

# COMUNICACIONES EN AMBIENTES INDUSTRIALES

## Recomendaciones para intercomunicación de dispositivos

*John Alexander Cortés Romero\**

*Con base en las características de las diferentes redes existentes en ambientes industriales, de carácter propietario o abierto, se pretende en este artículo dar algunas recomendaciones para la selección de las redes de intercomunicación de diferentes dispositivos, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada alternativa. La selección final de la red por implementar debe hacerse después de evaluar todos los parámetros técnicos que se consideran criterios de selección de la red.*

*Algunas de las conclusiones que se presentan, fueron tomadas del Seminario de Comunicaciones Industriales organizado por el departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia y el proyecto curricular de Tecnología en Electricidad de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas realizado del 26 al 29 de mayo de 1998, con la participación de representantes de las empresas SIEMENS, ROCKWELL AUTOMATION, GEFANUC, KLOCKNER MOELLER, GRUPO SCHNEIDER, HONEYWELL, entre otras.*

### Criterios de selección de una red local

A la hora de abordar el estudio sobre la conveniencia o no de instalar una red LAN deben ser evaluados un conjunto de parámetros que ayudarán a tomar las decisiones más adecuadas.

En principio, una red local no es un elemento en el cual se genere información propiamente dicha; su objetivo es únicamente la gestión de transferencia de la información generada en los procesos y elementos de computación. Por esto es necesario determinar previamente las necesidades reales de transferencia de información, para así optar por la instalación de la(s) red(es) que dé solución al problema planteado.

Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional de Colombia. Aspirante a título de Magíster en Automatización Industrial en la Universidad Nacional. Docente de tiempo completo ocasional adscrito al proyecto curricular de Tecnología en Electricidad de la Universidad Distrital.

### Parámetros Prioritarios

Los parámetros **prioritarios** a tener en cuenta en la elección de una red son los siguientes:

- **Tiempo de respuesta:** Las distintas redes que pueden elegirse ofrecen características diversas en cuanto al uso del medio de transmisión. Cada una establece unas condiciones concretas con respecto a la rapidez de la respuesta, luego es necesario conocer a priori los requerimientos de tiempo de los distintos dispositivos conectados a la red.
- **Volumen de datos a transferir:** Es el volumen de información que se prevee que la red deberá transferir entre dispositivos. La importancia de la determinación de la cantidad de datos a transmitir se debe analizar desde dos puntos de vista: el volumen medio de datos a transmitir y el valor máximo esperado en sobrecarga. Este parámetro puede ser determinante en la decisión de configurar el sistema con base en una única red o en

un conjunto de ellas. Además, condicionará el número de nodos conectables a cada subred, de manera que el volumen de datos se encuentre repartido adecuadamente.

- **Priorización:** El control de procesos industriales es un conjunto de funciones agrupadas en módulos que se interconectan por medio de una red de co-

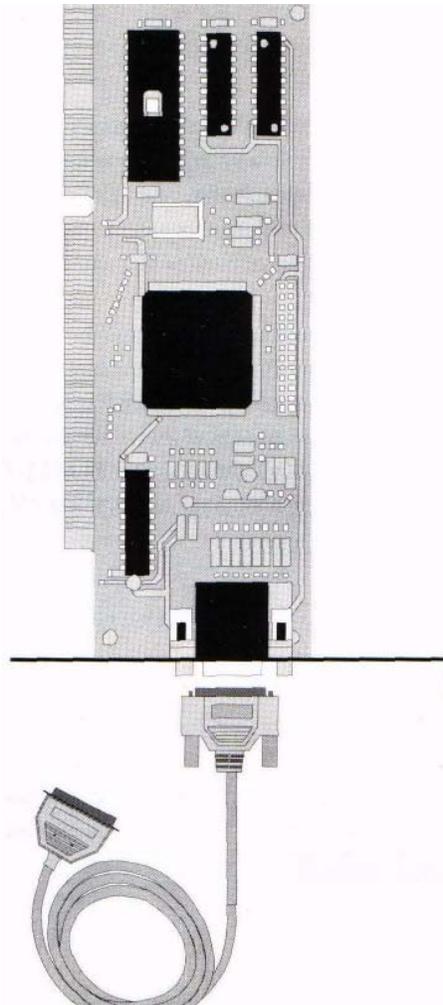
#### Número de servicios a soportar:

En muchas instalaciones de redes locales, sobre todo en entornos industriales, se hace conveniente aprovechar el medio de comunicación usado en la transmisión de datos para otros usos complementarios, como pueden ser la transmisión de señales de video, comunicaciones telefónicas, alarmas, etc. En este caso, elegir una red de banda ancha permite la concentración de todas las comunicaciones en un único medio. Esto puede suponer en muchos casos la disminución del costo real de la instalación del cableado.

