2. SISTEMAS SCADA

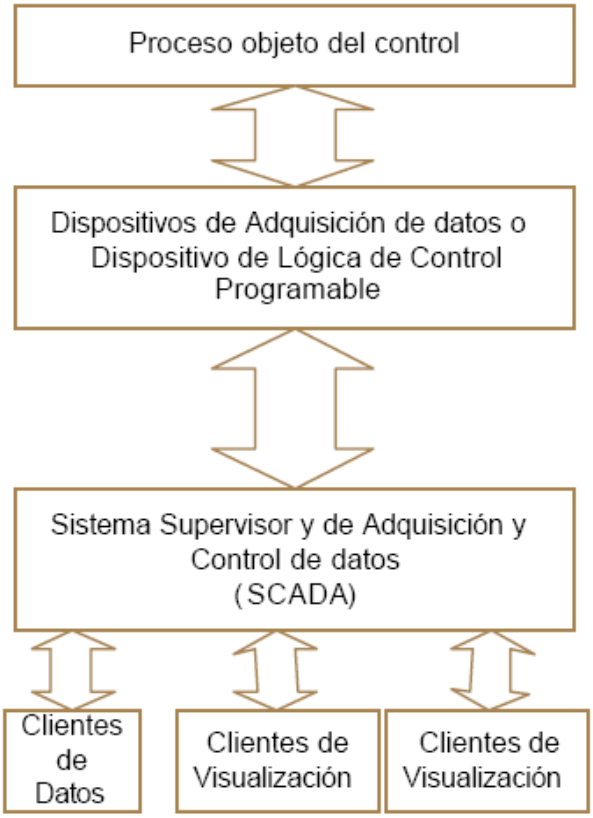
Los sistemas SCADA originalmente se diseñaron para cubrir las necesidades de un sistema de control centralizado, sobre procesos o complejos industriales distribuidos sobre áreas geográficas muy extensas. Tal es así que en la definición clásica de un sistema SCADA se hace referencia a esta característica. Hoy en día, con el desarrollo de las redes digitales, la definición se tiene que modificar para incluir esta nueva forma de conectividad.

2.1. SISTEMAS SCADA: DEFINICIÓN

SCADA viene de las siglas: ***"Supervisory Control And Data Acquisition"***; es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor. Tradicionalmente se define a un SCADA como un sistema que permite supervisar una planta o proceso por medio de una estación central que hace de Master (llamada también estación maestra o unidad terminal maestra, MTU) y una o varias unidades remotas (generalmente RTUs) por medio de las cuales se hace el control / adquisición de datos hacia / desde el campo.

Si bien las topologías que sobre las que se sustentan los sistemas SCADA se han adecuado a los servicios de los sistemas operativos y protocolos actuales, las funciones de adquisición de datos y supervisión no han variado mucho respecto a las que proponían en sus inicios.

Esquemáticamente, un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado consta de las siguientes partes:



1. Proceso Objeto del control: Es el proceso que se desea supervisar. En consecuencia, es el origen de los datos que se requiere colectar y distribuir.
2. Adquisición de Datos: Son un conjunto de instrumentos de medición dotados de alguna interfase de comunicación que permita su interconexión.
3. SCADA: Combinación de hardware y software que permita la colección y visualización de los datos proporcionados por los instrumentos.
4. Clientes: Conjunto de aplicaciones que utilizan los datos obtenidos por el sistema SCADA.

Un término clave en la definición, al que muchas veces no se le da adecuada atención, es el de supervisión, que significa que un operador humano es el que al final tiene la última decisión sobre operaciones, generalmente críticas, de una planta industrial. La importancia de esta definición está en que se contrapone a la idea generalizada, que a veces si se hace, de que en la unidad master se hace control automático del proceso supervisado.

Es cierto que puede hacerse control automático, pero debe evaluarse suficientemente su implementación, tomando sobre todo en consideración la confiabilidad de los enlaces (en particular si son de larga distancia) que transportan los datos y comandos desde y hacia el campo. Una falla de comunicación, significaría dejar fuera de control el proceso. Esto explica el porque ahora la industria favorece a los sistemas de control distribuido.

2.2. SISTEMAS DCS

El término DCS, viene de las siglas ***Distributed Control System***, es un sistema de control que cumple con sus funciones de control a través de una serie de módulos de control automáticos e independientes, distribuidos en una planta o proceso.

La filosofía de funcionamiento de esta arquitectura es evitar que el control de toda la planta esté centralizado en una sola unidad, que es lo que se busca con el SCADA. De esta forma, si una unidad de control falla, el resto de unidades podría seguir funcionando.

Los sistemas DCS se desarrollan sobre la base de dispositivos de control, tales como Controladores o PLCs, en los que, como se conoce, un programa de control se encarga de tomar decisiones dependiendo de los datos que reciben en sus entradas. Las decisiones son enviadas hacia actuadores que son los que se encargan de mantener las variables del proceso bajo control en los valores apropiados.

A los sistemas de control distribuido se da preferencia hoy en día en la mayoría de las empresas industriales, buscando aprovechar la mejor confiabilidad de su diseño; y se han ajustado los sistemas SCADA para supervisar a los PLCs y controladores que conforman el DCS.

Es típico que un operador humano trate de comunicarse con el DCS de alguna forma sobre todo para cambiar su programación o configuración. Esta tarea se puede hacer mediante consolas de mano, pero ahora hay la opción de hacer estas tareas desde el SCADA.

2.3. SISTEMA MULTIPLEXOR

Los sistemas multiplexores permiten transmitir los datos que hay en un sitio a varios otros sitios, o viceversa, recibir información desde varias fuentes o canales y enviarlos por un solo canal. Para cumplir con esta tarea estos sistemas emplean el concepto de multiplexión. El equipo multiplexor “barre” o se comunica por turnos con las unidades con las que se debe comunicar, evitando así utilizar diferentes canales de comunicación para cada enlace,.. Este principio de funcionamiento es el que ha madurado hasta convertirse a la fecha en los modernos sistemas de Multiplexión en el Dominio de Tiempo (TDM).

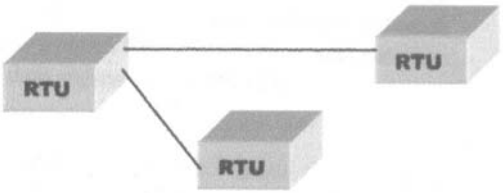


Figura 2.2. Sistema multiplexor.

Tal como se muestra en la Figura 2.2, la RTU (como se verá más adelante, un equipo que permite recopilar datos desde transductores o trasmisores y / o enviar órdenes de control a actuadores, situados en el campo) de la izquierda se conecta por turnos con las RTUs de la derecha. Los enlaces puede ser de cobre, fibra o inalámbricos.

Hay circuitos multiplexores que reciben directamente la información desde las entradas análogas / digitales y las transmiten por cable o radio a un circuito receptor multiplexor remoto que se encarga de recuperar las mismas señales análogo / digitales que fueron entregadas al transmisor multiplexor. Un esquemático de un par de multiplexores (transmisor y receptor) trabajando en pareja (back to back) se muestra en la Figura 2.3.

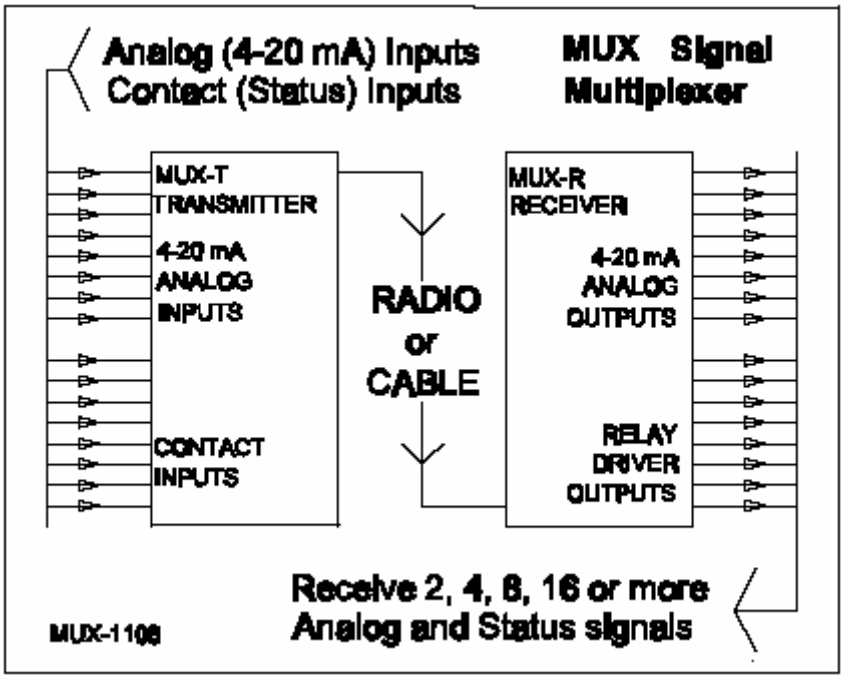


Figura 2.3. Mux transmisor y receptor

Es posible sincronizar varios de estos multiplexores para que trabajen sobre un solo enlace de cable o radio.

El término “multiplexión” es muy ámplio y se aplica a muchos dispositivos. Por ejemplo, una RTU es capas de “barrer” sus entradas / salidas tanto análogas como digitales, y es de por si un dispositivo multiplexor.

2.4. HMI O MMI

Una Interfaz Hombre-Máquina, HMI (Man-Machine Interface, MMI), es un mecanismo que le permite a un operador humano interactuar con una máquina o proceso y determinar el estado (prendido / apagado) o magnitud de los dispositivos y/o variables físicas que están presentes en una planta o proceso industrial.

Una HMI puede ser tan simple como un interruptor para encender un motor y una lámpara indicadora del estado del mismo, hasta una o varias pantallas desarrolladas en una computadora que llegan a mostrar en la pantalla del monitor representaciones esquemáticas de todo el proceso bajo supervisión, incluyendo valores en tiempo real de las variables presentes en ese momento en la planta. Un

ejemplo conocido de una HMI es el cajero automático que posibilita al usuario ejecutar una serie de transacciones bancarias.

Para manejar un sistema SCADA generalmente se recurre a un paquete de software especializado que funciona en la computadora central, por medio del cual se desarrolla una o varias “pantallas” que actúan como una interfaz gráfica entre el hombre y la máquina o el proceso. De esta forma es posible supervisar o cambiar puntos de consigna o reconfigurar dispositivos en el proceso supervisado por medio de acciones ingresadas por el operador en la computadora. Además, estos paquetes tienen opciones que permiten proveer a un nivel superior administrativo información selecta que se genere en el proceso productivo.

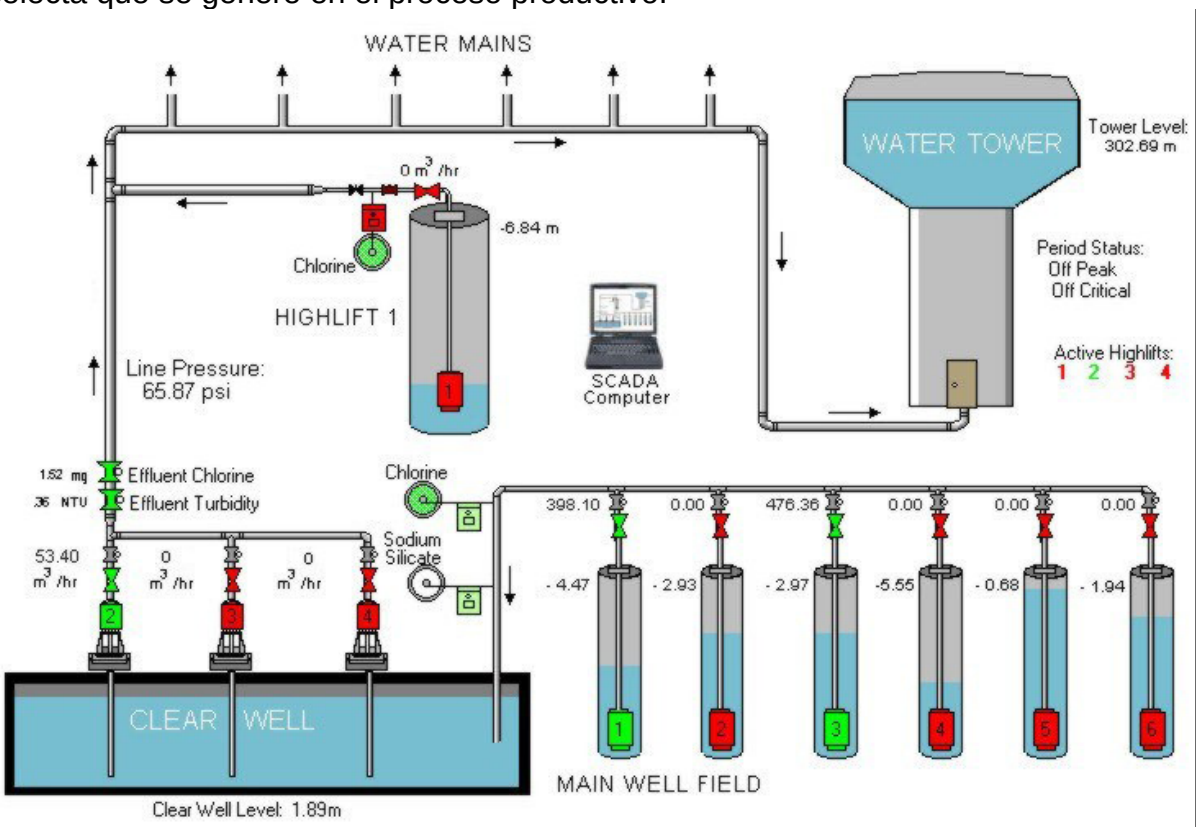


Figura 2.4. Ejemplo de una HMI de un sistema SCADA.

