

# Buses de campo y protocolos en redes industriales<sup>\*1</sup>

## [Fieldbus and protocols in industrial networks]

CÉSAR AUGUSTO SALAZAR SERNA<sup>2</sup>  
LUIS CARLOS CORREA ORTIZ<sup>3</sup>

RECIBO: 16.05.2011 - AJUSTE: 07.06.2011 - AJUSTE: 03.10.2011 - APROBACIÓN: 10.12.2011

### Resumen

*El presente artículo describe el funcionamiento de las redes industriales, sus componentes y principales protocolos. Inicialmente se muestra la pirámide CIM, que explica un orden jerárquico de comunicación por medio de los buses de campo y los elementos (sensores, actuadores, PLC) que componen una red industrial; a continuación se expone la introducción de Ethernet que ha tenido un grande impacto en la industria. Por último, se presenta una aplicación de un sistema SCADA, donde se identifican las ventajas que ofrecen las redes industriales y como pueden ser integradas con las redes de datos prestándoles muchos beneficios a las compañías. La finalidad de este artículo es exponer la temática de las redes industriales como un espacio propicio para la investigación.*

**Palabras clave:** Bus de campo, CIM, Ethernet, OSI, SCADA.

\* Modelo para citación de este artículo de reflexión

SALAZAR SERNA César Augusto y CORREA ORTIZ, Luis Carlos (2011). Buses de campo y Protocolos en redes industriales. En: Ventana Informática. No. 25 (jul. – dic., 2011). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 83-109. ISSN: 0123-9678

- 1 Artículo proveniente del trabajo presentado por el primer autor, como opción de grado de la Especialización en Telecomunicaciones, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales, bajo la asesoría del segundo.
- 2 Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones; Especialista en Telecomunicaciones. Analista de Sistemas, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá (Colombia). Correo electrónico: cesaraugustosalazar@hotmail.com
- 3 Ingeniero Electrónico; MSc en Educación y Desarrollo Humano. Docente, Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Manizales. Manizales (Colombia). Correo electrónico: lcco@umanizales.edu.co

## Abstract

*This paper describes the industrial networks operation, its main components and protocols. Initially CIM pyramid shown, that explains a hierarchical communication order through field buses and elements (sensors, actuators PLC) that component an industrial network; below introduces Ethernet, a huge impact in industry. Finally, an application of a SCADA is presented; identifying the main advantages of industrial networks and how can be integrated with other networks, bringing many benefits to companies. The purpose of this paper is present the industrial networks as a future research subject.*

**Keywords:** *CIM, Ethernet, Fieldbus, OSI, SCADA.*

## Introducción

Las comunicaciones industriales son aquellas que permiten el flujo de información del controlador<sup>4</sup>a los diferentes dispositivos a lo largo del proceso de producción: detectores, actuadores, sensores entre otros. Dada la gran variedad de sistemas de comunicación entre equipos industriales, de los cuales la mayoría son cerrados, se ha optado por el desarrollo de un entorno que permita tanto la implementación de protocolos de especificaciones conocidas en un sistema de comunicación completo, desde el medio físico hasta el nivel más alto de red, siguiendo un paralelismo; con el conocido modelo CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). En la industria este concepto corresponde a una estructura piramidal jerarquizada, produciéndose en la cúspide decisiones de política empresarial. En la base lo que se pretende es que las denominadas islas de automatización (autómatas programables, máquinas de control numérico, robots) se integren en un sistema de control jerarquizado y distribuido que permita la conversión de decisiones de política empresarial; en operaciones de control de bajo nivel.

Una de las principales tendencias en el entorno industrial actual es la migración hacia sistemas automatizados abiertos y totalmente especializados. Sin duda alguna, uno de los principales factores que ha impulsado esta creciente tendencia ha sido la introducción de Ethernet en el entorno industrial.

Ethernet ha tenido un profundo impacto en la industria debido a sus capacidades para control de planta y datos de oficina, aportando a los

<sup>4</sup> Dispositivo con una salida que cambia, de una manera específica, para regular una variable de control.

fabricantes una gran cantidad de ventajas que incluyen una integración más fácil entre los sistemas de planta y de administración (desde el operario a los gestores y clientes), y la posibilidad de utilizar una sola infraestructura de red para distintas funciones proporcionando la integración completa del sistema productivo.

## 1. Pirámide CIM

En una red industrial las comunicaciones se agrupan jerárquicamente en función de la información; cada subsistema debe tener comunicación directa con los subsistemas del mismo nivel y los niveles superior e inferior. Así aparecen cinco niveles (Figura 1) representados por medio de la pirámide CIM (Rodríguez, 2007).

### 1.1 Nivel 0: nivel de proceso o de instrumentación

Está formado por elementos de medida (sensores) y mando (actuadores tales como motores, válvulas calentadores) distribuidos en una línea de producción. Son los elementos más directamente relacionados con el proceso productivo ya que los actuadores son los encargados de ejecutar las órdenes de los elementos de control para modificar el proceso productivo, como característica los sensores y actuadores suelen ser dispositivos que necesitan ser controlados por otros elementos.

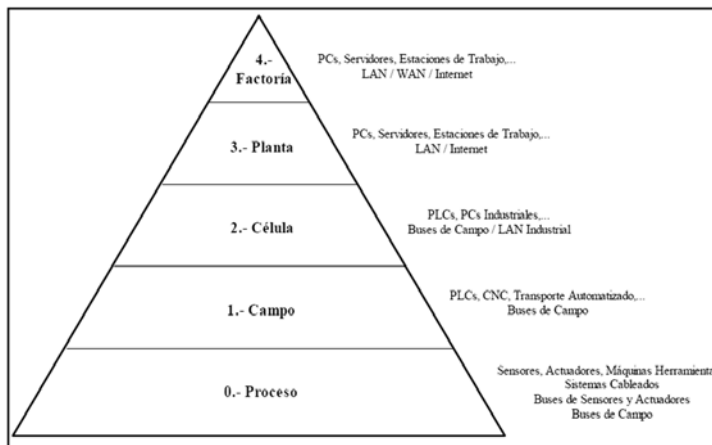


Figura 1. Pirámide CIM (Rodríguez, 2007)

### 1.2 Nivel 1: nivel de campo

En este nivel se sitúan los elementos de mando y control capaces de gestionar sensores y actuadores de nivel 0 como PLC de gama media y baja, sistemas de control numérico, transporte automatizado, equi-

pos basados en microprocesadores como robots, tarjetas de control, proporcionando información de actuación al nivel 0 y de estado al nivel 2. Los dispositivos de este nivel junto con el inferior poseen entidad suficiente para realizar trabajos productivos por si mismos, poseyendo unas buenas características de interconexión con el nivel superior generalmente a través de buses de campo.

### **1.3 Nivel 2: nivel de célula**

Este nivel emite órdenes de ejecución al nivel 1y recibe situaciones de estado de dicho nivel, igualmente recibe los programas de producción y mantenimiento del nivel 3 realimentando dicho nivel con las incidencias ocurridas en la planta de producción. Las tareas generadas en el nivel superior de área o de fábrica se descomponen en un conjunto de operaciones más sencillas que se trasladan de forma sincronizada hacia los procesos de nivel inferior (almacenamiento y transporte fabricación ensamblado control de calidad).

### **1.4 Nivel 3: nivel de planta**

En este nivel se encuentran los dispositivos de control existentes en la planta; que son posible monitorearlos si existe un sistema capaz de comunicar estos elementos el cual está constituido por computadores o sistemas de visualización como pantallas industriales, visualizándose como se está llevando el proceso de la planta, por medio de entornos SCADA (Supervisión Control y Adquisición de Datos), donde se muestran las posibles alarmas, fallos o alteraciones en cualquiera de los procesos que se llevan a cabo.

### **1.5 Nivel 4: nivel de fábrica**

En este nivel se gestiona la producción completa de la empresa. Se encarga de comunicar distintas plantas, mantener relaciones con los proveedores y clientes, se emplean PC, estaciones de trabajo y servidores, el volumen de información intercambiada es muy alto y los tiempos de respuesta no son críticos.

El flujo de información existente en la pirámide debe ser: vertical, que incluye las órdenes enviadas por el nivel superior al inferior (descendente) y los informes sobre la ejecución de las órdenes recibidas (ascendente); y horizontal, en el cual debe existir un intercambio entre entidades del mismo nivel.