- **Distancias:** Por la propia concepción de las redes locales, éstas poseen ciertas limitaciones en cuanto a la distancia máxima de conexión entre los nodos de la red. De ahí que sea importante conocer con detalle las separaciones máximas que deberán ser cubiertas para interconectar las distintas estaciones.

#### Parámetros Secundarios

Los parámetros que se consideran **secundarios**, es decir, de menor incidencia en las decisiones sobre la selección y planificación de la red son los siguientes:



**Privacidad y control de acceso:** Es necesario garantizar que sólo usuarios autorizados puedan tener acceso a determinados datos y recursos. Por esto se debe disponer de mecanismos que permitan determinar qué, quiénes y cuándo pueden acceder a qué información. Dado que el software de aplicación es el encargado de supervisar y gestionar el acceso a todos los recursos, este parámetro tiene poca incidencia en la determinación de la topología y métodos de acceso de la red.

- **Tipos de estaciones:** La naturaleza de las estaciones que van a ser interconectadas impone otra condición en el momento de elegir la configuración y modos de comunicación dentro de la red.
- **Acceso a otras redes:** También debe ser prevista la posibilidad de comunicación con otras redes de área local, o área extendida. Las distintas marcas ofrecen, casi siempre, dispositivos adecuados conocidos como *gateways*<sup>1</sup>, para realizar estas conexiones.
- **Flexibilidad de Direcciónamiento:** Cuando las estructuras resultantes son de gran complejidad, la flexibilidad en la asignación de direcciones será un punto a tener en cuenta.

#### Redes locales en entornos industriales

Establecer comunicación entre un amplio rango de dispositivos inteligentes es de gran importancia en las industrias automatizadas actuales. En la medida que los procesos de producción se tornan más complejos, los dispositivos necesitan compartir más información, además de requerir un control en tiempo real.

<sup>1</sup> *Utigateuy* es una unidad que ejecuta direccionamiento y conversión de protocolos para permitir que estaciones diferentes se comuniquen.

En este momento la tendencia en la automatización de procesos es el control distribuido; la automatización descentralizada. Un control centralizado muy complejo puede ser descompuesto en partes pequeñas más sencillas, capturando así la información local inmediatamente. También se logra una mayor confiabilidad del sistema total, puesto que la avería de una subcentral no afecta el funcionamiento de las otras partes del sistema. Una estructura de control descentralizado exige además un medio de comunicación potente y amplio, resultando de manera casi ideal un sistema de bus; por esto la mayoría de redes en esta área poseen esta topología.

## Descripción General

El control de procesos industriales es un conjunto de funciones agrupadas en módulos que se interconectan por medio de una red de comunicaciones. Las necesidades de mejor desempeño, flexibilidad, seguridad y recuperación de errores han impulsado el desarrollo de los sistemas automatizados de control de procesos.

Estos sistemas se organizan en forma jerárquica; las funciones de tiempo crítico ocupan los niveles inferiores y las funciones complejas, pero no críticas en tiempo, se ubican en los niveles superiores.

El control directo lo efectúa el primer nivel; en los niveles superiores se manejan aplicaciones encargadas de la secuencia y optimización de las operaciones. Las funciones de control generalmente residen en un computador comunicado con un sistema distribuido, de tal forma que los datos están siempre disponibles para los programas de aplicación que entonces dependan del proceso controlado.

Dada la descentralización de la estructura de los sistemas de control, ahora se utilizan sistemas distribuidos interconectados a través de buses, conformando las redes de área local. Los beneficios del control directo se alcanzarán entonces sin las desventajas del control centralizado. Debido a que la comunicación se efectúa por buses y no por los cables multiconductores tradicionales, se aprovechan ventajas económicas y de diseño sencillo, obteniéndose sistemas más confiables,

flexibles y fáciles de mantener.