Programas como el InTouch de la Wonderware, Lookout de la Nacional Instruments, por mencionar algunos, constituyen plataformas de desarrollo abiertas que facilitan el diseño de las HMI en computadoras. Existen también plataformas propietarias como RSView, WINCC, que pertenecen a empresas de gran prestigio, lo que garantiza la solides de estos productos. Algunos de estos paquetes de desarrollo incluyen muchas herramientas poderosas que permiten el desarrollo de HMIs de mucho potencial de procesamiento.

Si bien en la actualidad los SCADA incluyen tecnologías de comunicación modernas, no empezaron así. A continuación se detalla su evolución.

2.5. ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS SCADA Y DCS

Arquitectura tradicional

Históricamente los sistemas SCADA presentan un equipo que, conectado físicamente a los dispositivos de adquisición de datos, actúa como servidor para sus clientes interconectados a través de una red de comunicaciones.

El siguiente esquema expone la topología tradicional de un sistema SCADA conectado a un proceso industrial automatizado.

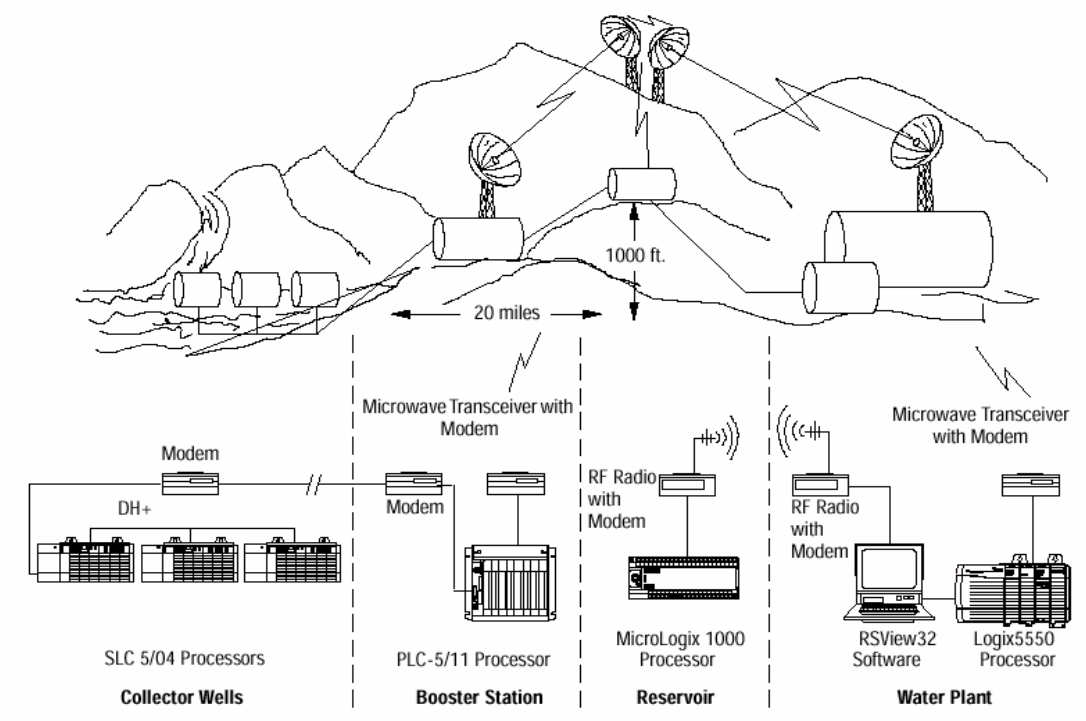


Figura 2.5. Arquitectura típica de un sistema SCADA tradicional

El flujo de la información es como sigue: Un **FENÓMENO FÍSICO** (presión, temperatura, flujo, el disparo de un breaker, exceso de presión en una tubería, nivel de un tanque, etc.), es captado por un **TRANSDUCTOR,** el cual alimenta una señal eléctrica a un **TRANSMISOR** para que éste entregue una señal análoga también eléctrica pero normalizada (4 a 20 mA, o 0 a 5 V DC, o desde o a 10 V DC) hacia un PLC o RTU. Dependiendo del caso, el transmisor además proveerá aislación eléctrica y filtraje con el objeto de reducir posibles transitorios y ruido originado en el campo.

La señal que entregan los transmisores se envía hacia un cuarto de control donde se reúne la información de toda la planta industrial, y así es como aparecieron y se desarrollaron los sistemas SCADA basados en redes análogas 4-20 mA.

Donde las distancias son grandes (20 Km se considera el punto de “equilibrio”) los enlaces se hacen con técnicas inalámbricas; en ese entonces se empezó con enlaces de RF o Microondas.

Una vez que los datos llegan al centro de acopio, generalmente una computadora, se los almacena para su **ANÁLISIS, GENERACIÓN DE HISTORICOS** y para la **TOMA DE DECISIONES**. Simultáneamente, por medio de una **HMI** se **MUESTRA LA INFORMACIÓN** al operador del sistema, para la supervisión.

Basado en la información, el operador puede tomar decisiones que pueden modificar el trabajo del proceso supervisado (cerrar o disparar un breaker, arrancar o detener un motor, abrir o cerrar una válvula, valores análogos para fijar una presión o voltaje, sincronización de fecha y hora, envío de data históricos, etc.). Pero debe entenderse que el operador la mayoría del tiempo actúa sujeto a normas emitidas muchas veces por el mismo equipo que diseño el proceso o la planta. Es fácil entender que no se puede dejar a una sola persona o grupo de personas (los operadores del SCADA) que tomen decisiones que pueden comprometer al producto, equipos, incluso personal en el campo.

El operador comanda a la computadora y ésta obedece enviando un dato que al final llegará a un actuador (bobina de un relee, solenoide de una electro válvula, servomotor de una válvula de control, etc.) que al mover un elemento final logran controlar la variable bajo supervisión o control en el campo.

En aquellas ocasiones donde se debían construir enlaces de larga distancia sean con hilos o inalámbricos, resultaba muy costosa la inversión para tan solo trasmitir el dato de una variable física. Es aquí donde apareció la RTU que es un dispositivo que permite concentrar la información desde / hacia muchos transductores / actuadores y prepararlos para su transmisión / recepción.

2.5.1. Unidad Remota de Telemetría (RTU)

La Unidad Remota de Telemetría (Remote Telemetry Unit, RTU) es parte importante de un sistema SCADA, a tal punto que muchos no conciben un SCADA sin ellas.

Una RTU es un equipo instalado en una localidad remota que recopila datos y luego la codifica en un formato que le permita transmitirlos hacia una estación central (Master Terminal Unit, MTU) u otra RTU. Una RTU también recibe información desde la estación central, decodifica los datos enviados y posibilita la ejecución de órdenes enviadas desde la misma. Una RTU está equipada de canales de entrada para detección o medición de las variables de un proceso y de canales de salida para control o activación de actuadores y alarmas, y un puerto de comunicaciones.

En la Figura 2.6 se muestra el diagrama de bloques de una RTU típica.

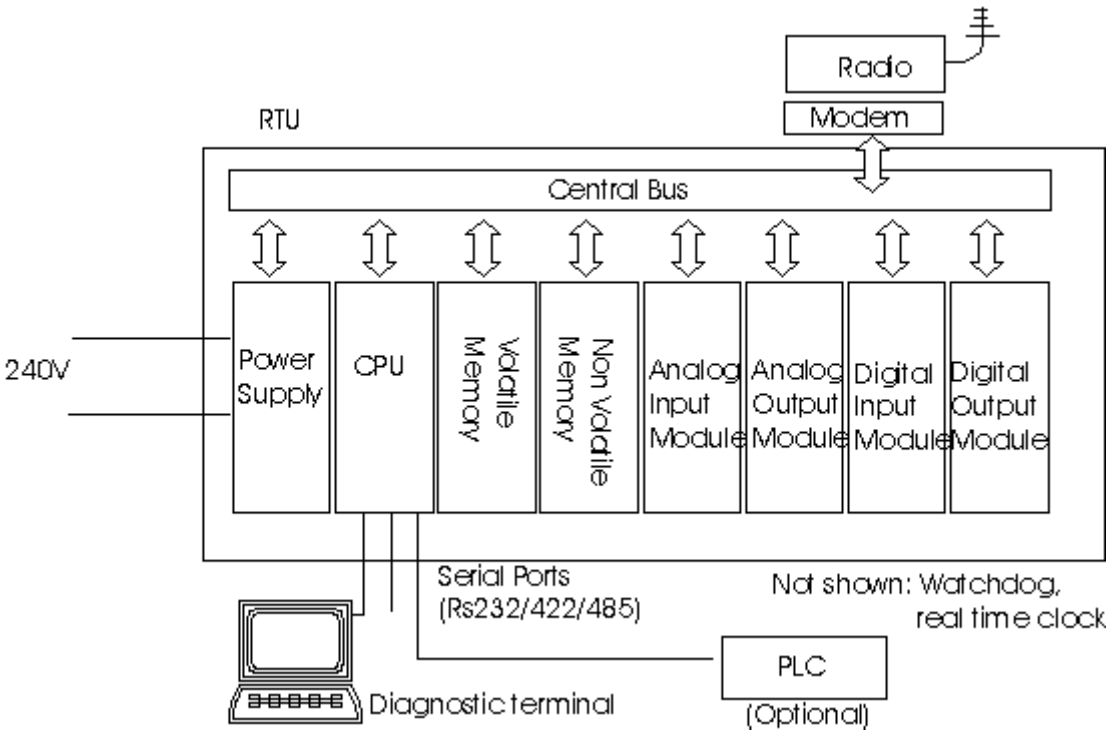


Figura 2.6. RTU típica

La CPU le provee la inteligencia necesaria para procesar los datos de entrada y / o salida en forma correcta.

Figura 2.7. CPU de una RTU.

Por ejemplo, la CPU de la Figura 2.7 tiene posibilidad de controlar 1 pórtico RS-485, 11 RS-232 y un pórtico Ethernet.

La Memoria volátil (RAM) le sirve de almacenamiento temporal durante el procesamiento de la información. Esta puede ser memoria RAM estática tipo DIMM de 144 pines.

La memoria no volátil sirve para el almacenamiento permanente de programas (protocolo de comunicación) y datos. En algunos casos suelen emplearse memorias tipo Flash Card de 50 pines

Posee capacidades de comunicación sea por un pórtico serial o, algunas incluyen un MODEM interno. Por medio del MODEM puede conectarse a cualquier medio de comunicación, como por ejemplo radio de RF o con tecnología Spread Spectrum, o Telefonía Celular como el que se muestra en la Figura 2.8.