## **2. Buses de campo**

A finales de los '80 y sobre todo en los '90 aparecen en el mercado nuevas opciones de comunicación: los buses de campo. Un bus de

campo es un sistema de transmisión de información por un sólo cable de comunicación que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en el proceso de producción.

Debido a la falta de estándares, las compañías han desarrollado varias soluciones cada una de ellas con diferentes prestaciones y campos de aplicación. Se tiene una clasificación en los siguientes grupos:

- Buses de alta velocidad y baja funcionalidad. Están diseñados para integrar dispositivos simples como finales de carrera, fotocélulas, relés y actuadores simples, funcionando en aplicaciones de tiempo real, y agrupados en una pequeña zona de la planta, típicamente una máquina. Básicamente comprenden las capas física y de enlace del modelo OSI<sup>5</sup>, es decir, señales físicas y patrones de bits de las tramas.
- Buses de alta velocidad y funcionalidad media. Se basan en el diseño de una capa de enlace para el envío eficiente de bloques de datos de tamaño medio. Estos mensajes permiten que el dispositivo tenga mayor funcionalidad de modo que permite incluir aspectos como la configuración, calibración o programación del dispositivo. Son buses capaces de controlar dispositivos de campo complejos, de forma eficiente y a bajo costo. Normalmente incluyen la especificación completa de la capa de aplicación, lo que significa que se dispone de funciones utilizables desde programas basados en PC para acceder, cambiar y controlar los diversos dispositivos que constituyen el sistema. Algunos incluyen funciones estándar para distintos tipos de dispositivos perfiles que facilitan la interoperabilidad de dispositivos de distintos fabricantes.
- Buses de altas prestaciones. Son capaces de soportar comunicaciones a nivel de todos los niveles de la producción CIM. Aunque se basan en buses de alta velocidad, algunos presentan problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exigen. La capa de aplicación tiene un gran número de servicios a la capa de usuario, habitualmente un subconjunto del estándar MMS<sup>6</sup>. Entre sus características incluyen:

5 OSI: Norma universal para protocolos de comunicación lanzado en 1984, propuesta por ISO y que divide las tareas de la red en siete niveles.

6 MMS (*Manufacturing Message Specification*) define un protocolo de nivel de aplicación del modelo de referencia OSI (ISO/IEC 9506-1 y 9506-2).

- Redes multimaestro<sup>7</sup> con redundancia.
- Comunicación maestro-esclavo según el esquema pregunta-respuesta.
- Recuperación de datos desde el esclavo<sup>8</sup> con un límite máximo de tiempo
- Capacidad de direccionamiento *unicast*, *multicast* y *broadcast*.
- Petición de servicios a los esclavos basada en eventos.
- Comunicación de variables y bloques de datos orientada a objetos.
- Descarga y ejecución remota de programas.
- Altos niveles de seguridad de la red, opcionalmente con procedimientos de autenticación.
- Conjunto completo de funciones de administración de la red.

En la Tabla 1 se presentan las características propias de los buses de campo, así como sus ventajas con respecto a los otros sistemas

Tabla 1. Características y ventaja de los buses (infoPLC.net, 2007)

Servicios que debe proporcionar	Ventajas respecto a otros sistemas de comunicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respuesta rápida a mensajes cortos.</li> <li>• Alta fiabilidad del método de señalización y del medio.</li> <li>• Una red mantenible y ampliable por el personal de la planta.</li> <li>• Una red que pueda ser conectada al sistema de comunicaciones principal de la empresa.</li> <li>• Conectividad a diferentes componentes de distintas marcas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del cableado.</li> <li>• Mayor precisión.</li> <li>• Diagnóstico de los instrumentos de campo.</li> <li>• Transmisión digital.</li> <li>• Calibración remota.</li> <li>• Mecanismos fiables de certificación.</li> <li>• Reducción del ciclo de puesta en marcha de un sistema.</li> <li>• Operación en tiempo real.</li> </ul>

## 2.1 Algunos buses estandarizados

Las redes de campo son una tecnología para la aplicación en entornos industriales, y son de reciente desarrollo. En la Figura 2 se sintetiza la evolución de las tecnologías de automatización industrial y las redes de campo.

**2.1.1 Interbus.** Protocolo propietario, inicialmente, de la empresa *Phoenix Contact GmbH*, aunque posteriormente ha sido abierta su especificación, normalizado bajo DIN 19258, norma europea EN 50 254.

7 Maestro: dispositivo que determina la temporización y la dirección del tráfico de datos en el bus.

8 Esclavo: Cualquier dispositivo conectado al bus incapaz de generar pulsos de reloj. Reciben señales de comando y de reloj proveniente del dispositivo maestro.

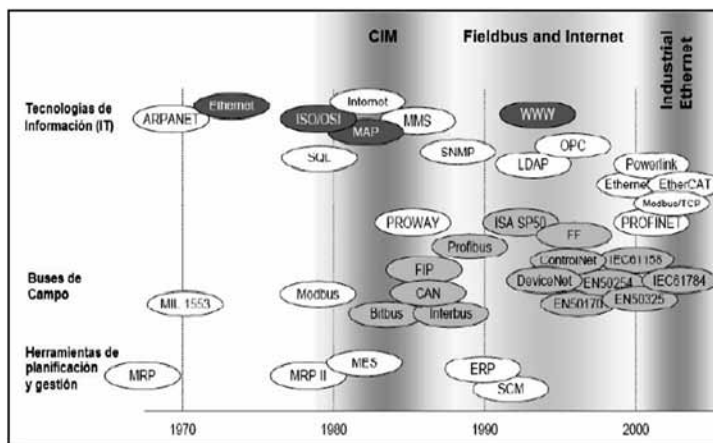


Figura 2. Evolución de los buses de campo (Muñoz, 2007)

Se basa en un esquema maestro esclavo, el maestro del bus actúa simultáneamente como interfaz con los niveles superiores de la jerarquía de comunicaciones. La topología es anillo, es decir, todos los dispositivos forman un camino cerrado, el anillo principal es el que parte del maestro aunque pueden formarse otros anillos para adaptarse a la estructura particular de cada sistema. Una característica de interbuses que las líneas de envío y recepción de datos están contenidas dentro de un mismo cable que une todos los dispositivos, típicamente la capa física se basa en el estándar RS-485 debido a la estructura de anillo ya que es necesario transportar la masa de las señales lógicas. Interbus requiere un cable de cinco hilos para interconectar dos estaciones con velocidades de transmisión de 500Kbps, que pueden alcanzar distancias hasta 400 m entre dispositivos.

La estructura en anillo ofrece dos ventajas: la primera es que permite el envío y recepción simultánea de datos *-full duplex-*, en segundo lugar la capacidad de auto diagnóstico del sistema se ve mejorada ya que la conexión de cada nodo a la red es activa. Interbus permite la detección de errores preventiva, por medio de una evaluación estadística de calidad de las transmisiones, la determinación de la frecuencia de los errores de transmisión permite prever la aparición de fallo de un componente de la red

**2.1.2 Profibus FieldBus.** De acuerdo con Profibus Profinet (2010), se desarrolló bajo un proyecto financiado por el gobierno alemán y se encuentra normalizado en Alemania por DIN E 19245 y en Europa por EN 50170. El desarrollo y posterior comercialización ha contado con el apoyo de importantes fabricantes como ABB, AEG,

*Siemens, Klöckner-Moeller.* Está controlado por la PNO (*Profibus User Organization*) y la PTO (*Profibus Trade Organization*). Existen tres versiones de *Profibus*, cada una de ellas especializada para un campo de comunicación:

- *Profibus-DP (Decentralized Periphery)*. Optimizado para aplicaciones de velocidad y bajo costo, orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLC) o terminales.
- *Profibus-PA (Process Automation)*. Está diseñado para el control de proceso y cumple normas especiales de seguridad en ambientes peligrosos y con riesgo de explosión como la industria química (IEC 11158-2, seguridad intrínseca), su velocidad es de 31,25 Kbps y es aplicable a una distancia de 1,9 Km.
- *Profibus-FMS (Fieldbus Message Specification)*. Es la solución para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización, la evolución de *Profibus* hacia la utilización de protocolos TCP/IP para enlace al nivel de proceso hace que este perfil esté perdiendo importancia. Brinda una alta velocidad de 9,6 Kbps a 1500 Kbps sobre distancias superiores a 100 Km.