*Una estructura de control descentralizado exige además un medio de comunicación potente y amplio, resultando de manera casi ideal un sistema de bus; por eso la mayoría de redes en esta área poseen esta topología.*

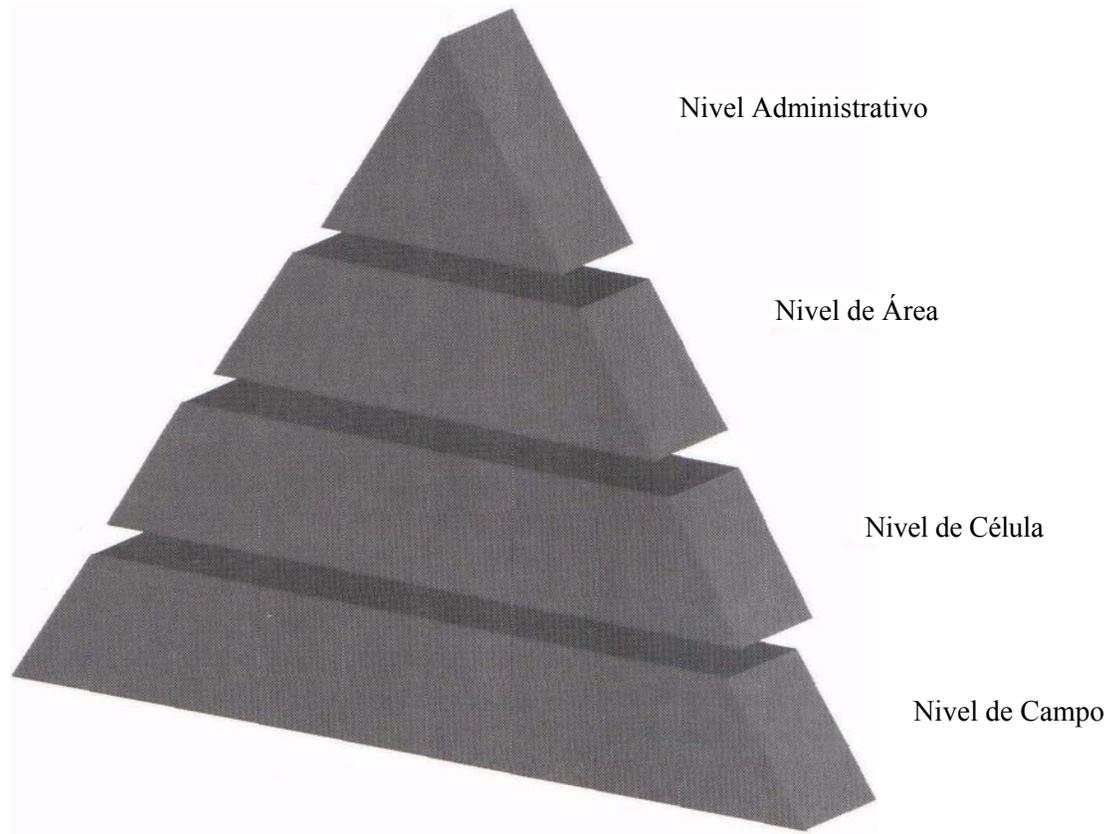
Todas las funciones de control se asocian con uno o más módulos, agrupados en estructuras físicas llamadas nodos, los cuales son enlazados por un sistema de comunicación

a través del bus. Se constituye así una red de área local que debe satisfacer requerimientos básicos como la ejecución de tareas en tiempo real, multitarea, comunicación entre tareas, confiabilidad, seguridad y alta disponibilidad.

## Jerarquía de las redes de comunicación en la industria

A medida que se aumenta la integración de los sistemas de producción, personas de diversas disciplinas participan en la administración, diseño y producción de los artículos fabricados. Cada una de estos individuos tiene una noción diferente acerca de lo que son las comunicaciones. En la Figura 1 se ve la disposición jerárquica de las redes de comunicación en la industria; se muestra un modelo piramidal con cuatro niveles principales: *Administrativo, Área, Célula y Campo*, y se ilustran las diferencias notables en cuanto a tecnologías empleadas, patrones de tráfico y aplicaciones en las redes de comunicación industrial.

- **Nivel Administrativo:** Las necesidades de comunicación de una organización están soportadas por las comunicaciones de nivel administrativo, la cual permite las funciones de procesamiento típicas de las empresas: procesamiento de datos, entrada de órdenes, cobranzas, administración de las garantías, etc. En este nivel se emplean diversidad de tecnologías que incluyen redes públicas de transmisión de datos.