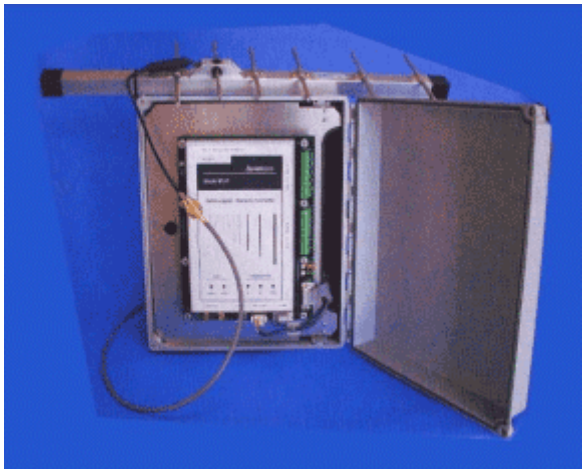


Figura 2.8. RTU con Celular.

Su diagrama de bloques se muestra en la Figura 2.9.

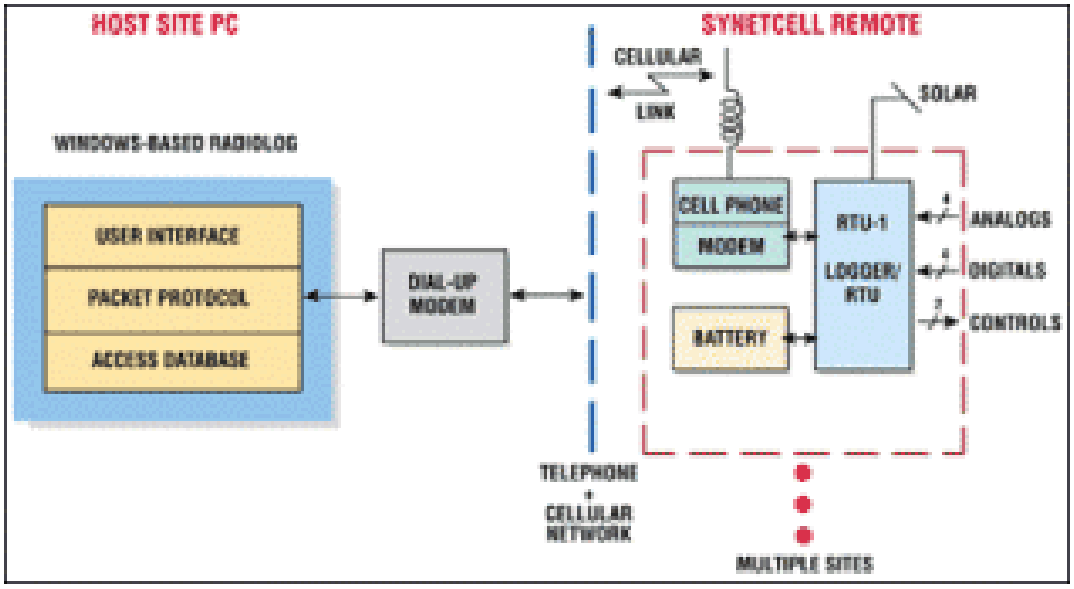


Figura 2.9. Diagrama de bloques de RTU con teléfono celular.

Tiene una fuente de poder, generalmente con respaldo de batería.

Tiene un Watchdog timer para asegurar que la RTU puede recuperarse correctamente después de que ocurra una falla.

Posee protección eléctrica contra transitorios.

Módulos de entrada y salida tanto análogas como digitales DI/DO/AI/AO.

Un reloj en tiempo real.

Existen dos tipos básicos de RTU: la RTU compacta que contiene todos los módulos de Entrada / salida en el mismo circuito impreso principal, incluso un trasmisor de RF o Spread Spectrum y la RTU Modular que tiene una CPU a la que se le pueden añadir otros módulos, normalmente conectándolos a ranuras de expansión (parecido a como se insertan tarjetas al circuito madre de una PC).

Figura 2.10. RTU compacta típica.

La RTU compacta generalmente tiene un número fijo de canales de entrada / salida, por ejemplo, 16 entradas digitales, 8 salidas digitales , 8 entradas digitales y 4 salidas análogas. No es posible, en la mayoría de los modelos, expandir su capacidad original.

La RTU modular está diseñada para que se le puedan agregar más módulos, incluyendo módulos especializados como un marcador de posición GPS.

2.5.2. Software en una RTU

Todas las RTU requieren del software siguiente (sea como módulos perfectamente diferenciables o formando grupos afines):

1. Sistema operativo en tiempo real (RTOS), o un algoritmo que empiece un lazo que barra las entradas y supervise los pórticos de comunicaciones.

2. Driver para el sistema de comunicaciones; es decir, el programa que define el protocolo del enlace de comunicaciones hacia el Módulo master del SCADA.

3. Drivers para el sistema de I/O; es decir, para los dispositivos de campo.

4. Una aplicación tipo SCADA que le comande a barrer las entradas, procesar y almacenar la información, responder a solicitudes hechas por el SCADA master enviadas por la red de comunicaciones.

5. Algún método que permita ejecutar en la RTU las órdenes desde las aplicaciones del usuario. Esto puede ser tan simple como definir parámetros, habilitar / deshabilitar entradas / salidas, o incluso modificar un programa completo de usuario.

6. Programas de auto diagnóstico.

Algunas RTUs incluso poseen un sistema de manejo de archivos que les permiten bajar archivos para nuevos programas de usuario o archivos de configuración.

2.5.3. Operación Básica

Una RTU opera barriendo sus entradas normalmente a una tasa bastante rápida. A los datos recibidos añade fecha y hora, los almacena y prepara para su transmisión. Luego hace turno para que el SCADA master se comunique con el.

Algunas RTUS tiene la habilidad de iniciar el envío de reportes a la unidad master, aunque en la mayoría de modelos es el master del SCADA el que se comunica con la RTU solicitando información y / o la ejecución de acciones desde simples a complejas tareas de control.

Pequeñas o Grandes

Las RTUs son dispositivos especializados que son fabricados a menudo por proveedores pequeños que los construyen en lotes también pequeños para suplir la demanda de mercados especializados. Es por esto que la competencia obliga a ofrecer alternativas muy económicas, resultando en modelos que no poseen toda la funcionalidad descrita. Las RTUS grandes pueden procesar cientos de entradas y hasta controlar otras RTUs pequeñas, por supuesto a un precio alto. El poder de procesamiento de una RTU varía desde procesadores de 8 bits con poca memoria hasta RTUS grandes y sofisticadas capaces de marcar los eventos con fecha y hora con una precisión en el orden de los milisegundos.

Algunos tamaños típicos de RTU son:

Sistemas independientes (stand-alone) miniatura que operan con baterías por un año entero. Estos almacenan los datos en una EPROM o FLASH ROM y entregan dicha información cuando un operador accede a las mismas. A menudo estos sistemas emplean procesadores que incluyen una mínima cantidad de memoria y puede que no tengan la habilidad para manejar un protocolo de comunicaciones sofisticado.

Sistemas independientes pequeños que pueden activarse periódicamente y aplicar energía a sensores y radios) para medir y reportar, respectivamente. Usualmente operan desde baterías solares. Las baterías son suficientemente grandes como para

operar por al menos 4 meses. Estos sistemas generalmente tienen suficiente capacidad como para manejar un esquema de comunicaciones más complejo.

Sistemas Medios que son prácticamente pequeñas computadoras industriales que pueden ser hasta PCs industriales.

Sistemas Grandes que conforman una planta de control completa con todo lo necesario. Se las emplea generalmente en sistemas de control distribuido y a menudo pueden comunicarse sobre LSNs de alta velocidad donde la sincronización puede ser muy crítica.

2.5.4. Estándares

Las RTUs son dispositivos especiales a los que en un comienzo no se les dió suficiente normalización, especialmente en el área de comunicaciones, y generalmente las RTUs de un proveedor no podían mezclase con las de otro fabricante. Así, en esta parte la industria creció desarrollando protocolos, conversores y emuladores.

Finalmente se han producido estándares para normar el trabajo de las RTUs como:

1. DNP3 y IEC870 para las comunicaciones, y
2. la EC1131-3 para la programación de RTUs.

2.5.5. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA LAS RTUS

Los datos que se recopilan en las RTUs previo a su transmisió se encapsulan obedeciendo a protocolos como DNP3 y el IEC 870.

2.5.6. DNP3

El protocolo DNP fue originalmente desarrollado por la GE-Harris de Canada en 1990 y emitido en 1993. Ahora es administrado por el DNP Users Group: http://www.dnp.org

Un protocolo es un conjunto de reglas que definen cómo dispositivos pueden comunicarse entre ellas. Así, DNP3 es un protocolo para la transmisión de datos desde un punto A a un punto B usando comunicaciones seriales o, ahora, IP. Se empleaba principalmente para empresas eléctricas o de agua potable, pero en la actualidad trabaja muy bien en otras aplicaciones.

DNP3 fue diseñado para optimizar la transmisión de datos de campo y comandos de control entre estaciones (la mayoría de las veces computadoras) remotas y computadoras maestras. DNP3 usa el término estación externa (outstation) para referirse a estaciones remotas que se encuentran en el campo. El término maestro (master) se usa para las estaciones en el centro de control.

DNP3 no es un protocolo de propósito general como aquellos que existen en el Internet para transmitir email, hypertexto, peticiones SQL, multimedia y grandes archivos, sino para aplicaciones SCADA.

Base de datos en la unidad maestro y remota

La Figura 2.11 muestra la relación entre las unidades maestro-remota y da una idea simple sobre las bases de datos que hay a los dos lados y los procesos involucrados.

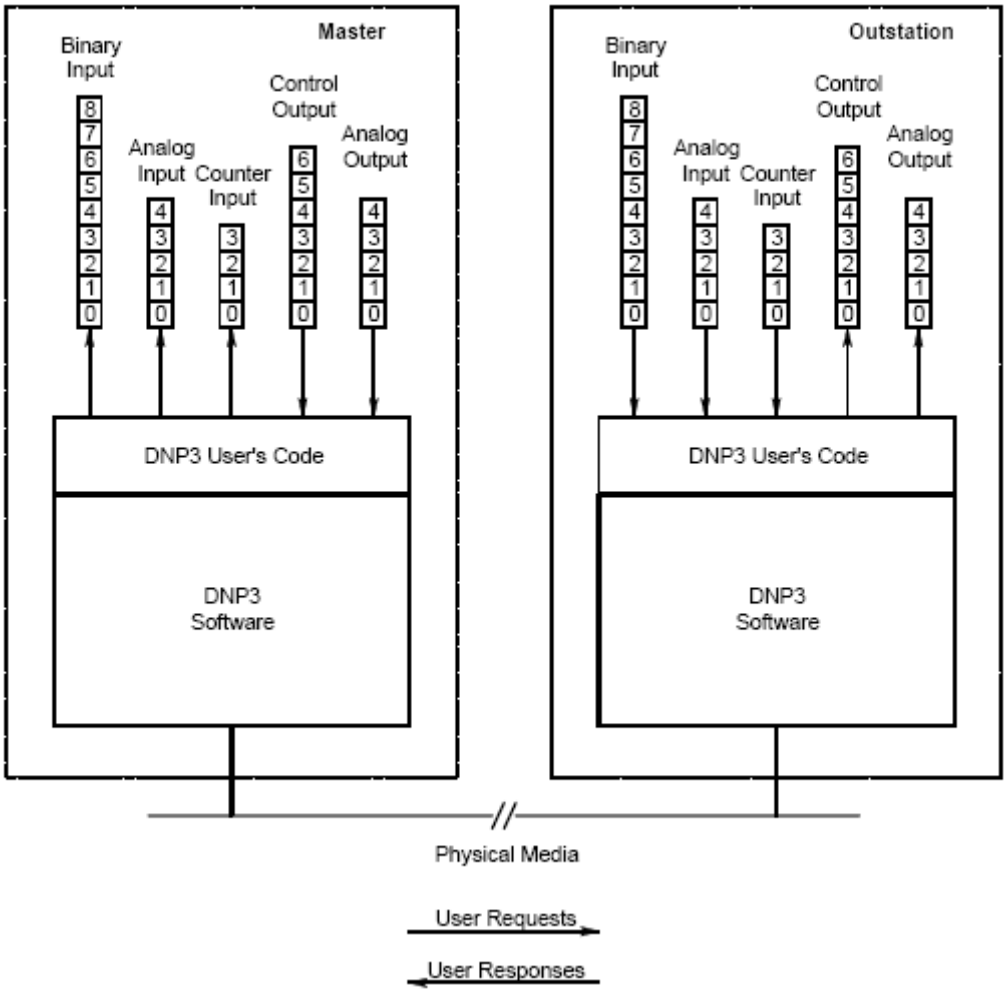


Figura 2.11. Relación Estación Maestra - Estación Remota.

