacer lectura y llevar un registro de las variaciones que afectan el proceso; de igual forma, teniendo la posibilidad de monitorear el proceso vía internet se busca que la persona encargada del proceso tenga la comodidad de realizar su trabajo desde cualquier parte del mundo, evitando así que el trabajador se exponga a factores de riesgo para su salud como cambios climáticos, condiciones atmosféricas, sustancias químicas, y demás.

### 3. CONCLUSIONES

El sistema permite la adquisición de señales provenientes de diferentes tipos de sensores, sin embargo, 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 análoga digital, teniendo en cuenta que éstas no se hacen de forma simultánea sino secuencial, de acuerdo con la estructura del código.

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, garantizando, 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 permite conexión directa a una red LAN e incluso a internet.

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

La creación de registro y almacenamiento de datos en diferentes formas como lo son las gráficas de comportamiento y tablas de datos permiten al usuario realizar un análisis estadístico y poder determinar posibles errores en la ejecución del proceso.

### RECONOCIMIENTOS

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

### REFERENCIAS

- Vesga Ferreira, Juan Carlos. (2007). *Microcontroladores Motorola-Freescale: programación, familias y sus distintas aplicaciones en las industrias*. Bogotá: Alfaomega Colombiana, 384p.
- Comer, Douglas. (1997). *Redes de computadoras, Internet e Interredes*. Bogotá, México: Prentice Hall. 500p.
- Lázaro, Antonio Manuel. (1996). *LabView programación gráfica para el control de instrumentación*. Madrid: Paraninfo. 403p.
- Haykin, Simon. (2000). *Communications Systems*. Cuarta Edición. John Wiley & Sons.
- Stremler, Ferrel G. (1990). *Introduction to Communication Systems*. Tercera Edición. Prentice Hall.
- Tomasi, Wayne. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Cuarta Edición. 935p.