*Figura N° 1. Pirámide de Jerarquización Industrial*

El tráfico de datos que se maneja a este nivel es generalmente de transferencia de grandes cantidades de información (archivos) entre computadores grandes, con la ejecución adicional de algunas transacciones de teleproceso. Por lo tanto, el volumen de datos es alto pero los tiempos de respuesta requeridos no son tan críticos, ya que los retardos producidos por la intervención humana son de por sí grandes, medidos a escala de la comunicación electrónica. Además, las posibles demoras en las respuestas de los recursos comunes no representan una disminución real en el rendimiento de las personas que los utilizan. Por todo esto el tipo de redes locales que se consideran más adecuadas para estas labores son las de acceso por contienda, por ejemplo el CSMA/CD<sup>2</sup>.

• **Nivel de Área (Planta):** La comunicación en este nivel debe soportar las actividades de supervisión y monitoreo que se requieren para in-

tegrar diversas áreas funcionales, dentro de una fábrica o de un conglomerado de edificios cercanos. Las aplicaciones típicas incluyen programación de obra, manejo de materiales, etc y; la tecnología que se emplea es la de las áreas locales, dentro de las cuales las redes Ethernet son las más empleadas, debido al tiempo que estas llevan empleándose y los resultados alcanzados.

La red de área local de este nivel debe proveer los servicios con tiempo de respuesta uniforme, bajo cargas de red altamente variables.

2 CSMA/CD (Carrier Sense Múltiple Acces/Collision Detection): Acceso múltiple con captación de portadora y detección de errores. Para mayor detalle de este método de control de acceso remitirse a Norma IEER 802.3.

En una planta de manufactura, la mayor parte del tráfico proviene de la comunicación con equipos de control, tales como controladores programables, máquinas de control numérico y vehículos guiados.

• **Nivel de Célula (Piso):** Este es el nivel al cual los controladores de equipos están inter-conectados. Las funciones típicas son aquellas de operación de las máquinas herramientas de control numérico. Existe gran variedad de redes a este nivel, con una característica en común: el tráfico es primordialmente intercambio de pequeños mensajes de control y sincronización entre controladores de equipos, con transferencia ocasional de archivos.

Las tareas que se ejecutan a este nivel comienzan con la distribución, por parte del controlador central, de las tareas de cada máquina. Esta distribución es dinámica, ya que se requiere un cambio de los programas de trabajo, de datos y parámetros de control de cada máquina, procedimiento que debe hacerse de la manera más rápida posible para asegurar la operación óptima y continua de la planta. Los tiempos de respuesta de las redes a este nivel han de estar perfectamente determinados para que puedan dar un servicio

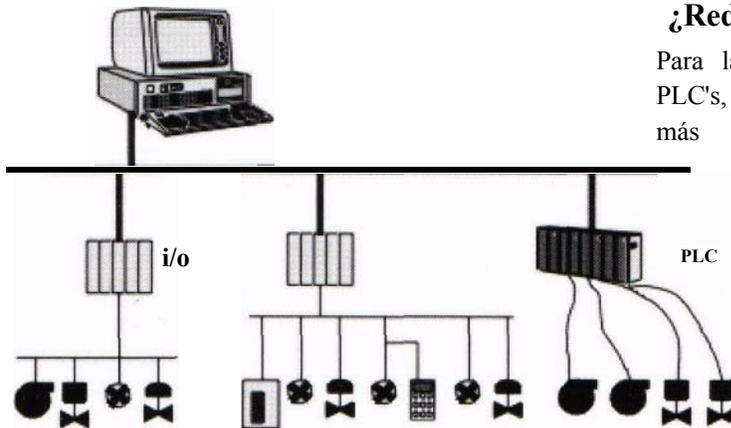


Figura N° 2 Nivel de campo

adecuado en los procesos de comunicación entre las distintas máquinas interconectadas.

Las soluciones a este nivel se basan en la interconexión de máquinas herramientas de control numérico a su

controlador a través de enlaces seriales (RS 232C, RS 422 y RS 485), y son sistemas específicos para cada máquina.