*Profibus* utiliza diferentes capas físicas, la más importante, en *Profibus-DP*, la cual está basada en EIA RS-485<sup>9</sup>. *Profibus-PA* utiliza la norma IEC 11158-2 (norma de comunicación síncrona entre sensores de campo que utiliza modulación sobre la propia línea de alimentación de los dispositivos y puede utilizar los antiguos cableados de instrumentación 4-20 mA) y para el nivel de proceso se tiende a la utilización de Ethernet. También se contempla la utilización de enlaces de fibra óptica. Existen puentes para enlace entre diferentes medios, además de *gateways* que permiten el enlace entre perfiles y con otros protocolos. La figura 3 ilustra las características de *Profibus*.

Se distingue entre dispositivos maestros y dispositivos esclavo: El acceso al medio entre maestros se arbitra por paso de testigo, el acceso a los esclavos desde un maestro es un proceso de interrogación cíclico (*polling*). Se pueden configurar sistemas multimaestro o sistemas más simples maestro-esclavo. En *Profibus-DP* se diferencia entre: maestro clase 1 (estaciones de monitorización y diagnóstico), maestro clase 2 (elementos centralizadores de información como PLC, PC, entre otros) y esclavo (sensores, actuadores).

9 RS485 o EIA-485 Estándar de comunicaciones multipunto de la EIA. Es una especificación eléctrica (de la capa física en el modelo OSI) de las conexiones *half-duplex*, *two-wire* y *multipoint*.



El transporte en *Profibus-DP* se realiza por medio de tramas según IEC 870-5-1. La comunicación se realiza por medio de datagramas en modo *broadcast* o *multicast*. Se utiliza comunicación serie asíncrona por lo que es utilizable una UART genérica. *Profibus-DP* prescinde de los niveles OSI 3 a 6 y la capa de aplicación ofrece una amplia gama de servicios de diagnóstico, seguridad, protecciones etc. Es una capa de aplicación relativamente compleja debido a la necesidad de mantener la integridad en el proceso de paso de testigo (uno y sólo un testigo).

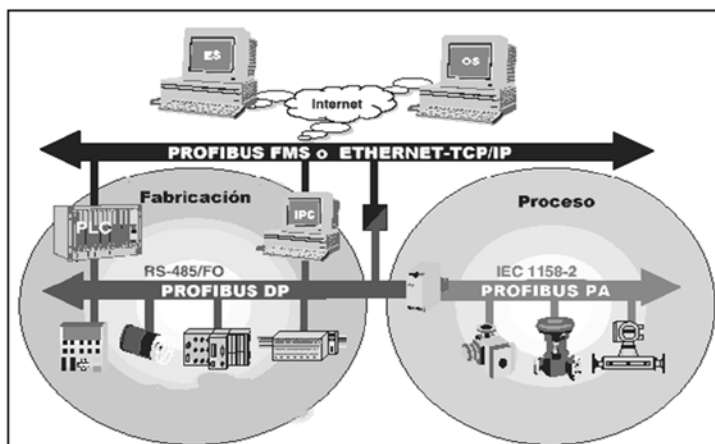


Figura 3 .Profibus (Profibus Trade Organization, 1999)

*Profibus-FMS* es una compleja capa de aplicación que permite la gestión distribuida de procesos al nivel de relación entre células dan posibilidad de acceso a objetos, ejecución remota de procesos, etc. Los dispositivos de definen como dispositivos de campo virtuales, cada uno incluye un diccionario de objetos que enumera los objetos de comunicación. Los servicios disponibles son un subconjunto de los definidos en MMS (ISO 9506).

Las plataformas hardware utilizadas para soportar *Profibus* se basan en microprocesadores de 16 bits más procesadores de comunicaciones especializados o circuitos ASIC como el LSPM2 de *Siemens*. Entre sus perspectivas de futuro se encuentra la integración sobre la base de redes Ethernet al nivel de planta y la utilización de conceptos de tiempo real y filosofía productor-consumidor en la comunicación entre dispositivos de campo con repetidores y fibra óptica). La velocidad de comunicación puede ir de 9600 bps a 12 Mbps, utilizando mensajes de hasta 244 bytes de datos. *Profibus* se ha difundido ampliamente en

Europa y también tiene un mercado importante en América y Asia. El conjunto *Profibus-DP - Profibus-PA* cubre la automatización de plantas de proceso discontinuo y proceso continuo cubriendo normas de seguridad intrínseca.

**2.1.3 Control Area Network, CAN.** Este sistema desarrollado por Bosch (1986) para el uso dentro de los automóviles reduciendo la cantidad de hilos conductores, actualmente se usa como bus multimaestro para conectar dispositivos inteligentes de todo tipo y está estandarizado como ISO 11898-1, el cual solo define el protocolo hasta la capa 2. Sobre CAN se han desarrollado otros protocolos como *DeviceNet* y *CANOpen*. Las velocidades de transmisión van de 50 Kbps (distancia 1 m), a 1 Mbps (distancia 40 m) con un volumen de información de 64 bits de datos de usuario.

**2.1.4 CANOpen.** Bus de campo basado en CAN, resultado de un proyecto de investigación financiado por la Comunidad Europea y se está extendiendo de forma importante entre fabricantes de maquinaria e integradores de célula de proceso. Está soportado por la organización CiA (*CAN in Automation*), organización de fabricantes y usuarios de CAN que también apoya *DeviceNet*, SDS, etc.

**2.1.5 DeviceNet.** Bus basado en CAN, cuya capa física y capa de enlace se basan en ISO 11898, y en la especificación de Bosh<sup>10</sup> 2.0. *DeviceNet*, que define una de las más sofisticadas capas de aplicaciones industriales sobre bus CAN, fue desarrollado por Allen-Bradley en 1994, posteriormente pasó a ser una especificación abierta soportada en la ODVA (*Open DeviceNet Vendor Association*). Cualquier fabricante puede asociarse a esta organización y obtener especificaciones, homologar productos. Es posible la conexión de hasta 64 nodos con velocidades de 125 Kbps a 500 Kbps en distancias de 100 a 500 m, utiliza una definición basada en orientación a objetos para modelar los servicios de comunicación y el comportamiento externo de los nodos. Define mensajes y conexiones para funcionamiento maestro-esclavo, interrogación cíclica, *strobing* o lanzamiento de interrogación general de dispositivos, mensajes espontáneos de cambio de estado, comunicación uno-uno, modelo productor-consumidor, carga y descarga de bloques de datos y ficheros, etc.

**2.1.6 Fieldbus.** Un bus orientado sobre todo a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo, asegura (Foundation Fieldbus, 2006). Su desarrollo ha sido apoyado por importantes fabricantes de instrumentación (*Fisher-Rosemount, Foxboro*). En la actualidad, existe una asociación de fabricantes que utilizan este bus, que gestiona el

10 Empresa alemana creada por Robert Bosch, desarrolladora del bus de campo CAN.

esfuerzo normalizador, la *Fieldbus Foundation*. Normalizado como ISA SP50, IEC-ISO 61158 (ISA es la asociación internacional de fabricantes de dispositivos de instrumentación de proceso).

En la capa física –nivel H1- sigue la norma IEC 11158-2 para comunicación a 31,25 Kbps, es por tanto, compatible con *Profibus-PA*, su principal contendiente. Presta especial atención a las versiones que cumplen normas de seguridad intrínseca para industrias de proceso en ambientes combustibles o explosivos. Se soporta sobre par trenzado y es posible la reutilización de los antiguos cableados de instrumentación analógica 4-20 mA. Se utiliza comunicación síncrona con codificación Manchester Bifase-L. El nivel H2 (dos) está basado en *Ethernet* de alta velocidad (100 Mbps) y orientado al nivel de control de la red industrial.

La capa de aplicación utiliza un protocolo sofisticado, orientado a objetos con múltiples formatos de mensaje, distingue entre dispositivos con capacidad de arbitración (*Link Master*) y normales. En cada momento un solo *Link Master* arbitra el bus, puede ser sustituido por otro en caso de fallo utiliza diversos mensajes para gestionar comunicación por paso de testigo, comunicación cliente-servidor, modelo productor-consumidor, etc. Existen servicios para configuración, gestión de diccionario de objetos en nodos, acceso a variables, eventos, carga descarga de ficheros y aplicaciones, ejecución de aplicaciones, etc.