La unidad maestra está a la izquierda y la estación remota a la derecha. Los cuadrados representan los datos que típicamente están almacenados en las bases de datos.

En la terminología de DNP3, los números de los elementos se denominan índices. Los índices tienen base-cero en DNP3, esto es, el elemento más inferior es identificado siempre con cero.

Uno de los objetivos del maestro es mantener su base de datos actualizada. Esto lo consigue enviando peticiones a las estaciones remotas solicitando los valores almacenados en su base de datos. A esta tarea se denomina polling.

Capas de DNP3

Los circuitos de comunicaciones entre dispositivos son a menudo imperfectos. Son susceptibles a ruido y distorsión de la señal. El protocolo DNP3 se divide en capas para proveer confiabilidad en la transmisión de datos y un método organizado para la transmisión de datos y comandos.

DNP3 trabaja con la capa física, de enlace de datos y de aplicación del modelo OSI.

La capa superior en la Figura 2.12 es la capa de usuario de DNP3. En el maestro, esta capa representa al software que interactúa con la base de datos e inicia las peticiones de datos hacia las estaciones remotas. En la estación remota, es el software que captura desde la base de datos remota los datos solicitados por el maestro.

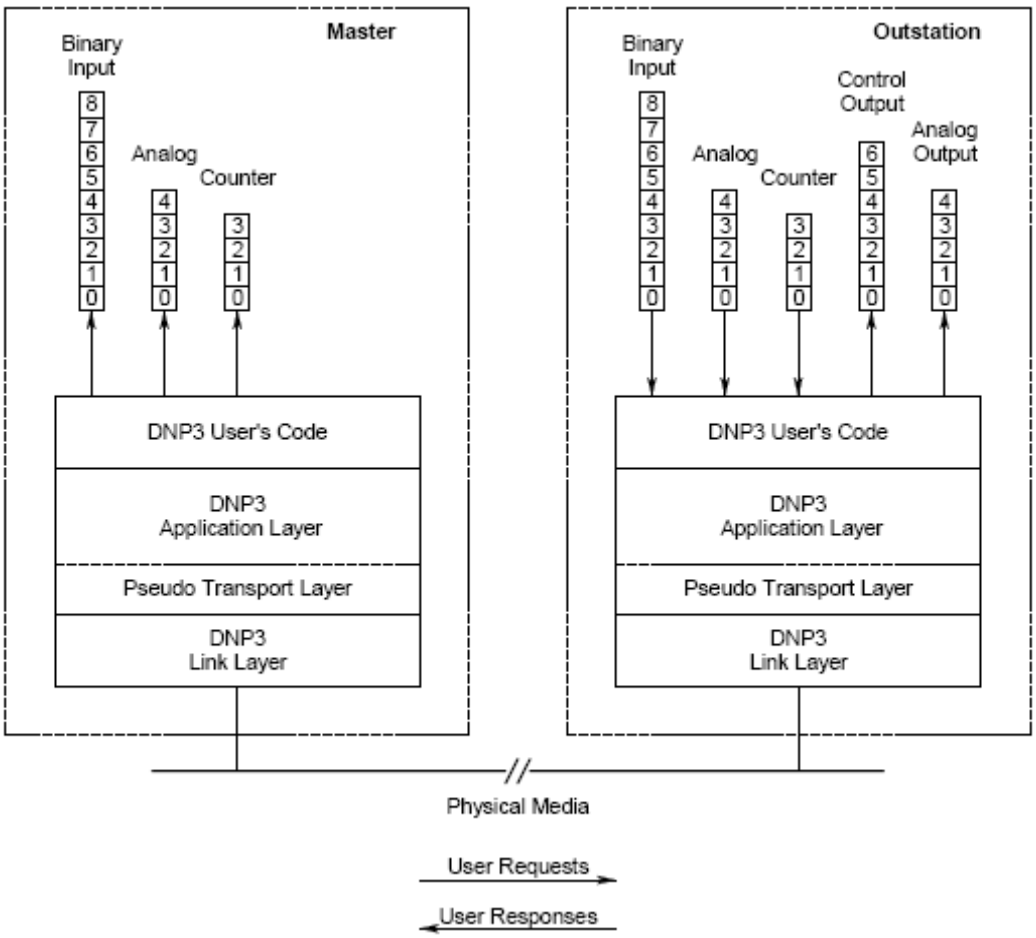


Figura 2.12. Capas de DNP3.

Capa de Aplicación

La capa de aplicación maneja mensajes. Un mensaje de la capa de aplicación se divide en fragmentos. El tamaño máximo de un fragmento está determinado por el tamaño del buffer en el receptor. El tamaño normal es de 2048 a 4096 bytes. Cuando un mensaje es más largo que un fragmento es dividido en varios fragmentos. La fragmentación de los mensajes es responsabilidad de la capa de aplicación.

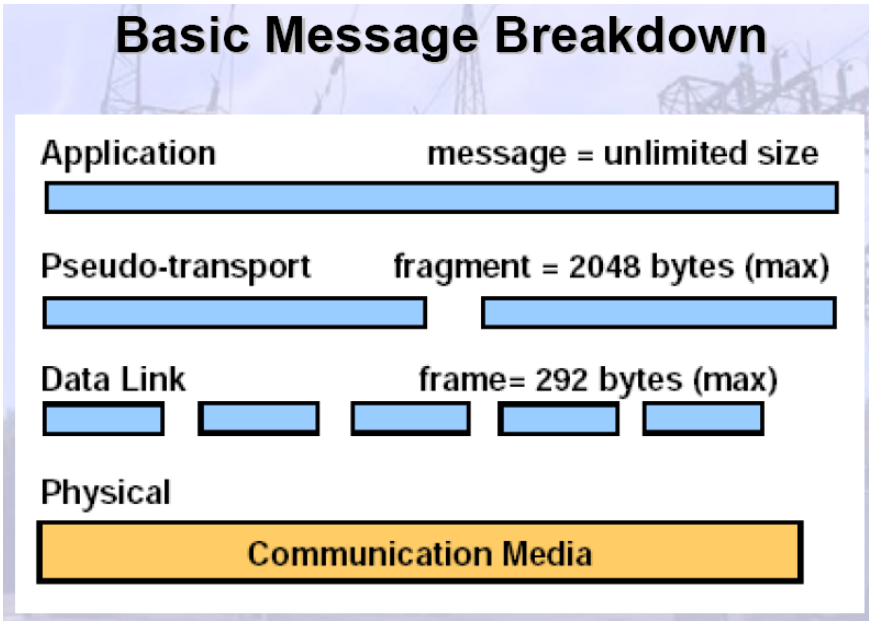


Figura 2.13. Mensajes, fragmentos y tramas en DNP3.

Note que un fragmento de tamaño 2048 es dividido en 9 tramas por la capa de transporte, y un fragmento de 4096 se divide en 17 tramas. Es interesante saber que experimentalmente se ha llegado a determinar que en un ambiente con bastante ruido las comunicaciones resultan más confiables si se reduce significativamente el tamaño del fragmento.

En el modelo OSI, la capa de transporte es la que encarga de dividir los datos de la capa de aplicación en segmentos pequeños, adecuados para que la capa de enlace los transmita, y, cuando son recibidas en el receptor, debe volver a re-emsamblar las tramas.

En DNP3 la capa de transporte está incorporada en la capa de aplicación. La capa de transporte requiere de un solo octeto para hacer su tarea. Por consiguiente, puesto que la capa de enlace puede manejar hasta 250 octetos, esto quiere decir que 249 octetos pueden ser de datos.

Capa de Enlace de Datos

La capa de enlace de datos es la responsable de mantener confiable el enlace físico. Para esto provee detección de errores y de duplicación de tramas. La capa de enlace de datos envía y recibe paquetes a los que en la terminología de DNP3 también se les denomina tramas (frames). En ocasiones se requiere la transmisión

de más de una trama para transportar toda la información desde un dispositivo a otro.

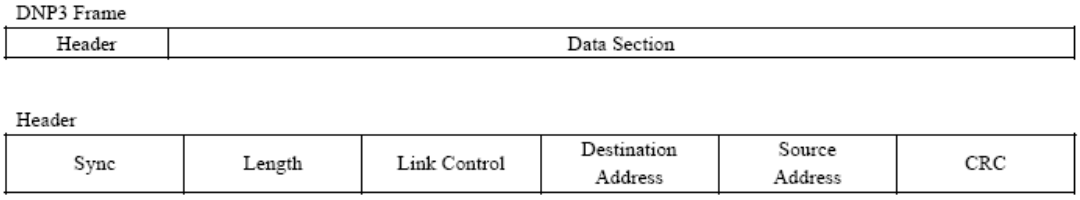


Figura 2.14. Formato de una trama n DNP3.

Una trama DNP3 consiste de un encabezado (header) y la sección de datos (data section). El header especifica el tamaño de la trama, contiene información de control del enlace de datos e identifica las direcciones de los dispositivos fuente y destino. La sección de datos contiene los datos a ser transmitidos (payload) y que vienen desde las capas superiores.

Cada trama comienza con dos bytes de sincronismo que ayuda al receptor determinar donde empieza la trama. La longitud (length) especifica el número de octetos en el resto de la trama, sin incluir los octetos de chequeo CRC. El octeto de control de enlace (link control octet) se emplea para que las capas de enlace transmisoras y receptoras coordinen sus actividades.

Direccionamiento (Addressing)

En la trama se incluye tanto la dirección de la estación fuente como del destinatario para de esa manera satisfacer el requerimiento para lograr una comunicación peer-to-peer. Se pueden tener hasta 65520 direcciones unicast.

Se ha reservado una dirección para broadcast, una dirección “universal”, y doce direcciones reservadas para necesidades especiales futuras.

Chequeo CRC

Los datos en la trama contienen un par de octetos CRC por cada 16 octetos de datos. Esto provee un alto grado de seguridad para detectar errores de comunicación. El máximo número de octetos de datos (data payload) es 250, sin incluir los octetos CRC. La longitud máxima de toda la trama es de 292 octetos incluyendo el header y los octetos de chequeo CRC.

“Confirmación” en la Capa de Enlace (Link Layer Confirmation)

En discusiones sobre DNP3 a menudo se escucha el término “confirmación de la capa de enlace (link layer confirmation)”. Esta característica de la capa de enlace de DNP3 se refiere a que el transmisor puede pedirle al receptor un “acuse de recibo” o “confirmación” de que la trama llegó correctamente al destino. Esta característica es opcional y muchas veces no se la activa pues se recurre a otros métodos para

confirmar la recepción de una trama. Así se provee un grado adicional de seguridad de una comunicación confiable.

Si no se recibe confirmación de una trama, la capa de enlace puede intentar una re-transmisión. La desventaja de emplear “acuses de recibo” es el tiempo extra que se requiere esperando la confirmación y el tener que esperar cuando se han configurado “reintentos”.

Capa Física

La Figura 2.15 muestra las topologías físicas típicas que se emplean en la actualidad. En la parte superior se tiene el ejemplo más simple de una estación maestra y una estación remota. La conexión física es una línea dedicada o una línea dial-up, cuyas características serán estudiadas más adelante.

El segundo tipo corresponde a una topología con multiples derivaciones. Una estación maestra se comunica con varias estaciones remotas.