• **Nivel de Campo (terreno):** Las aplicaciones a este nivel son la interconexión de sensores, actuadores y elementos de despliegue a sus equipos controladores (por lo que este nivel también es conocido como *sensor/actuador*), los cuales son típicamente controladores lógicos programables PLC's o estaciones de operador como deja ver la Figura 2. Estos sensores, actuadores, etc., incluyen equipos tales como:

Indicadores de estado de conectores Actuadores on / off para bombas, fuentes de potencia, lámparas, etc. «

Sensores de procesos, transmisores o transductores para la medida de parámetros físicos tales como temperatura, flujo, presión, los cuales presentan valores análogos Contadores y totalizadores

Equipos inteligentes, como los controladores de motores y los monitores de flujo térmico.

### ¿Red abierta o red propietario?

Para la intercomunicación de diferentes marcas de PLC's, las redes propietario definitivamente no son las más aconsejables,

fabricantes de PLC's<sup>3</sup>.

3 A menos que haya algún tipo de convenio entre fabricantes de estos dispositivos.

La restricción que rodea esta información se justifica en razones de carácter económico; así el fabricante de la red se asegura que su comprador se vea obligado a la red aprovecha el hecho de que un usuario que ya la tenga instalada, le resulta muy costoso cambiarse a otra que le ofrezca mejores alternativas de interconexión.

De esta forma, para la intercomunicación de PLC's de diferentes marcas sobre la misma red, lo más aconsejable es implementar las redes de tipo abierto. El gran auge que ha tenido la implementación de redes de este tipo entre los usuarios, es el hecho que está obligando a los diferentes fabricantes de PLC's a ofrecer en sus dispositivos una interfase extra que les permita conectarse a redes tipo abierto (generalmente Modbus), con el ánimo no solo de mantenerse en el mercado sino de ampliarlo.

El futuro usuario de una red debe analizar exactamente que es lo que requiere, pues una solución no normalizada (red propietario) puede ser la adecuada cuando se compra por primera vez un equipo informático y lo que busca es una solución

anteriormente, ***intercomunicación de diferentes marcas de PLC 's, las redes propietario definitivamente no son las más aconsejables, puesto que la comunicación entre dispositivos de diferentes fabricantes sobre la misma red es muy complicada***

que puedan presentar futuras ampliaciones.

La implementación de una

posibilidad de expandirse en un futuro.

Cabe anotar además que su implementación es decisión de los propios usuarios y vendedores, y no, responsabilidad de los organismos que las desarrollaron.

## Ventajas de las redes abiertas

Las ventajas más importantes que ofrece la implementación de redes abiertas se pueden resumir así:

- Independencia de los fabricantes, en el sentido de que si los productos están normalizados serán compatibles entre sí y en todo momento el usuario podrá evaluar las diferentes ofertas.
- Garantía de soporte a un conjunto de servicios bien conocidos, empleando métodos y técnicas adecuadamente probadas.
- Facilidad de expansión, permitiendo añadir en un futuro nuevos equipos (del mismo o diferente fabricante) y nuevos protocolos a la configuración existente.

Existen muchas redes abiertas para ambientes industriales. Las redes Modbus, Modbus-Plus, Profibus y MAP son las que mayor aceptación han tenido por parte de los diferentes fabricantes de PLC's que hay en nuestro país. Con base en estas redes es que se pretende hacer algunas recomendaciones.

## Recomendaciones para la selección de la red

La red Modbus es la red más conocida en la actualidad a nivel industrial, debido en parte a que es la más antigua en el mercado (1979); la mayoría de fabricantes de PLC's ofrecen como alternativa de comunicación a su red propietario una interfase que permite la comunicación de estos dispositivos con una red Modbus. Esta es la razón principal por la cual se recomienda en este momento esta red para la intercomunicación de PLC's de diferentes fabricantes a nivel de célula (de hecho, es la red abierta más implementada en el país a este nivel). Además, es fácil de implementar y muy económica. Sus principales desventajas están en la velocidad de transmisión (limitada a 19.2 Kbits/s) y en el método de control de acceso empleado (maestro-esclavo); por estas características se espera que la red Modbus en poco tiem-

po vaya a quedar desplazada por mejores opciones que en Colombia están tomando gran fuerza, como son las redes Modbus-Plus y Profibus (fieldbus).

La red Modbus-Plus ofrece tres importantes ventajas respecto a la red Modbus: velocidad de transmisión de 1 Mbit/s, un protocolo punto-a-punto que permite a cualquier nodo sobre la red iniciar transacciones con cualquier otro, y el método de control de acceso token-bus (paso de testigo), el cual permite un acceso democrático y determinístico de los nodos al medio. Además su instalación y mantenimiento son simples y fáciles. Para la comunicación de PLC's al nivel de

célula esta red es más recomendable que la red Modbus, aunque también tenga desventajas; la principal es que en este momento no está siendo ofrecida por igual número de fabricantes que la Modbus. Sin embargo ya la ofrecen como alternativa importantes fabricantes de PLC's en Colombia como Telemecanique, AEG, GE Fanuc y Mitsubishi.