**2.1.7 FIP – World-FIP.** Desarrollado en Francia a finales de los ochenta y normalizado por EN 50170, que también cubre *Profibus*. Sus capas física y de aplicación son análogas a las de *Foundation Fieldbus H1* y *Profibus-PA* respectivamente. La división Norteamérica de *World-FIP* se unió a mediados de los noventa a la *Fieldbus Foundation* en el esfuerzo por la normalización de un bus industrial común. Utiliza un modelo productor-consumidor con gestión de variables cíclicas, eventos y mensajes genéricos.

**2.1.8 Lonworks.** La empresa Echelon, localizada en California, fue fundada en 1988 y comercializa el bus de campo *LonWorks* basado en el protocolo *LonTalk* y soportado sobre el *NeuronChip*. Alrededor de estas marcas ha construido toda una estructura de productos y servicios, hábilmente comercializados, dirigidos al mercado del control distribuido en domótica, edificios inteligentes y control industrial. Asegura que varios miles de empresas trabajan con *LonWorks*, que cientos de empresas comercializan productos basados en su bus y que se han instalado millones de nodos.

El protocolo *LonTalk* cubre todas las capas OSI y se soporta en hardware y firmware sobre el *NeuronChip*. Se trata de un microcontrolador que incluye el controlador de comunicaciones y toda una capa de *firmware*

que, además de implementar el protocolo, ofrece una serie de servicios que permiten el desarrollo de aplicaciones en el lenguaje *Neuron C*, una variante de ANSI C. Motorola y Toshiba fabrican el *NeuronChip*, además *Echelon* ofrece la posibilidad de abrir la implementación de *LonWorks* a otros prosadores.

La red *Lonworks* ofrece una variada selección de medios físicos y topologías de red, par trenzado en bus, anillo y topología libre, fibra óptica, radio, transmisión sobre red eléctrica. El soporte más usual es par trenzado a 38 o 78 Kbps. Se ofrece una amplia gama de servicios de red que permiten la construcción de extensas arquitecturas con multitud de nodos, dominios y grupos, típicas de grandes edificios inteligentes. El método de comparación de medio es acceso CSMA<sup>11</sup> predictivo e incluye servicios de prioridad de mensajes.

**2.1.9 Smart Distributed System, SDS.** Junto con *DeviceNet* y *CANOpen*, es uno de los buses de campo basados en CAN más extendidos. Fue desarrollado por el fabricante de sensores industriales *Honeywell* en 1989 y se ha utilizado sobre todo en aplicaciones de sistemas de almacenamiento, empaquetado y clasificación automática. Se define una capa física que incluye alimentación de dispositivos en las conexiones. La capa de aplicación define autodiagnóstico de nodos, comunicación por eventos y prioridades de alta velocidad.

**2.1.10 Modbus.** En su definición inicial *Modbus* era una especificación de tramas, mensajes y funciones utilizadas para la comunicación con los PLC *Modicon*. Puede implementarse sobre cualquier línea de comunicación serie y permite la comunicación por medio de tramas binarias o ASCII con un proceso interrogación-respuesta simple. Debido a que fue incluido en los PLC de la firma *Modicon* en 1979, ha resultado un estándar de facto para el enlace serie entre dispositivos industriales. En la actualidad, *Modbus* es soportado por el grupo de automatización *Schneider* (*Telemecanique, Modicon*), la velocidad de transmisión con este protocolo generalmente es de 38.4 Kbps, 9,6Kbps y 19,2 Kbps; y soporta 32 nodos sin repetidores y 64 nodos con repetidores.

**2.1.11 Industrial Ethernet.** La norma IEEE 802.3 basada en la *Ethernet* de Xerox se ha convertido en el método más extendido para interconexión de computadores personales en redes de proceso de datos. En la actualidad, se vive una auténtica revolución en cuanto a su desplazamiento hacia las redes industriales. Es indudable esa penetración de diversos buses de campo establecidos como *Profibus* y *Modbus* han adoptado *Ethernet* como la red apropiada para los niveles superiores.

11 CSMA (*Carrier Sense Multiple Access* o Acceso Múltiple por Detección de Portadora). Es un protocolo de red para poder compartir un canal.

En todo caso, se buscan soluciones a los principales inconvenientes de Ethernet como soporte para comunicaciones industriales: Primero, el intrínseco indeterminismo de *Ethernet* se aborda por medio de topologías basadas en conmutadores, y segundo, en todo caso esas opciones no son gratuitas, se han de aplicar normas especiales para conectores, blindajes, rangos de temperatura lo que se traduce en que la tarjeta adaptadora *Ethernet* empieza a encarecerse cuando se la dota de robustez para un entorno industrial.

Parece difícil que *Ethernet* tenga futuro a nivel de sensor, aunque puede aplicarse en nodos que engloban conexiones múltiples de entrada-salida. *Ethernet* está ocupando un área importante entre las opciones para redes industriales, pero parece aventurado afirmar, como se ha llegado a hacer, que pueda llegar a penetrar en los niveles bajos de la pirámide CIM, como lo afirman Kashel y Pinto (2002)

**2.1.12 Actuator Sensor Interface, ASI.** Es un bus de campo desarrollado inicialmente por Siemens para la interconexión de actuadores y sensores binarios. Actualmente está recogido por el estándar IEC TG 17B. A nivel físico la red puede adoptar cualquier tipo de topología<sup>12</sup>: estructura en bus, en árbol, en estrella o en anillo. Permite la interconexión de un máximo de 31 esclavos, la longitud máxima de cada segmento es de 100 metros entre cada nodo y su velocidad de transmisión es de 167 Kbps. Además dispone de repetidores que permiten la unión de hasta tres segmentos, y de puentes hacia redes *Profibus*. Como medio físico de transmisión, emplea un único cable que permite tanto la transmisión de datos como la alimentación de los dispositivos conectados a la red. Su diseño evita errores de polaridad al conectar nuevos dispositivos a la red. La incorporación o eliminación de elementos de la red no requiere la modificación del cable.

El cable consta de dos hilos sin apantallamiento para lograr inmunidad al ruido, la transmisión se hace basándose en una codificación Manchester, cada esclavo dispone de hasta cuatro entradas/salidas, lo que hace que la red pueda controlar hasta 124 E/S digitales. La comunicación sigue un esquema maestro-esclavo, en la cual el maestro interroga a las estaciones enviándoles mensajes (llamados telegramas) de 14 bits y el esclavo responde con un mensaje de siete bits. La duración de cada ciclo pregunta respuesta es de 150  $\mu$ s. En cada ciclo de comunicación se deben consultar todos los esclavos, añadiendo dos ciclos extras para operaciones de administración del bus (detección de fallos). El resultado es un tiempo de ciclo máximo de -5 ms.

---

<sup>12</sup> Formas físicas de integrar y distribuir una red de computadores. La topología a usar está directamente relacionada con el tamaño de la red (número de PC), tamaño de la empresa o laboratorio.

**2.1.13 Bitbus.** Introducido por Intel a principios de los 80, es un bus maestro-esclavo soportado sobre RS485 y normalizado en IEEE-1118. Debido a su sencillez ha sido adoptado en redes de pequeños fabricantes o integradores. En su capa de aplicación se contempla la gestión de tareas distribuidas, es decir es, en cierto modo, un sistema multitarea distribuido. Existe una organización europea de soporte denominada *Bitbus European User's Group*.

**2.1.14 ARCNet.** Originalmente desarrollada como red para proceso de datos en los años 70 *ARCNet* ha encontrado aplicación en el mundo industrial. Su técnica de paso de testigo hace que sea predecible, determinista y robusta. Está normalizada como ANSI/ATA 878.1. La velocidad de comunicación es de 2,5 Mbps con paquetes del 0 a 512 bytes, soporta topología en bus y estrella y diversos medios físicos (cable coaxial, par trenzado, fibra óptica). Es una red muy apropiada para un nivel intermedio en la jerarquía CIM, algunos fabricantes proponen como jerarquía ideal para control industrial una basada en Ethernet en el nivel superior *ARCNet* intermedio y CAN al nivel de celda de fabricación.