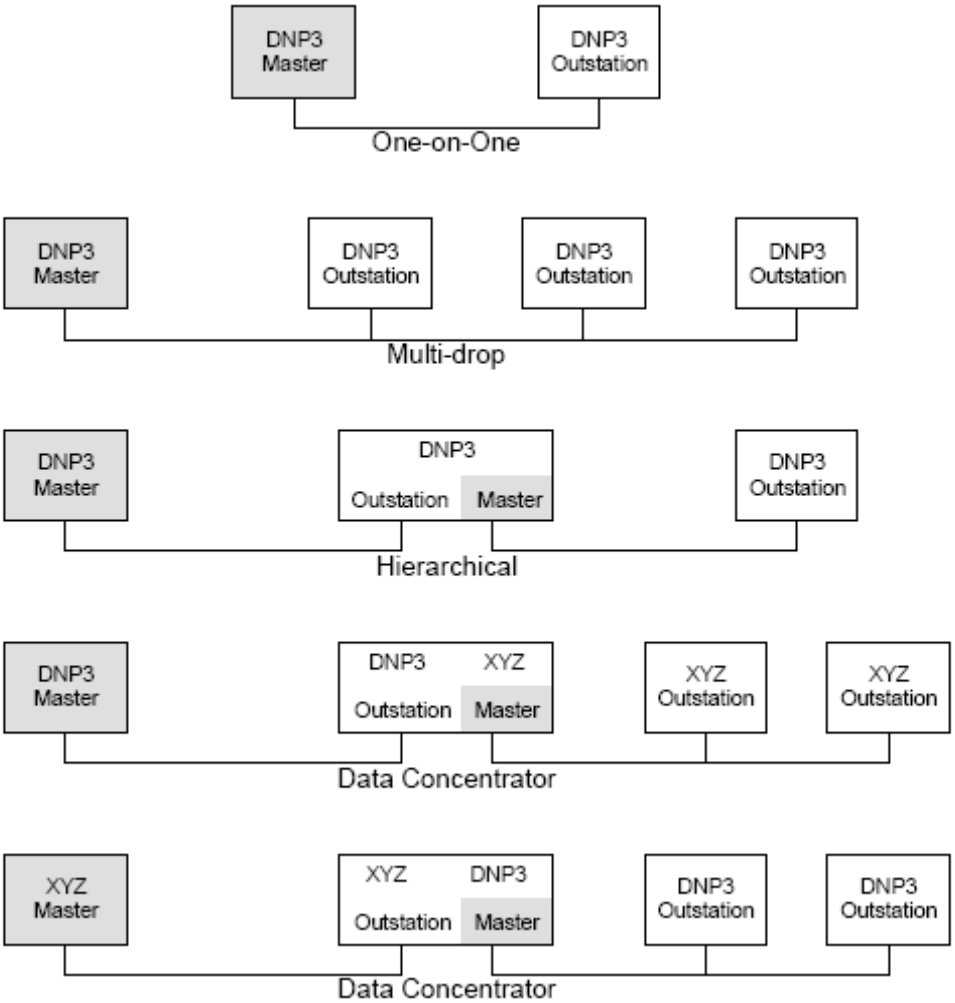


Figura 2.15. Topologías físicas.

Las conversaciones son típicamente una a la vez entre el maestro y las estaciones remotas. La unidad maestra “barre (multiplexing)” a las remotas por turnos. El medio

de comunicación puede ser una corrida con derivaciones, fibra óptica o radio. La red es tipo broadcast; es decir, si bien se envía una trama unicast a una estación remota, todas las otras la escuchan. Se puede configurar para que las estaciones remotas puedan o no puedan comunicarse entre ellas.

En algunas de estas redes las comunicaciones pueden ser peer-to-peer. Esto es, una estación puede actuar como maestro hasta obtener información de otra y luego intercambiar roles.

En la fila intermedia de la Figura 2.15 se tiene un arreglo jerárquico donde la estación intermedia es remota para la estación maestro de la izquierda, pero a su vez es maestro para la remota de la derecha. La estación intermedia es referida a veces como sub-maestra.

En las dos últimas filas se tiene ejemplos de concentradores y convertidores de protocolo. Un dispositivo reúne información desde los dispositivos a la derecha y almacena esta información en su base de datos, desde donde es extraída por la estación maestra de la derecha. Esta topología se ve a menudo cuando se combina RTUs con PLCs. El PLC reúne información desde dispositivos locales para enviarlos hasta las RTU para su transmisión a la MTU.

TCP/IP

Algunos proveedores ofrecen productos que operan sobre TCP/IP para transportar mensajes DNP3. Las tramas son encapsuladas en paquetes TCP/IP con lo que se posibilita que DNP3 pueda favorecerse de acceso a Internet que ofrece una recopilación económica de datos y control de dispositivos geográficamente separadas.

Resumen

Se puede ver que DNP3 es un protocolo que calza bien en el mundo de adquisición de datos, los transporta como valores genéricos, tiene un buen grupo de funciones y fue diseñado para trabajar en redes de comunicación de área amplia. El método estandarizado de capas más disponibilidad pública hace de DP3 un excelente protocolo.

2.5.7. IEC 870

Este protocolo fue desarrollado por el Comité Técnico 57 (grupo de trabajo 3) para telecontrol, tele-operación y telecomunicaciones asociadas, para sistemas eléctricos de potencia. El resultado de este trabajo son cinco especificaciones:

IEC 870-5-1	El formato de la Trama de Transmisión
IEC 870-5-2	Servicios de Transmisión de la Capa de Enlace
IEC 870-5-3	Estructura General de los datos en la Capa de Aplicación
IEC 870-5-4	Definición y codificación de los elementos de Información
IEC 870-5-5	Funciones de Aplicación básicas

El comité técnico 57 también produjo un estándar acompañante, el IEC 870-5-101 específicamente para las RTU. El IEC 870-5-101 se basa en los cinco documentos IEC 870-5-1 al 5.

Dentro de la terminología de este protocolo se emplean los términos Estación Controlada (Controlled Station) para referirse a las Estación Externa (Outstation), Estación Remota (Remote station), Unidad Terminal Remota (Remote terminal unit, RTU), y Estación Esclava (Slave station) monitoreadas o comandadas por una estación master.

Así mismo, denomina Estación Controladora (Controlling Station) a la Estación Maestra (Master station) la estación en la que se realiza el telecontrol de las estaciones externas.

De igual manera que de DNP3, el IEC 870-5-101, como todos los protocolos de comunicaciones, obedece a un esquema de capas

Capa de Aplicación

La capa de aplicación trabaja con ASDUs (tipo telegrama) que es derivada de la especificación IEC 870-5-3 que describe las Unidades de Datos de Aplicación Básica (Basic Application Data Units) para las tramas de transmisión en sistemas de telecontrol. Para la sub-clase 870-5-101 se seleccionan elementos de campo específicos desde ese estándar y se define las denominadas Unidades de Datos de Servicios de Aplicación (APPLICATION SERVICE DATA UNITs, ASDU). Las ASDUs se especifican como tramas de longitud variable. Las tramas de longitud variable se construyen según el formato-clase FT 1.2.

Si la estación de control central (controlling station) y varias estaciones externas (controlled stations) comparten un canal físico común, entonces el enlace debe ser operado tal que se evite la posibilidad de que más de una estación intente transmitir al mismo tiempo en el canal. La secuencia que permite a las estaciones externas acceso al canal se determina por un procedimiento que funciona a nivel de la capa de aplicación en la estación de control.

Capa de Enlace (Link layer)

La especificación IEC 870-5-2 ofrece una selección de procedimientos de transmisión a nivel de la capa de enlace usando un campo de control y un campo opcional para la dirección.

La IEC 870-5-101 especifica un formato de trama tipo FT 1.2. Esto quiere decir que cada trama debe:

Empezar con:

- un octeto Carácter de Inicio (START CHARACTER)
- un octeto Longitud de la Trama (FRAME LENGTH)
- un octeto Carácter de inicio (START CHARACTER)
- un octeto Dirección de enlace (LINK ADDRESS)

Y terminar con:

- un octeto CHECKSUM
- un octeto Carácter de Parada (STOP CHARACTER)

La IEC 870-5-101 es un protocolo asincrónico con una distancia de hamming = 4. Esto a su vez quiere decir que cada octeto debe ser empaquetado con un formato clase FT 1.1 con una distancia de Hamming de 2 que implica encapsular cada bloque o carácter de la forma siguiente:

Formato del Carácter

1 Bit de Inicio
1 Bit de Parada
1 Bit de Paridad (even)
8 Bits de Datos

Las tramas se forman juntando estos caracteres en concordancia con el formato FT 1.2, un ejemplo del cual se muestra en la Figura 2.16 a continuación.

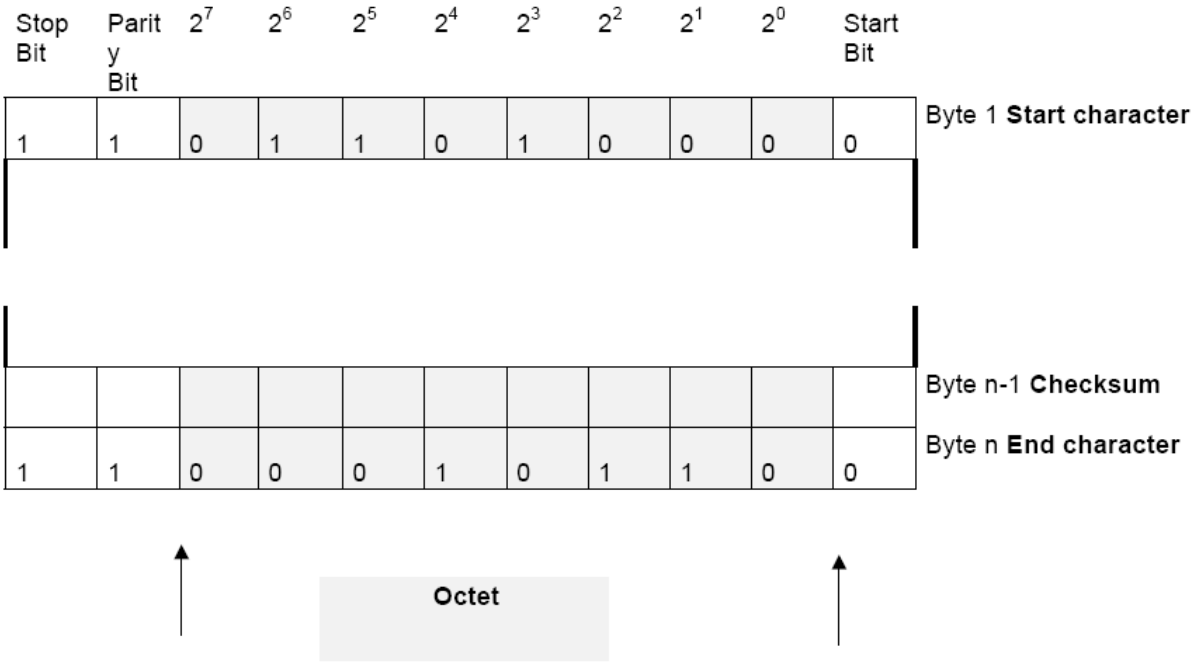


Figura 2.16. Formato FT 1.2.

El receptor acepta o rechaza una trama en concordancia con las reglas que se resumen a continuación:

1	Line idle is binary 1.
2	Each character has one start bit (binary = 0) 8 information bits, one even parity bit and one stop bit (binary = 1).
3	No line idle intervals are admitted between characters of a frame.
4	Upon detecting an error according to rule 6, a minimum interval of 33 bits (3 characters) is required between frames.
5	The sequence of user data characters is terminated by a 8 bits checksum (CS). The checksum is the arithmetic sum over all user data octets.
6	The receiver checks:

per character	the start bit, the stop bit and the even parity bit
per frame	the start character, the length (2 bytes in frames with variable lengths), the frame check sum and the end character and, upon detecting an error, the line idle interval specified by rule 4

Note que se hace doble chequeo: a nivel de cada bloque con el bit de paridad y a nivel de trama con el check sum.

Se definen tres clases de formatos de trama en la norma IEC 870-5-1.

Tal como ya se mencionó, secuencias de bloques FT 1.1 acompañados de un carácter de check sum forman tramas FT 1.2 con una distancia de Hamming de 4.

El formato de clase FT 2 es definido por un bloque codificado con una distancia de Hamming de 4 que contiene hasta 15 octetos de datos del usuario complementados por un octeto de chequeo.

El formato de clase FT 3 es definido por un bloque codificado con una distancia de Hamming de 6 que contiene hasta 16 octetos de datos del usuario complementados por dos octetos de chequeo.

Sin embargo, el protocolo IEC870-5-101 admite exclusivamente tramas con formato FT 1.2. Se admiten formatos de trama de longitud fija y variable y también un carácter de control. La Figura 2.17 muestra las tres tramas clase FT 1.2 aceptadas por la IEC 870-5-101.