Si las necesidades de comunicación se orientan principalmente al nivel-de campo, la tecnología fieldbus sería la más recomendada, puesto que a este nivel provee las siguientes ventajas:

Tipo de dispositivo	Fabricante
Cromatografía de gases	<i>Daniels, Applied Automation, ABB</i>
Medición de potencia	<i>Multilin, Power Mesurement, Britonics, Sprecher+Shuh</i>
Sistemas DCS <sup>4</sup>	<i>Foxboro, Hononeytuell, Rosemount, Westinghouse, Fisher&amp;Porter, Fisher Controls</i>
Instrumentos de nivel de tanque	<i>Rosemount HTG, Gugging Systems, Enraf, Sarasota, Saab, Varec, Endress+Hauser</i>
Sistemas de valor	<i>Keystone Controls, Umitorque, Pakscan Eurotherm</i>
Controladores de lazo simple	<i>Eurotherm, Micon, Toshiba</i>
Computadores y transmisores de flujo	<i>OMNI, Daniels MicroMotion, Eliot</i>
PLCs	<i>GE, Sqttare-D, Siemens, Westinghouse, Modicom</i>
RTUs <sup>5</sup>	<i>Arcom, Automation Electronics, Westronics.</i>
Variadores de velocidad	<i>Al/en-Brad/ey, Telemecanique/ Square-D, Siemens, Toshiba, Magnetek, Safronics</i>

Tabla 1. Dispositivos y fabricantes que usan el protocolo ModBus<sup>6</sup>

- **Nuevas funciones:** para evaluar la información adicional recibida desde el nivel de campo. De este se habilita la información necesaria para ser intercambiada entre el campo y el centro de

4 DCS : Sistemas de control distribuido. Sistemas de control de procesos a gran escala, caracterizado por la distribución de subsistemas de control para manejo de procesos industriales complejos.  
 5 RTU : Unidad terminal remota. Dispositivo industrial de adquisición de datos similar a un PLC, utilizado para transmitir datos a un sistema servidor por medio de una red de telemetría.  
 6 Tomado de Catalogo de Instrumentación 1998. National Instruments.

control. Un microprocesador basado en un dispositivo de campo puede, por ejemplo, llevar a cabo un diagnóstico continuo y automático de los equipos de automatización y los procedimientos de la maquinaria. La información puede ser interpretada identificando las necesidades de una actividad de mantenimiento preventivo.

- **Dispositivos de campo inteligentes:** El fieldbus puede aumentar la velocidad de los nuevos dispositivos de campo, tales como los transductores multiparámetros o dispositivos combinados de control y medida; la comunicación con fieldbus permite disponer del sistema de control para aprovechar las capacidades de esos dispositivos. Por ejemplo, los transductores o actuadores podrán funcionar linealmente, se podrán corregir cálculos de conversión de unidades, y realizar interrupciones de funciones.
- **Control de funciones en ciclo cerrado en dispositivos de campo:** El fieldbus habilita los dispositivos de campo para que estos puedan comunicarse entre sí, por lo tanto las funciones de control de ciclo cerrado pueden ser transferidas desde el controlador programable central hasta el campo; esto permite, por ejemplo, que sea más práctico ejecutar el algoritmo de control necesario para cada actuador en el actuador mismo.
- **Menor espacio requerido en el centro de control:** Puesto que varios dispositivos de campo se pueden conectar a una misma línea fieldbus, se pueden economizar distribuciones de "boards" o tarjetas y módulos de I/O, comparados con conexiones convencionales punto a punto. Esto también reduce el número de barreras en plantas que de producción que requieren de seguridad intrínseca. Por lo tanto, se obtiene un ahorro considerable de espacio en el centro de control.
- **Enormes beneficios para el usuario:** Los sistemas de automatización basados en el bus de campo ayudan al usuario a reducir costos e incrementar la productividad. Esas ventajas se hacen evidentes en cada etapa del ciclo de vida de un sistema de automatización, por ejemplo, se puede ob-