**2.1.15 Controlnet.** Bus de alta velocidad (5 Mbps) y distancia (hasta 5 Km), muy seguro y robusto promovido por Allen-Bradley. Utiliza cable RG6/U (utilizado en televisión por cable) y se basa en un controlador ASIC de Rockwell. No es soportado por muchos fabricantes y resulta de elevado precio por nodo. Se ha utilizado para interconexión de redes de PLC y computadores industriales en aplicaciones de alta velocidad y ambientes muy críticos.

**2.1.16 Hart.** Es un protocolo para bus de campo soportado por la *Hart Communication Foundation* y la *Fieldbus Foundation*. Su campo de aplicación básico es la comunicación digital sobre las líneas analógicas clásicas de los sistemas de instrumentación, manteniendo éstas en servicio. Sus prestaciones como bus de campo son reducidas.

Utiliza el bus analógico estándar 4-20 mA sobre el que transmite una señal digital modulada en frecuencia (modulación FSK 1200-2200 Hz). Transmite a 1,2Kbps manteniendo compatibilidad con la aplicación analógica inicial y sobre distancias de hasta 3 Km, normalmente funciona en modo maestro-esclavo.

En la Tabla 2 se presentan una comparación entre algunos buses y protocolos mencionados anteriormente.

**Tabla 2. Comparación de características entre algunos buses (Construida a partir de AIE 2011)**

Nombre	Topología	Soporte	Máximo Dispositivo	Ratetrans bps	Distancia Max Km	Comunicación
Profibus DP	línea, estrella, anillo	Par trenzado, Fibra óptica	127/segm	hasta 1.5M y 12M	0.1segm 24fibra	Master/Slave, Peer to peer
Profibus PA	línea, estrella, anillo	Par trenzado, Fibra óptica	14400/ segm	31.5K	0.1segm 24fibra	Master/Slave, Peer to peer
Profibus-FMS		Par trenzado, Fibra óptica	127/segm	500K		Master/Slave, Peer to peer
Foundation Fieldbus	estrella	Par trenzado, Fibra óptica	240p/segm 32.768 sist	100M	0.1par 2fibra	Single/multi master
LonWorks	Bus, anillo, estrella, lazo	Par trenzado, Fibra óptica, coaxial radio	32768/dom	500K	2	Master/Slave, Peer to peer
Interbus	Segmenta-do	Par trenzado, Fibra óptica	256/nodos	500K	400/segm 12.8 total	Master/Slave
DeviceNet	Troncal/ puntualc/ bifurcación	Par trenzado, Fibra óptica	2018 nodos	500K	0.5 6c/repetid	Master/Slave, Multi-master, Peer to peer
ASI	bus, estrella, anillo, estrella	Par trenzado, Fibra óptica	31 p/res	167K	0.1, 0.3 c/rep 24fibra	Master/Slave
Modbus	línea, estrella, árbol, red con segmentos	Par trenzado, Coaxial, radio	1250 p/ segm	1.2 a 115.2K	0.35	Master/Slave
Ethernet industrial	bus, estrella, malla, cadena	Coaxial, Par trenzado, Fibra óptica	400p/segm	10, 100M	0.1 100 mono c/switch	Master/Slave Peer to peer
Hart		Par trenzado	15 p/segm	1.2K	0.1segm 24fibra	Master/Slave

### 3. Ethernet industrial

Ethernet es un estándar que especifica la construcción y funciones de redes abiertas para transmisión de datos accesibles según el proceso CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) ampliamente utilizado en el ambiente de oficinas. Debido a la creciente necesidad de comunicaciones en el medio de la industria muchos fabricantes han respondido al llamado y han propuesto una plataforma

ampliamente probada, que con algunas modificaciones se ha ajustado a las necesidades de la industria. La tabla 3 muestra una comparación entre las redes industriales y las de oficina. La utilización de esta tecnología en el nivel de planta permite la simplificación y agrupación de redes existentes, y reduce los costos de instalación mantenimiento y entrenamiento. Los equipos para *Ethernet* industrial están diseñados para operar en ambientes de planta cumpliendo o excediendo las comunicaciones de los equipos que interconectan tales como PLC, HMI y robots, entre otros.

**Tabla 3. Comparación entre la red industrial y de oficina (Construida a partir de Simatic Net, 2006)**

	Industria	Oficina
<b>Disponibilidad</b>	Prestaciones muy altas. Se necesitan caídas de red menores de 500ms para evitar paradas de planta.	Requisitos medios. Se aceptan tiempos de caída de red de segundos o minutos.
<b>Tiempo de respuesta</b>	Tiempos de respuesta garantizados.	La mejor respuesta posible sin ninguna garantía (una transferencia de prioridad baja puede preceder a una prioridad alta)
<b>Instalación</b>	Mediante personal de planta (personal con formación específica).	Mediante personal con formación específica (administradores de red).
<b>Supervisión de red</b>	Es un componente más del sistema de supervisión de planta	Mediante personal con formación específica (administradores de red)
<b>Disponibilidad</b>	En el armario, o fuera del armario. Instalación universal Alimentación DC 24V Rango de temperatura 0...+60°C. Soporta vibraciones	En rack de distribución de planta. Infraestructuras de red planeadas para el efecto. Rack de 19" 110/220V AC 0...+45°C temperatura ambiente
<b>Densidad de equipos</b>	Baja, <i>switches</i> con pocos puertos	Alta, <i>switches</i> con gran número de puertos
<b>Topología</b>	Topología en línea (opcionalmente como anillo) Bus de gestión de planta o <i>wireless</i>	Topología en estrella (estructurado), planta edificio.
<b>Cambios en la red</b>	Reducido número de tomas directos a <i>switches</i> y terminales de datos	Alto. Alta, densidad de cobertura con infraestructuras cableadas con puentes y bocas de conexión

Como principales ventajas de Ethernet Industrial pueden enumerarse:

- Reducción del costo del hardware
- Amplia selección de medios de transmisión: cobre, fibra óptica e inalámbrico.



- Altas velocidades de transmisión de datos 10 y 100Mbps y 1 y 10Gbps.
- Provee una infraestructura de red sin fracturas, desde el nivel corporativo hasta el nivel de planta donde se ubican sensores y actuadores.
- La mayoría de los fabricantes de soluciones para buses de campo, han desarrollado protocolos propios basados en *Ethernet* (como *Ethernet/IP*, *Modbus/TCP*, *Profinet*, entre otros).

Otros de los beneficios que más le interesan a la industria son el costo y el tiempo de instalación, los cuales se ven reducidos significativamente comparados con cualquier otra tecnología del tipo. También el tiempo de arranque de una planta se reduce debido a la sencillez de esta red.

El uso de los dispositivos para *Ethernet* deben ser de grado industrial y los cables para la instalación del mismo deben ser STP (*Shielded Twisted Pair*) para que tengan la protección suficiente contra el ruido eléctrico y electromagnético. Una de las partes más importantes de esta tecnología son los dispositivos de comunicación, en este caso *switches* Ethernet. Los *switches*<sup>13</sup> deben ser diseñados para el uso rudo de la industria, las especificaciones de éstos son iguales a cualquier otro dispositivo utilizado para la automatización, teniendo resistencia en el soporte de temperatura, la cantidad de vibración y el shock que puedan soportar. Los *switches* industriales pueden contar con tecnología SNMP, lo que permite un completo análisis y diagnóstico del tráfico de la red mediante OPC<sup>14</sup>; de esta manera, desde cada SCADA se puede analizar donde se encuentra el mayor tráfico y donde se encuentra algún cuello de botella.

### 3.1 Protocolos industriales basados en Ethernet

**3.1.1 EtherCAT (Ethernet Control Automation Technology).** Sistema de alto rendimiento que utiliza protocolos de Ethernet en un entorno industrial. El paquete Ethernet ya no es recibido, interpretado y copiado como proceso de datos en cada conexión, en cambio la trama *Ethernet* se procesa sobre la marcha: el nuevo desarrollado FMMU (*Fieldbus Memory Management Unit*), en cada nodo esclavo lee los datos que le ha dirigido, mientras que el telegrama es enviado al siguiente dispositivo, los datos de entrada se añaden al telegrama, mientras que pasa a través, siendo los telegramas solo un retraso de unos nanosegundos.

13 Dispositivo de red transmite los datos de un segmento a otro según la dirección MAC de destino de las tramas en la red. Su tarea permite conectar distintas redes y fusionarlas.