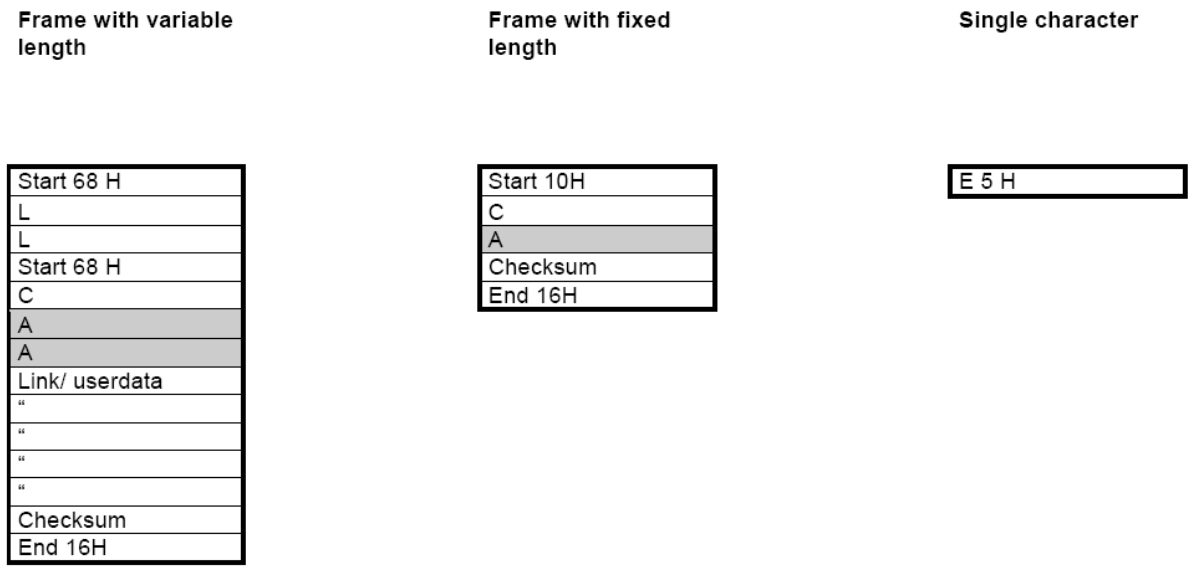


Figura 2.17 Formatos de las tres tramas FT 1.2 de la IEC 870-5-101.

Donde, cada campo en términos generales significa:

- L Campo de Longitud con un rango de 0 – 255.
- L Especifica el número de octetos de datos del usuario subsiguientes, incluyendo los campos de control y de dirección.
- C Es el Campo de Control

El campo de Control contiene información que define la dirección del mensaje, el tipo de servicio que se proveerá, y da soporte a funciones de control para suprimir la perdida o duplicación de los mensajes. En la Figura 2.18 a continuación se muestra el contenido del campo de Control

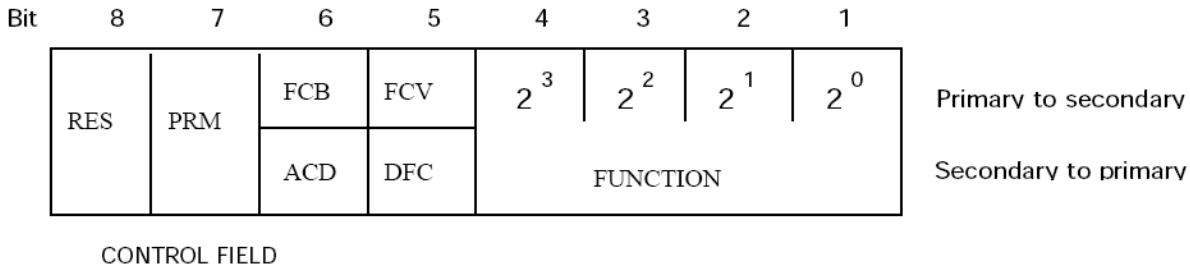


Figura 2.18. Contenido del Campo de Control:

El significado de cada bit se detalla en la Tabla 2.2 siguiente:

Tabla 2.2. Significado de los bits en el campo de Control

RES	Reserved
PRM	Primary message 0 = message from secondary(responding) station. 1 = message from primary (initiating) station.
FCB	Frame count bit: 0 - 1 = alternating bit for successive SEND/CONFIRM or REQUEST/RESPOND services per station. The frame count bit is used to delete losses and duplications of information transfers. The primary station alternate the FCB bit for each new SEND/CONFIRM or REQUEST/RESPOND transmission service directed to the same secondary station. Thus the primary station keeps a copy of the frame count bit per secondary station. If an expected reply is timed out (missing) or grabled, then the same SEND/CONFIRM and REQUEST/RESPOND service is repeated with the same frame count bit. In case of reset commands the FCB bit is always zero, and upon receipt of these commands the secondary station will always be set to expect the next frame primary to secondary with FCV = valid (FCV = 1) to have the opposite setting of FCB, i.e. FCB equal to one
FCV	Frame count bit valid. 0 = alternating function and FCB bit is invalid 1 = alternating function of FCB bit is valid SEND/NO REPLY services, broadcast messages and other transmission services that ignore the deletion of duplication or loss of information output do not alternate the FCB bit and indicates this by a cleared FCV bit
DFC	Data flow control 0 = further messages are acceptable 1 = further messages may cause data overflow Secondary (responding) stations indicate to the message initiating (primary) station that an immediate secession of further message may cause a buffer overflow.

ACD	Access demand. There are two classes of message data provided, namely class 1 and 2. 0 = no access demand for class 1 data transmission 1 = access demand for class 1 data transmission Class 1 data transmission is typically used for events or for messages with high priority. Class 2 data transmission is typically used for cyclic transmission or for low priority messages.

Campo de Dirección de la Capa de Enlace Address field (link)

Cuando la Dirección Común de la ASDU es de un solo octeto se tiene:

COMMON ADDRESS :=	UI8[1..8]	<0..255>
	<0> :=	no se usa
	<1..254> :=	dirección de las estaciones
	<255> :=	dirección broadcast

Cuando la Dirección Común de la ASDU es de dos octetos entonces se tiene:

COMMON ADDRESS :=	UI16[1..16]	<0..65535>
	<0> :=	no se usa
	<1..65534> :=	dirección de las estaciones
	<65535> :=	dirección broadcast

Tramas de Longitud Variable:

Esta trama es la que se emplea para la transmisión de los datos del usuario entre la estación de control y las estaciones controladas.

Tramas de Longitud Fija:

La trama de longitud fija normalmente se emplea para los servicios propios de la capa de enlace de datos. En casos especiales se las emplea como una trama de confirmación (acuse de recibo) en vez de la trama de un solo carácter.

Tramas de un Solo Carácter:

La trama compuesta de un solo carácter se emplea normalmente para confirmar (acuse de recibo) tanto los servicios de enlace o la recepción de los datos del usuario.

Capa Física

En la capa física, este protocolo es capas de dar soporte a varias topologías como las que se muestran en la Figura 2.19 a continuación.

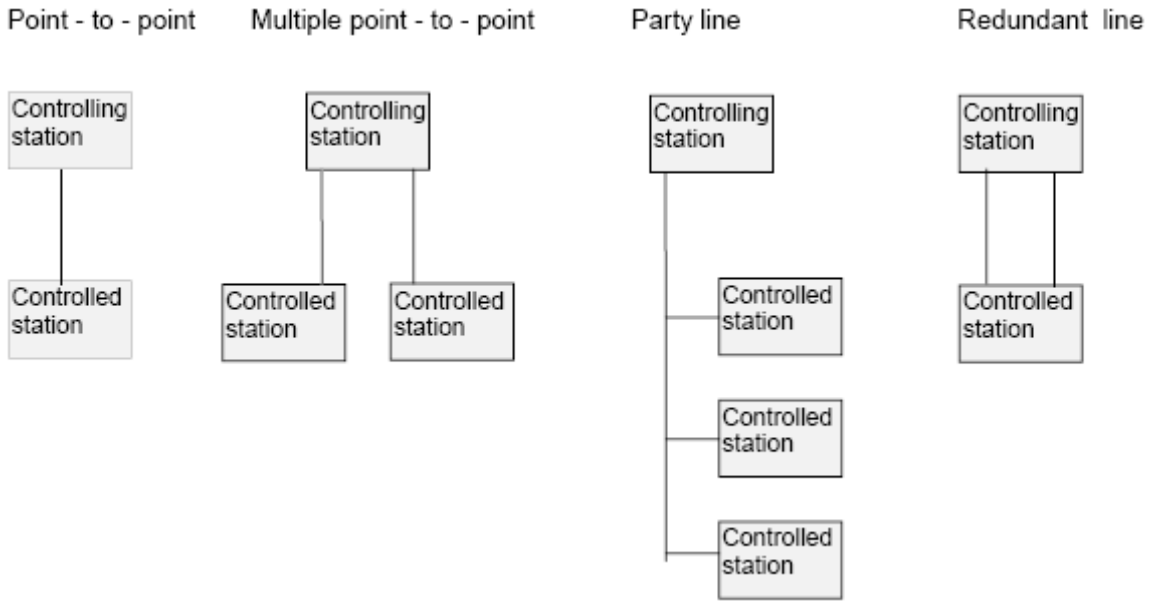


Figura 2.19. Topologías a las que da soporte IEC 870-5-101.

En la Figura 2.20 a continuación se muestran las posibles topologías que podrían implementarse empleando RTUs.

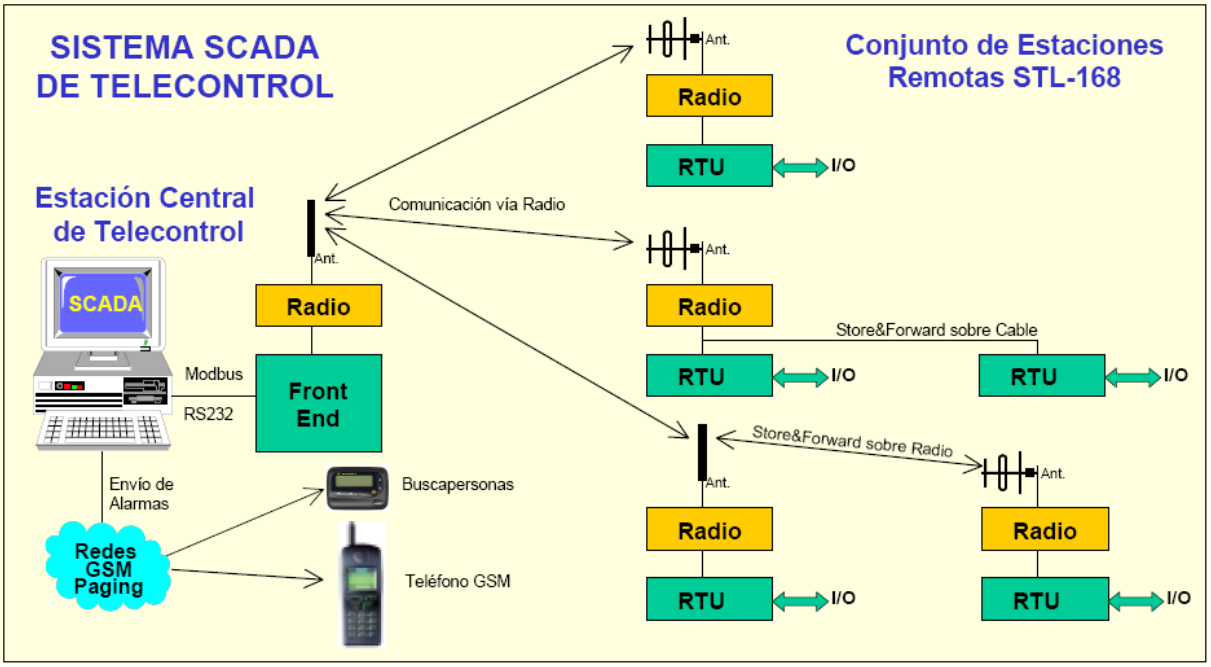


Figura 2.20. Ejemplo de un sistema SCADA con RTUs.