tener una simplificación en la etapa de planeación de la planta, al disminuir el número de módulos de I/O y el cableado necesarios; en la etapa de instalación se reducen los componentes de hardware y se puede operar con una menor cantidad de trabajo en el arranque. En la etapa de operación se tiene una vista más completa sobre su funcionamiento, y en caso de una falla se tiene control inmediato sobre la misma; esto ocasiona una reducción considerable en los "tiempos muertos" y por lo tanto aumenta la rentabilidad. Por último, con el fieldbus se tienen nuevos métodos de diagnóstico para la programación de actividades de mantenimiento preventivo, ya que aparte de indicar los dispositivos que fallan, se puede tener información, por ejemplo, del número de ciclos realizados en las válvulas, el estado de los sensores y los posibles escapes.

- **Flexibilidad y economía para la expansión y cambio de productos:** Los sistemas de automatización basados en fieldbus son flexibles y económicos para su expansión o modificación. En casos de expansión los nuevos dispositivos pueden ser conectados al bus de campo existente sin necesidad de adicionar módulos al sistema; los cambios necesarios en los parámetros y funciones del nuevo dispositivo se pueden realizar desde el centro de control a través del bus, lo cual facilita la implementación del control y el cambio de productos a un costo mínimo. Las conexiones análogas o digitales a lo largo del bus no presentan problemas en la operación, lo que permite que las plantas puedan ser extendidas sin dificultad. Cualquier expansión futura de la planta de nuevas áreas de fieldbus serán más flexibles porque los nuevos dispositivos y sistemas no requieren un driver o dispositivo de una marca específica.

Dentro de las aplicaciones más conocidas del fieldbus se puede recomendar el Profibus, porque esta red ofrece las mismas ventajas mencionadas. La red Profibus aventaja a los dos redes anteriores en el sentido de que ésta da la posibilidad de transmitir a velocidades hasta de 12 Mbps, lo cual permite que se pueda emplear tanto a nivel de célula como a nivel de campo, y

que además se pueda usar en diferentes ambientes industriales, al dar la opción de trabajar con fibra óptica. En este momento los fabricantes de PLC's en Colombia que ofrecen esta red son Siemens y Klockner-Moeller. Acerca de esta red es importante mencionar que existen organizaciones internacionales de usuarios de Profibus: la PNO en Europa (desde 1987) y la PTO en US (desde 1993); ellas son organizaciones de usuarios, fabricantes, consultores y compañías de ingeniería relacionadas con la comunicaciones en ambientes industriales, con el único fin de hacer de Profibus la red de comunicaciones a nivel industrial más implementada a nivel mundial. Por este hecho se puede recomendar para los futuros usuarios de redes industriales a nivel de célula y de campo.

## Conclusiones

La implementación de una red abierta es una vía que garantiza la compatibilidad de diferentes dispositivos y la posibilidad de expandirse en un futuro.

En este momento en Colombia la red abierta Modbus es la más implementada y la mayoría de fabricantes de PLC's la ofrecen como alternativa de comunicación a su red propietario.

Para la implementación de las nuevas redes en el futuro inmediato se espera que la tendencia sea adoptar Profibus para la intercomunicación de dispositivos al nivel de campo y/o de célula, aunque a este último nivel también se puede considerar la posibilidad de emplear Modbus Plus.

## Bibliografía

AEG SCHNEIDER AUTO-MATION. Modicom Modbus Plus System Description. Germany: AEG Schneider Automation Inc. 1995.

ALLEN BRADLEY. Descripción de productos automatización, Redes de control e información. 1990.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS (NEW YORK), An American National Standar, IEEE Standar for Local Área Network : Supplements to Carrier Sense Múltiple Acces whit Colusión Detect (CSMA/CD), Acces Method and Physical Layer Specifications. New York, September 1987.

INTECH. Fieldbus-technology review, part 2. Vol 43, Num 6, pp. 26-27. USA: ISA services Inc. June. 1996.

MARTIN, James. Local Área Network, architecture and implementations. Grupo Noriega Editores. México 1992.

NATIONAL INSTRUMENT. Instrumentación reference and catalogue 1998.

SIEMENS. SINEC: Redes de comunicación industriales. Catalogo IK 10-1996. Publicación del grupo de automatización, división sistemas de comunicación Sinec, Siemens 1996.

***La implementación  
de una red abierta  
es una vía que  
garantiza la  
compatibilidad de  
diferentes  
dispositivos y  
la posibilidad  
de expandirse  
en un futuro***