14 OPC (*Ole for Process Control*) es un conjunto de estándares para la conectividad de sistemas, con el propósito de proporcionar una infraestructura estándar para el intercambio de información entre dispositivos industriales y sistemas de control.

La tecnología *EtherCAT* es plenamente compatible con *Ethernet* y verdaderamente abierto. El protocolo *Ethernet* tolera otros servicios basados en protocolos y en la misma red física por lo general, incluso con un mínimo de pérdida de rendimiento, además de no tener restricciones.

**3.1.2 Ethernet/IP.** Es una solución abierta estándar para la interconexión y aplicaciones de redes industriales basadas en la normatividad IEEE 802.3 compatible con los protocolos estándar TCP/IP permitiendo el uso de aplicaciones de control con el Protocolo de Control e Información, CIP, para establecer un nivel de protocolo y poder configurar acceder y controlar dispositivos de E/S en tiempo real. Son muchas las ventajas del nivel CIP sobre *Ethernet/IP*. La oferta de un acceso consistente a aplicaciones físicas significa que se puede utilizar una sola herramienta para configurar dispositivos CIP en distintas redes desde un único punto de acceso sin la necesidad de software propietario, una red *Ethernet/IP* utiliza una topología de estrella activa en la que los dispositivos están conectados punto a punto con un conmutador el cual negociará la velocidad de transmisión. La ventaja de esta topología radica en la compatibilidad con productos de 10 y 100Mbps ofreciendo conexiones fáciles de cablear o depurar en las que resulta sencillo detectar fallos y llevar a cabo tareas de mantenimiento.

**3.1.3 Powerlink.** Es un protocolo determinista real-time basado en el estándar *Ethernet* el objetivo del desarrollo de este protocolo consistió en aplicar la tecnología *Ethernet* a las aplicaciones de automatización industrial donde varios elementos de control (PLC, pantallas de operador, módulos de E/S, módulos de seguridad, sensores) tengan que comunicar entre ellos de forma rápida en condiciones de tiempo real adversas garantizando que el proceso de comunicación sea fiable y repetitiva.

### 3.2 Criterios de selección de una red industrial

Debido a la diversidad de características que se asocian a una red, la elección de una determinada red de campo puede resultar compleja, sin embargo, pueden agruparse las principales características comunes a cada red y determinar tres criterios principales a considerar para su elección:

- Capacidad de la red se relacionan con sus características técnicas y prestaciones: Nivel de automatización, volumen de datos, tipo de dato, método de acceso al medio, topología, número de nodos, distancia, métodos de comunicación, tasa de transmisión, respuesta de tiempo real garantizada, herramientas de software disponibles.

- Eficiencia de la red se relaciona con la minimización de los costos, tanto económicos, de tiempo y técnicos, asociados con la solución: Reducción del tiempo y del diseño de la ingeniería del proyecto, reducción y simplificación del cableado de la red, reducción de la puesta en marcha del proyecto, eficiencia en la comunicación de la red, costos de los dispositivos.
- Proyección de la red la proyección técnica y económica de la red se refiere a las posibilidades de ampliación y actualización que la red entrega a una determinada aplicación, lo cual se traduce en un ahorro de costos futuro: interoperabilidad, integración niveles CIM, ampliación de la red, actualización y grado de obsolescencia, servicios de post-venta.

## 4. SCADA

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition* o Adquisición de Datos y Control de Supervisión) es un sistema industrial diseñado para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales consiste en un computador principal o máster (generalmente llamada estación maestra *Master Terminal Unit* o MTU), una o más unidades de control obteniendo datos de campo (generalmente llamadas estaciones remotas, *Remote Terminal Units* o RTU), y software estándar usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes de área local. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Los sistemas SCADA han eliminado la necesidad de estar físicamente vigilando y ajustando los componentes del proceso, una red de sensores transmite información del estado de los componentes a una sala de operadores que deciden si hay que realizar alguna modificación sobre el proceso. Muchas veces esta toma de decisiones está apoyada por una unidad central que descarga al operario de tareas repetitivas dejándole actuar sobre el sistema a muy alto nivel.

### 4.1 Funciones y requisitos

Entre las funciones de un sistema SCADA es posible enumerar:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, creando informes, avisos y documentación en general.

- Ejecución de programas, que modifica la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómatas bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del computador.

Adicionalmente, son requisitos necesarios para la implementación de SCADA:

- Deben ser sistemas de arquitecturas abiertas, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y LAN de la empresa.
- Los programas deberán ser sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar con interfaces amigables para el usuario (sonido, imágenes, pantallas táctiles).

## 4.2 Componentes de hardware

**4.2.1 Master Terminal Unit, MTU.** Se trata de un computador principal el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones, estos computadores suelen ser un PC el cual soporta el HMI (*Human Machine Interface*). Las funciones principales del MTU son:

- Interrogar en forma periódica a los RTU, y les transmite consignas siguiendo usualmente un esquema maestro- esclavo.
- Actúa como interfaz al operador, incluyendo la presentación de información de variables en tiempo real, la administración de alarmas, y la recolección y presentación de información histórica.
- Puede ejecutarse software especializado que cumpla funciones específicas asociadas al proceso supervisado por el SCADA.

**4.2.2 Remote Terminal Unit, RTU.** Estos procesadores están situados en los nodos estratégicos del sistema gestionando y controlando subestaciones del sistema, reciben señales de los sensores de campo, y comandan los elementos finales de control ejecutando el software de la aplicación SCADA. Se encuentran en un nivel intermedio de automatización, a nivel superior está el MTU y a un nivel inferior los distintos instrumentos de campo que son los que ejercen la automatización física del sistema, control y adquisición de datos. Estos computadores no tienen que ser PC ya que la necesidad de soportar un HMI no es tan grande a este nivel suelen ser computadores industriales, aunque en sistemas muy complejos puede haber subestaciones en formato HMI. Una tendencia son los PLC (en función de E/S a gestionar) con la capacidad de funcionar como RTU gracias a un nivel de integración mayor y CPU con mayor potencia de cálculos.

**4.2.3 Red de comunicación.** En este nivel se gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de computadores desde el sistema. El tipo de bus utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para implementar el SCADA, ya que no todos las aplicaciones de software (así como los instrumentos de campos como PLC) pueden trabajar con todos los tipos de bus.

**4.2.4 Instrumentos de campo.** Son todos aquellos que permiten realizar la automatización o control del sistema (PLC, controladores de procesos industriales, y actuadores en general) como los que se encargan de la captación de información del sistema (sensores y alarmas). En la Figura 4 se muestra claramente la estructura del hardware.

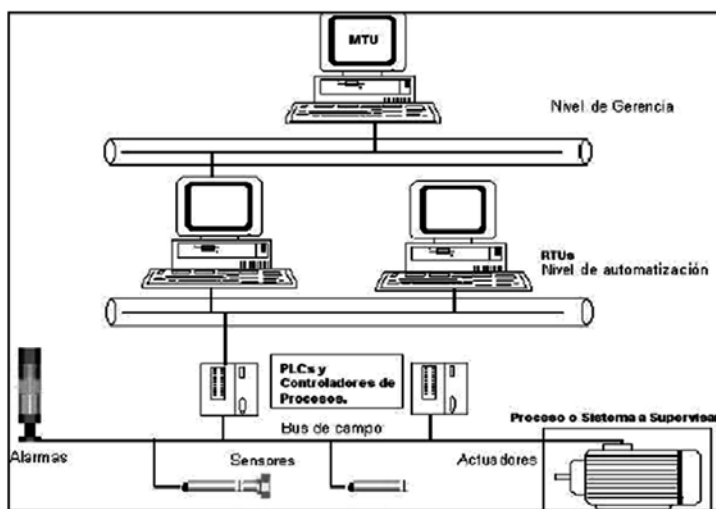


Figura 4. Estructura de un SCADA a nivel de hardware (Rodríguez, 2007)

## 5. Implementación de un sistema SCADA

El objetivo principal es implementar un sistema SCADA, mediante el cual se realizará el monitoreo y control permanente del proceso de producción de placas onduladas, incluyendo todas sus variables. El sistema de control consistirá en una serie de computadores, equipos electrónicos y sensores, pulsadores y válvulas interconectados. Estos dispositivos serán los responsables del control directo de las tareas necesarias como planificación de observaciones, archivos de datos, análisis de calidad de la información y control en tiempo real para producción de placa.