2.5.8. Especificaciones en las RTU

Para la adquisición de una RTU deben especificarse o tomar en consideración los parámetros que se listan a continuación:

1. Rangos de temperatura de la aplicación; por ejemplo: -10 a 65 grados centígrados.
2. Humedad Relativa.
3. Polvo, vibración, lluvia, sal y protección contra neblina.
4. Inmunidad a ruido eléctrico.
5. Tamaño físico tal que quepa en su planta.
6. Consumo de energía.
7. Capacidad de I/O. Siempre se debe dejar cierta holgura (por ejemplo de 10 a 20%). No se debe pedir salidas análogas si no se las necesita. Se debe considerar muy bien la precisión de los canales análogos y el tipo de las señales digitales que se espera; por ejemplo, 0-5v, etc.
8. Programabilidad y configurabilidad (Chequear la IEC1131-3 para conocer sobre la programabilidad).
9. Facilidades de Diagnostico - local y remoto.

10. Capacidad de Comunicación incluyendo soporte para radio, PSTN, línea terrestre, microonda, satélite, X.25. Recordar que el uso de la PSTN implica que la RTU deberá marcar fecha y hora y almacenar la información mientras no está conectada, y que el SCADA master puede llamar, para llevarse los datos y llenar su base de datos con información histórica (incluyendo archivos de tendencia). También se debe considerar como las alarmas se manejaran con la PSTN.

11. Protocolos de Comunicación. Prefiera protocolos estándar tal como el DNP3, IEC870, MMS en vez de protocolos propietarios.

12. Funcionalidad – por ejemplo marcación de fecha y hora, capacidad de memoria para almacenar información en el evento de pérdida de comunicaciones, habilidad para realizar cálculos.

13. Hay que buscar que soporten comunicaciones punto a punto incluyendo capacidad de almacenar y enviar si las comunicaciones son difíciles (especialmente por radio).

14. Definir las tasas de transferencia de datos (1200 baudios FSK, o 9600 baudios radio).

15. Se puede pedir pórticos seriales adicionales especialmente para interfaces con PLCs.

16. Enfatizar la precisión de la marcación de fecha y hora que debe hacer la RTU. El estándar en la industria eléctrica es de 1 milisegundo y esto solo se consigue con procesadores rápidos y una señalización precisa del tiempo por ejemplo desde GPS.

17. Capacidad de direccionamiento (ejemplo: máximo de 255 RTUs).

18. Actualizaciones de compatibilidad por software o por hardware.

19. Registro de errores y acceso remoto a tales registros.

20. Filtros digitales para las entradas análogas.

Arquitectura Actual

Hoy en día, con el empleo más generalizado de las redes digitales industriales, un sistema SCADA no solo que se diseña e implementa solo para procesos industriales ampliamente distribuidos geográficamente, como es el caso de los oleoductos, por dar un ejemplo conocido, sino que también pueden implementarse en complejos industriales concentrados en un solo sitio.

Aprovechando las redes de comunicación, industriales y administrativas, en los sistemas SCADA actuales existe una computadora central que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y generación de tendencias de un proceso. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y

están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar sus procesos. Es en estas computadoras donde se diseñan las HMIs compuestas de una o varias pantallas que, sobre todo, tienen el objetivo de facilitar la comunicación entre el usuario y el proceso, dando origen a los sistemas denominados “amigables (user friendly)”.

Si bien se empezó con sistemas SCADA basados en transmisores de corriente para procesos que abarcaban distancias encontradas en plantas industriales que caben un galpón industrial, para aquellas que abarcan áreas geográficas extensas se recurrió a técnicas de comunicación que fueron desarrollas para radio difusión, dando origen a arquitecturas como las que se muestran en la Figura 2.21 siguiente.

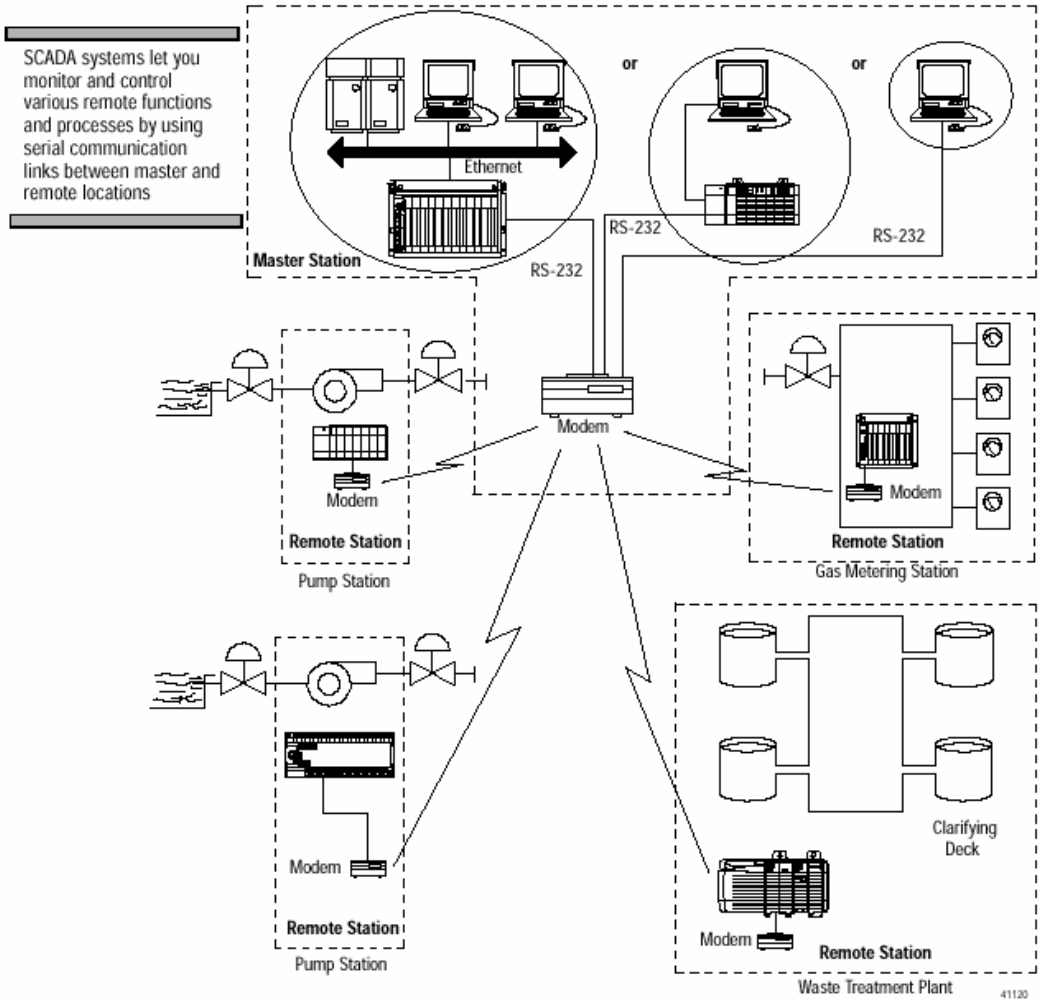


Figura 2.21. Arquitectura actual de un sistema SCADA.

La comunicación a nivel de campo se realiza mediante redes de campo industriales (HART, MODBUS, PROFIBUS, FIELDBUS, etc.) que se verán más adelante. Alrededor de la unidad master se implementan redes que, para conectarse a las redes administrativas, en su mayoría tipo Ethernet, recurren a redes tipo Ethernet

Industrial. Esto significa que en alguna parte deben conectarse ambas redes físicamente y lógicamente, un tema que será cubierto más adelante.

Para la comunicación entre las unidades remotas y la unidad maestra existen las opciones que se estudian a continuación.

2.6. MEDIOS DE COMUNICACIÓN PARA SISTEMAS SCADA

La comunicación en los sistemas SCADA puede lograrse mediante los métodos siguientes:

Por Cable:

Cables propietarios, cables (líneas) rentadas y fibra óptica pertenecen a esta categoría. En el caso de los cables propietarios, la industria realiza una inversión en el tendido de sus redes de comunicación, lo que requiere generalmente de costos iniciales elevados. Con las líneas propietarias se tiene la ventaja de que se puede emplearlas a voluntad y sin tener que compartirlas. Un aspecto importante que debe evaluarse es que se deberá contratar personal para que mantenga operativo el sistema de comunicaciones y le de mantenimiento.

En el caso de las líneas rentadas, entidades privadas o estatales proveen una o varias líneas para la industria que solicita tal servicio. Estas líneas pueden ser dedicadas o compartidas. Con esta alternativa, la ventaja está en que la empresa se ahorra el costo de equipos y de instalación. La desventaja de este servicio es su costo pues se debe pagar una cuota inicial de conexión y luego una renta mensual. Las tareas de mantenimiento las realiza la empresa que provee el servicio.

Dentro de esta categoría se cuenta ahora con otra opción: el TV Cable, que posibilita el envió de datos por el mismo cable que se emplea para trasmitir los canales de TV empleando la técnica de FDM. Este servicio, que provee una conexión permanente, tiene un costo de US$ 60.00 dólares en nuestro país, con un ancho de banda de 64 Kbps compartido. Lamentablemente, hay sitios donde se carece del servicio de TV Cable.

Por Radio

Se refiere a enlaces de comunicaciones por medio de transmisiones inalámbricas, empleando desde RF hasta Microondas. También se puede recurrir a enlaces satelitales.

Vale anotar que se suele diseñar estos sistemas tal que los equipos de transmisión en cada sitio deban encenderse para transmitir y apagarse para recibir (el equipo de radio es el que deberá actuar). En diseños de este tipo deben seleccionarse RTUs que estén diseñadas para realizar esta tarea de conmutación.

Los sistemas de radio pueden ser de propiedad de la empresa, típicamente, pero también es posible contratar el servicio. En el mercado existen radios en la banda de los 150 y 450 MHz (hay que pagar una licencia) para comunicaciones industriales, o

aquellos que usan Espectro Disperso (Spread Spectrum) que no requieren el pago de licencias.

Líneas telefónicas (Dial – up)

Son convenientes cuando las comunicaciones vía cable o radio no son posibles debido a la distancia, terreno, etc. En este caso se recurre a la PSTN (red telefónica pública) que en nuestro caso sería ANDINATEL, PACIFITEL o ETAPA.

Las RTUS que deban emplear esta metodología de comunicación deben ser capaces de efectuar una llamada telefónica (dial - up) al otro sitio.

Un inconveniente para emplear esta tecnología sería que no exista servicio telefónico justo en el sitio donde está ubicada una RTU. Este problema se soluciona si la zona está dentro de la cobertura de una de las redes de celulares. De ser así, entonces se recurre a modems CDPD o, mejor, MODEMS GPRS.

Dentro de esta categoría se ofrece ahora enlaces vía: ISDN y ADSL.

La Red Digital de Servicios Integrados (ISDN las siglas en Ingles) ofrece una comunicación con dos canales para transportar los datos del usuario (Bearer Channels) de 64 Kbps que pueden ser: voz digitalizada, datos binarios o video digitalizado y uno para señalización (D Channel) de 16 Kbps que es el que se encarga de establecer o terminar una comunicación. A este servicio se le denomina básico (BRI).

Una línea telefónica normal se enlaza a un dispositivo especial, conocido como Network Terminal (NT1), que posibilita la conexión de dispositivos del usuario compatibles con ISDN (TE1), tal como se muestra en la Figura 2.22.