El sistema de control contará con una arquitectura segura, flexible y distribuida para proveer acceso y monitoreo independiente de la localización sedes en la ejecución del proceso que son requeridos para garantizar un nivel de calidad del funcionamiento del sistema, la conexión del sistema dentro de otras sedes se realizará por medio de redes dentro de una organización jerárquica. Este modelo se organizará siguiendo un modelo cliente-servidor permitiendo la operación en tiempo real ofreciendo varios puntos de control, procesos controlados, estaciones de trabajo y servidores.

El sistema de control tendrá en cuenta componentes de control distribuido (*DCS*), unidades de control remoto (*RTU*), unidades de control maestro (*MTU*), controles lógicos programables (*PLC*), ejecutando procesos de lógica simple con un lenguaje de programación funcional para que corran en estos dispositivos siguiendo los estándares de la norma IEC 61131<sup>15</sup>.

## 5.1 Descripción general

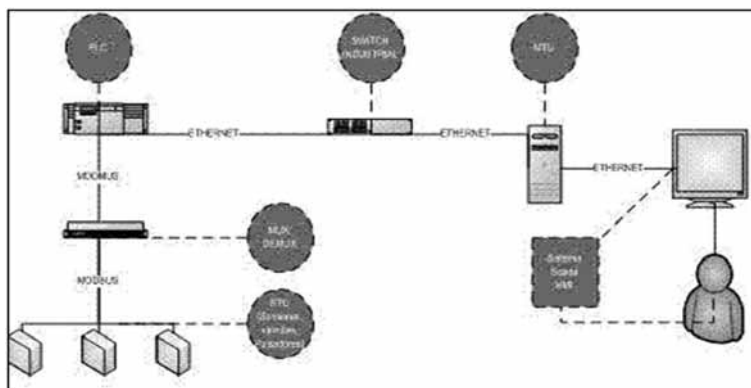
El sistema de control para la producción de placas onduladas permitirá la supervisión y manejo de todas las variables relacionadas con el proceso. Para lograr este control, se utilizarán dispositivos de control remoto y programable que permiten el acceso y manejo de los datos producidos por los elementos electrónicos conectados a los dispositivos que participan en el proceso, el sistema de control será implementado con el fin de permitir la supervisión del proceso local y en sedes ubicadas geográficamente distantes.

El sistema de control contará con una infraestructura que permite la transmisión de la información en tiempo real y de forma segura, lo que ofrece un alto grado de confianza para la supervisión de la producción teniendo en cuenta que una falla presentada puede producir grandes pérdidas para la organización, tal como lo muestra la Figura 5.

La RTU se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como los estados abierto/cerrado desde una válvula o un intercambiador, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente. Por el equipo, la RTU puede enviar señales que pueden controlarlo: abrirlo, cerrarlo, intercambiar la válvula o configurar la velocidad de la bomba. Las RTU que se utilizará se clasifica en un modelo *single-board* (un solo módulo), compacto que contienen todas las entradas de datos en una sola tarjeta. Un RTU tiene normalmente I/O fijas de 16 entradas de información digital, ocho salidas digitales, ocho entradas de información analógicas y cuatro salidas analógicas. Poseen la capacidad de adquisi-

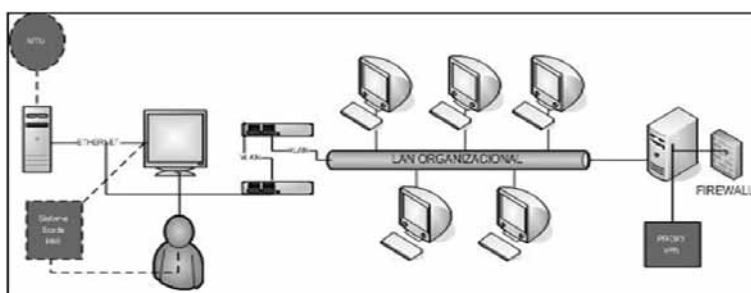
<sup>15</sup> Estándar aplicado a los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar.

ción y mando de señales analógicas, digitales, conteos, capacidad entre 280 y 700 variables según la aflicción, procesamiento y automatismos parametrizables, almacenamiento de datos a largo plazo, alertas hacia estaciones maestras, entre otros. Para hacer posible la comunicación con las RTU se utilizará el bus de campo *Modbus* que consiste en el uso de conexiones dedicadas por cable entre los PLC y las RTU. Adicionalmente se utilizará una MTU como estación encargada de controlar los PLC y los RTU que se encuentran instalados en el sistema.



*Figura 5. Arquitectura de hardware*

La Figura 6 muestra una arquitectura de seguridad. Para proteger la información del proceso productivo contra los fenómenos definidos en la LAN, se implementará VLAN así se evitará que las otras dependencias que componen la empresa tengan acceso a la información adquirida del proceso esto con el fin de brindar seguridad y confidencialidad a la información.



*Figura 6. Arquitectura de seguridad*

Se implementará un servidor con servicios de control de tráfico, acceso privado y protección de acceso con el fin de brindar un comportamiento

eficiente dentro de la red, incluyendo la implementación de todas las políticas de seguridad que ofrezcan protección de la información. Los switches serán de capa tres con el fin de facilitar la configuración y el enrutamiento dentro de las diferentes redes.

## 5.2 Descripción proceso productivo

Se produce la placa a partir de una mezcla y se le da una longitud, ancho y espesor de acuerdo a los requerimientos técnicos del producto, está conformada por los sistemas de vacío, lavado de fieltro, lavado pescadores, tanque controlador de espesores, tanques de mezcla, cilindros pescadores, rodillos metálicos y de caucho, filtro, cilindro de formato y rodillo motriz, tal como se muestra en las Figuras 7 y 8.

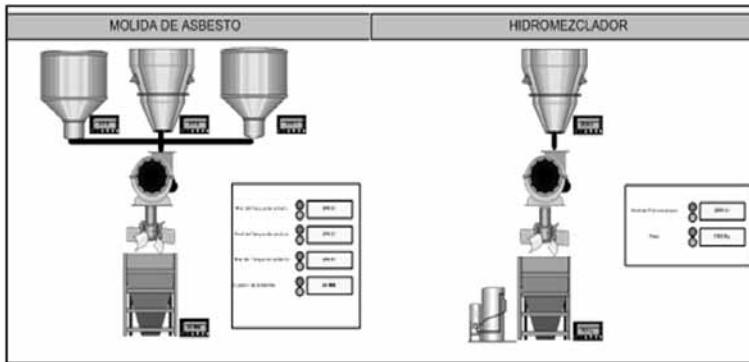


Figura 7. Molida de Asbesto e Hidromezclador

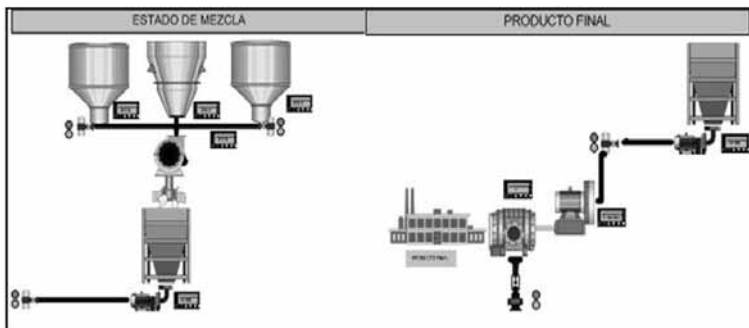


Figura 8. Estado de mezcla y Producto final

- **Molida de asbesto:** Consiste en desfibrar el asbesto y mezclar los diferentes tipos o referencias, humectándolo adecuadamente. El asbesto molido y mezclado se almacena en el silo. El objeto de esta mezcla es mantener un valor técnico conservando unas proporciones de fibras largas sobre cortas y un costo de producción aceptable.



- **Transporte asbesto Hidromezclador:** El asbesto pesado en la báscula se deposita en el Hidromezclador. Luego se agita por un tiempo determinado hasta cumplir el ciclo. El asbesto queda listo para ser mezclado con las otras materias primas.
- **Estado de tanques de mezcla:** Después de estar lista la composición de la mezcla de acuerdo a la receta definida se procede con la formación de placa.

## 6. Conclusiones

- La introducción de *Ethernet* ha tenido un profundo impacto en el entorno industrial, las industrias requieren redes de gestión más fácil con un ancho de banda superior, rendimiento más alto, aportando una gran cantidad de ventajas que incluye una integración entre los sistemas de una planta industrial y de administración utilizando una sola infraestructura de red trayéndole muchos beneficios, como disminución de los costos de administración y compartir información en tiempo real dentro de la factoría y hacia las oficinas desde una misma plataforma.
- Las empresas al momento de implementar una solución industrial se deben basar en unos criterios básicos como: Capacidad en tiempo real, migración (solución y marca), topología y elasticidad de la solución a nuevos productos, administración, rendimiento y costo.
- Una empresa al momento de adquirir los equipos debe asegurarse que todos los componentes de red estén preparados para trabajar en ambientes industriales y que tengan todas las características técnicas para brindar, seguridad, alta disponibilidad rapidez y calidad de servicio.
- Uno de los mayores errores que se presenta en las redes industriales es pensar que la red de ofimática se pueda emplear en un centro de producción, el tráfico corporativo puede ralentizar el tráfico de producción y hacer peligrar la naturaleza determinística de la red industrial. Una VLAN (Red de Área Local Virtual) es una forma de segmentar el tráfico de red. Las redes corporativas y de producción se pueden comunicar entre ellas.
- El Campo de las Redes Industriales es susceptible de investigaciones adicionales que permitan documentar ampliamente la implementación de las mismas y se conviertan en guías para aquellas pequeñas y medianas industrias que emprenden el camino de la automatización de sus procesos industriales.
- *Ethernet* Industrial ofrece bajos costos, altos rendimientos, e interoperabilidad superior sobre soluciones de buses de campo tradi-

cionales. Muchas variaciones de la tecnología de Ethernet se han desarrollado para dirigir varios requerimientos del tiempo del ciclo de aplicaciones industriales como resultado los clientes industriales deben soportar multitud de estándares de Ethernet Industrial, haciendo más fácil la implementación de comunicaciones basadas en Ethernet en productos industriales nuevos y existentes.

- *Profibus*, basado en el estándar de *Fieldbus*, es uno de los buses de campo más utilizados en la industria, permite acoplar equipos de marcas distintas, diferentes topologías y siempre con arquitectura abierta para poderla incluir en el protocolo y conservar siempre la compatibilidad con las nuevas tecnologías como Internet, TCP/IP, Ethernet Industrial.

## Bibliografía

- ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA (2011). Protocolos de comunicaciones industriales [en línea]. Vicuña (Chile): Asociación de la Industria Eléctrica y Electrónica, AIE. <<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/agosto-06.pdf>> [Consulta: 20/01/2011].
- BALCES, Josep y ROMERAL, José Luis (1997). Autómatas Programables. Barcelona (España): Marcombo. 223 p. ISBN 84-267-1089-1
- BOSCH WORLDWIDE (2011). Industrial Technology [on line]. Stuttgart (Germany): Bosch Group. <[www.bosch.com/en/com/bosch\\_group/business\\_sectors\\_divisions/industrial\\_technology/industrial-technology.html](http://www.bosch.com/en/com/bosch_group/business_sectors_divisions/industrial_technology/industrial-technology.html)> [consult: 10/08/2011].
- CEKIT (1999). Bus de Campo. En: Revista Electrónica & Computadores. No. 53, (jun.). Pereira (Colombia): Publicaciones Cekit, p. 70-73. ISSN: 0121-9318
- CIA (2010). CAN Protocol [on line]. Nuremberg (Germany): CAN in Automation <<http://www.can-cia.org/index.php?id=518>> [consult: 10/08/2010].
- DOMINGO PENA, Joan y CARO GAMIZ, Juan (2003). Comunicaciones en el entorno industrial. Aragón (España): UOC. 113 p. ISBN: 84-9788-004-8
- ETHERCAT (2010). Ethernet for control automation technology [on line]. Port Orchard (USA): Ethercat Technology Group. <<http://www.ethercat.org/en/ethercat.html>> [consult: 10/08/2010].
- ETHERNET POWERLINK (2010). Ethernet basics an introduction [on line] Berlin (Germany): Ethernet Powerlink <<http://www.ethernet-powerlink.org/index.php?id=33>> [consult: 17/07/2010].
- FOUNDATION FIELDBUS (2006). Technical information Foundation Fieldbus [on line]. Frankfurt (Germany): Samson. <[http://www.samson.de/pdf\\_en/l454en.pdf](http://www.samson.de/pdf_en/l454en.pdf)> [consult: 5/12/2010].
- GARCÍA MORENO, Emilio (2003) Automatización de procesos industriales. Valencia (España): CFP CERES-UPV. 120 p. ISBN: 84-77-21-759-9
- INFOPLC.NET (2010). Informe Ethernet Industrial [en línea]. Barcelona (España): InfoPLC. <[http://www.infoPLC\\_net\\_Ethernet\\_Industrial.html](http://www.infoPLC_net_Ethernet_Industrial.html)> [consulta: 10/08/2010].
- INFOPLC.NET (2007). Historia de las comunicaciones industriales [en línea]. Barcelona (España): InfoPLC: Actualidad y recursos sobre Automatización Industrial. <[http://www.infopl.net/Documentacion/Docu\\_Comunicacion/infoPLC\\_net\\_Historia\\_Comunicaciones\\_Industriales.html](http://www.infopl.net/Documentacion/Docu_Comunicacion/infoPLC_net_Historia_Comunicaciones_Industriales.html)> [consulta: 17/01/2011].
- ISED (2010). Aplicaciones industriales Ethernet [en línea]. Valencia (España): Universidad Politécnica de Valencia <<http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2002-03/Ethernet/noticias/industria/apartado1/index.html>> [consulta: 05/03/2011].
- KASHEL, Héctor y PINTO, Ernesto (2002). Análisis del estado del arte de los buses de campo aplicados al control de procesos industriales [en línea]. En: Ciencia Abierta, Vol. 19, Educación. (dic.) Santiago de Chile (Chile): Universidad de Chile. 8 p. ISSN: 0717-8948. <<http://cabierta.uchile.cl/revista/19/articulos/pdf/edu3.doc>> [consulta: 15/01/2011].

- MUÑOZ JORQUERA, Juan Maximiliano (2007). Estudio de aplicación de los estándares Devicenet y ControlNet de comunicaciones industriales como solución de una red de campo [en línea]. Trabajo de titulación (Ingeniero en Electrónica), Valdivia (Chile): Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Electricidad y Electrónica. 387 p. <<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcim971e/doc/bmfcim971e.pdf>> [consulta: 15/01/2011].
- ODVA (2010). EtherNet/IP technology [on line]. Michigan (EEUU): ODVA. <<http://www.odva.org/Home/ODVATECHNOLOGIES/EtherNetIP/EtherNetIPTechnologyOverview/tabid/75/Inq/en-US/language/en-US/Default.aspx>> [consult: 17/07/2010]
- PROFIBUS. PROFINET (2010). Share our vision Automation [on line]. Karlsruhe (Germany): Profibus. <<http://www.PROFIBUS.com/nc/downloads/forms-literature-list>> [consult: 17/07/2010]
- RODRÍGUEZ PENIN, Antonio (2007). Sistemas SCADA. 2 ed. México D.F.: Marcombo. 19 p. ISBN: 978-84-267-1450-3
- SAMPERE, Víctor M., y CERDA, Sergio (2007). Comunicaciones industriales con Simatic S7 Valencia (España): de la UPV. 239 p. ISBN: 84-9705-858-5
- SIMATIC (2006). Industrial Ethernet [on line]. Munich (Germany): Siemens. <[www.etitudela.com/fpm/comind/downloads/ieversusoffices2.ppt](http://www.etitudela.com/fpm/comind/downloads/ieversusoffices2.ppt)> [consult: 17/07/2010]
- WEIDMULLER (2007). Ethernet Industrial [en línea]. Barcelona (España): Weidmuller. <[http://cmswebdav.weidmueller.de/cms/gu\\_es/Descargas/Catalogos/Ethernet\\_Industrial/Catalogo\\_general/1067190000\\_CAT9\\_A\\_ES.pdf](http://cmswebdav.weidmueller.de/cms/gu_es/Descargas/Catalogos/Ethernet_Industrial/Catalogo_general/1067190000_CAT9_A_ES.pdf)> [consulta: 01/03/2011]