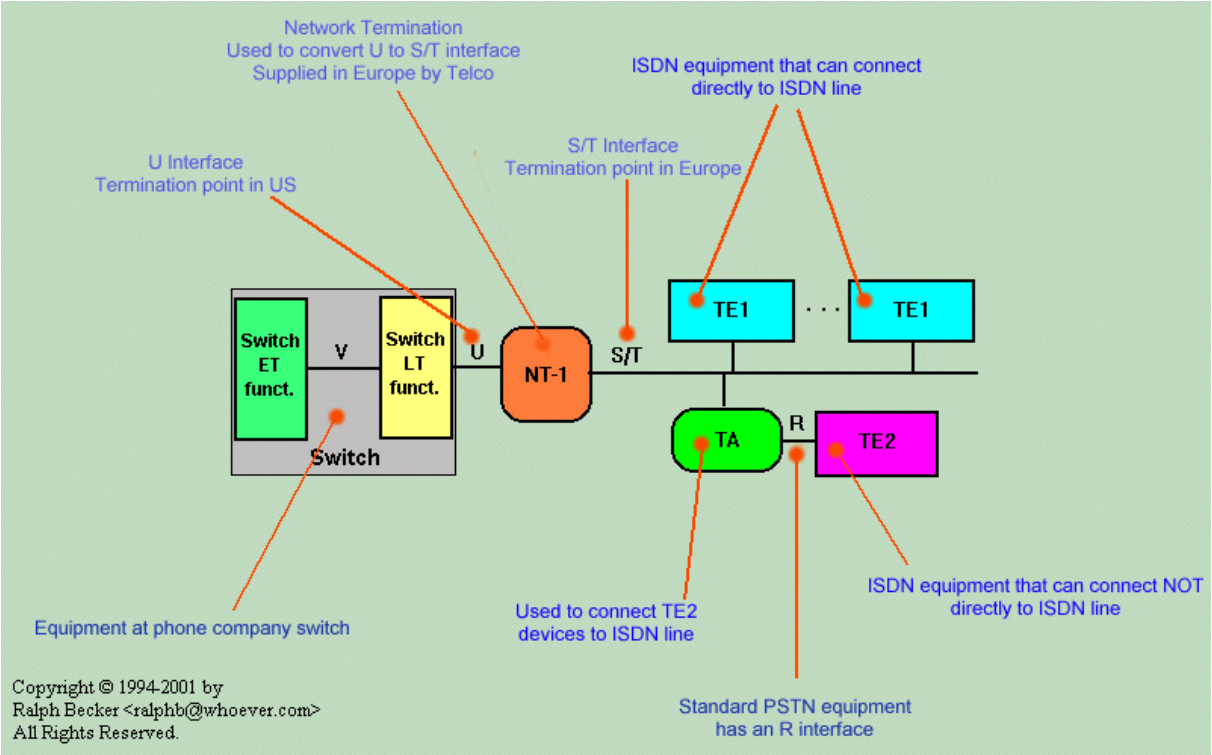


Figura 2.22. Componentes de un enlace de comunicaciones ISDN.

Es posible conectar dispositivos que no soportan ISDN por medio de unos adaptadores especiales conocidos como TA.

Para enlaces continuos hay ahora otra excelente alternativa conocida como ADSL. ADSL (Línea de Subscriptor Digital Asimétrica) es un servicio permanente que funciona sobre la línea de abonado de voz tradicional. Al decir permanente se quiere decir que no se necesita marcar un número para lograr la comunicación. Esta tecnología tiene como fin aprovechar al máximo el par telefónico del abonado /la última milla) hasta un ancho de banda de aproximadamente 1,1MHz.

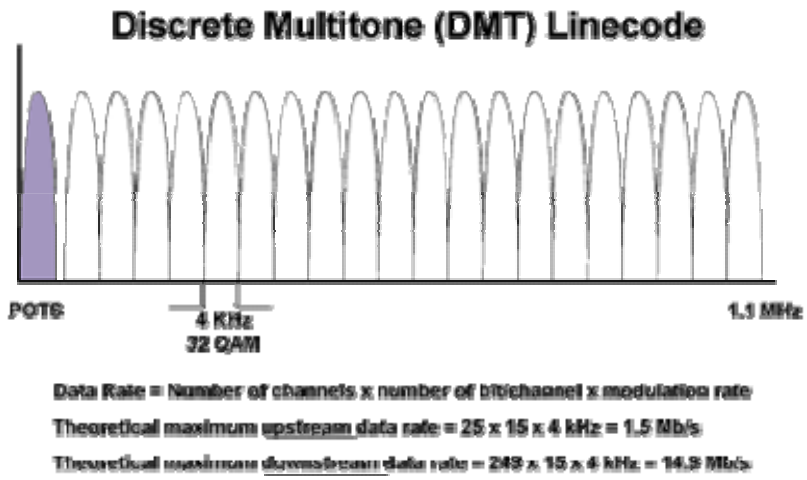


Figura 2.23. DMT en ADSL

Para conseguir esto se trabaja usando FDM (o mejor dicho: Codificación de Línea Miltitono discreta) sobre los 4 KHz que quedan reservados para que el abonado utilice su línea telefónica de forma habitual, por lo que se puede hacer una llamada telefónica normal y al mismo tiempo hacer transmisión de datos.

Tanto para el canal de subida (Upstream) como para el de bajada (Downstream) se puede separar un cierto número de sub-canales de 4 KHZ cada uno. En ADSL se selecciona un número menor de sub-canales para el canal de subida (uplink) y un número mayor para el de bajada (downlink), de allí la asimetría.

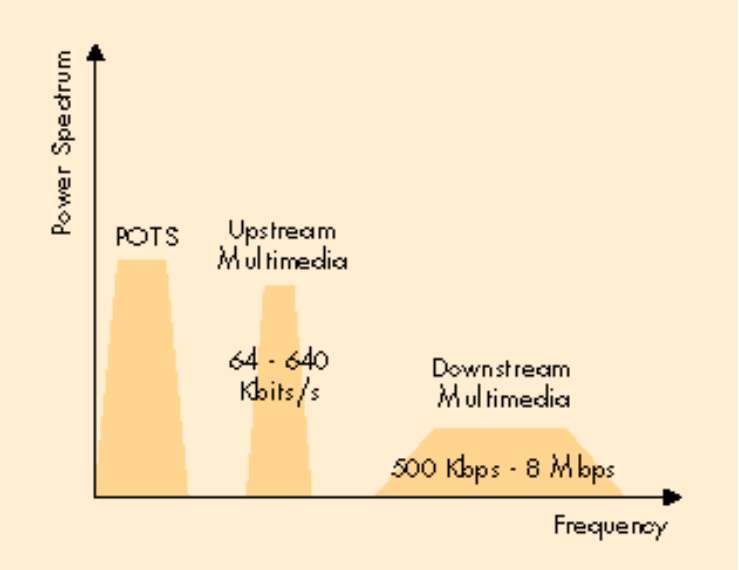


Figura 2.24. Ancho de banda en ADSL.

Un filtro pasabajos, conocido como “Divisor (Splitter)” separa las señales de voz de las de datos y así se puede trabajar con ambas señales al mismo tiempo.

En el lado del abonado se instala una ADSL Transmission Unit-Remote (ATU-R) que aunque originalmente fue especificada solo para ADSL, ahora hace referencia a cualquier servicio DSL. Esta unidad es la que provee la modulación ADSL sobre la línea de teléfono.

En el lado del proveedor del servicio se instala una ADSL Transmission Unit-Central Office (ATU-C), que termina el circuito en el otro lado de la línea de cobre y coordina el enlace en el lado del proveedor. Una desventaja del ADSL es que el ancho de banda llega a depender de la distancia que hay entre el abonado y la central de conmutación próxima.

En nuestro país no se cuenta con este servicio en toda el área urbana pero poco a poco se está extendiendo, con lo que se espera que baje su costo.

Mas reciente, ya hay disponible en nuestro país acceso por Cable MODEM, con lo cual sería factible acceder a un ISP y, mediante el INTERNET o Redes VPN (Virtual Private Networks), conectar las estaciones remotas a la maestra. Así mismo, cada

vez se está optando por emplear las redes de telefonía celular y aprovechar la tecnología GPRS para trasmitir datos vía GSM.

2.6.1. Sistemas de Telemetría

Ante la variedad de opciones se ha definido una forma para clasificar a los sistemas de telemetría en general y sistemas SCADA en particular, dependiendo de su modo de operación:

Sistemas MODO – A: DIALING THE RTUs

Aquellos sistemas que usan la redes públicas de telefonía en modo dial-up se denomina sistemas Modo – A. Estos sistemas pueden comunicarse por voz o lenguajes compatibles con las computadoras.

Las ventajas de los sistemas Modo – A son:

1. Costos de comunicación bajos. Solo hay el costo de cada llamada y la instalación de un conector de teléfono en el sitio desde donde se desea la comunicación.

2. Se puede tener acceso desde cualquier sitio remoto, en cualquier parte del mundo en donde exista una línea de teléfono.

Hay RTUS a las que se les puede llamar y estas generan un reporte hablado, empleando mensajes que se grabaron durante la instalación.

Aquellas RTU que se comunican en modo ASCII, lo hacen en lenguajes aceptados por las computadoras (lenguaje de máquina) y se les puede acceder desde cualquier combinación de computadora y MODEM.

Los sistemas MODO A no son apropiados para aplicaciones que requieren estar en comunicación continua con la RTU.

Sistemas MODO – B: Barrido constante de las RTUs con una computadora

Aquellos sistemas en los que las RTUs se comunican en forma continua con una Estación Central se denominan Modo – B. La Estación Central en general es una computadora. Estos sistemas se comunican en lenguajes de máquina.

Las ventajas de estos sistemas son:

1. Supervisión continua de todos los sitios remotos en el sistema desde una Estación Central.

2. Actualización rápida con la información entrante.

3. Ejecución rápida de los comandos de salida.

Sistemas MODO – C

Aquellos sistemas que transfieren información desde un punto a otro se denominan Multiplexores de Señal o Sistemas Modo – C. Estos consisten de 2 o más RTUS y módulos multiplexores comunicándose entre si en lenguaje de máquina sobre cable o radio. Las señales análogas y digitales son transferidas así desde un punto hasta cualquier otro en el sistema.

La ventaja de los sistemas Modo C y Multiplexores de Señales está en la reducción de los costos de cable o radio transmisión en tanto en cuanto múltiples señales análogas y digitales pueden ser transmitidas y receptadas sobre un solo enlace de cable o radio.

La selección entre comunicación continua o dial-up depende de las circunstancias propias de una aplicación. Si se tiene que monitorear, por ejemplo, la altura de un reservorio en Papallacta desde Quito, llamar a la RTU se convierte en la única solución práctica. Pero, si se debe monitorear una tubería en la que constantemente hay fluctuaciones de presión y se deben ejecutar cálculos complejos para comandar válvulas de control, entonces la única alternativa será no solo tener comunicación continua sino tender una red de RTUS a lo largo de la tubería.

2.7. Necesidad de un sistema SCADA

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

1. Que el número de variables del proceso que se necesita monitorear sea alto.
2. El proceso debe tener transmisores y actuadores geográficamente distribuidos. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
3. La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o, en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
4. Que exista la necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
5. Que los beneficios obtenidos en el proceso a ser controlado justifiquen la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse en aumento de la producción, de la confiabilidad, de los niveles de seguridad, etc.
6. La complejidad del proceso requiere que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se podría optar por un Sistema de Control Automático, el cual puede constituir o ser parte de un Sistema de Control Distribuido, que contaría con PLCs, Controladores o una combinación de ellos.

2.8. Funciones de un sistema SCADA

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

1. Automatización: Se refiere a recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, desde los equipos de campo: estados de dispositivos, magnitud de variables. También se refiere a ejecutar en forma automática disparo de alarmas para que el operador pueda notar un estado anormal en el proceso.
2. Supervisión: Por medio de la HMI mostrar y / o alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Basados en los datos enviados, el operador podrá iniciar acciones de control, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc., con la aclaración que ya se hizo al respecto.
3. Manejo de alarmas: Disparar alarmas en forma automática para que el usuario pueda ejecutar acciones que controlen las situaciones anómalas que las generaron.
4. Generación de reportes: Basadas en la información obtenida por el sistema es posible generar: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc.

2.9. Conceptos asociados a un sistema SCADA

2.9.1. Tiempo real

Resumidamente hablando, “en tiempo real” significa que un dispositivo de medida es capaz de mostrar el valor de una variable en el instante preciso en que la misma efectivamente tiene ese valor. Cuando se emplea computadoras, controladores o cualquier dispositivo que funciona en base a un programa de computación para procesar información de campo, aparece un desfase en el tiempo, un retardo, que puede incidir en la exactitud instantánea del valor mostrado. Esta falta de exactitud puede pasar desapercibida, particularmente en la medición de variables “lentas” o puede ser considerable si se trata de variables “rápidas”.

Retardo o latencia también pueden aparecer en los nuevos dispositivos que conforman una red moderna de telecomunicaciones como switches y ruteadores. Consecuentemente, el término tiempo real deberá también tomar en consideración estas demoras en la transmisión.

Pero, por otro lado, tiempo real es un término que debe ser valorado apropiadamente en un ambiente industrial. Tome por ejemplo la situación siguiente: una termocupla indica que un dispositivo excedió su temperatura y alerta al respecto. La orden correctiva va a una válvula por una red de comunicaciones que demora el comando 2 segundos. ¿Es esta demora crítica, si la válvula para corregir el problema se demora 60 segundos?

Es por esto que para ciertas aplicaciones se llega a definir el retardo que puede ser tolerado por el proceso y en este contexto "estrictamente en tiempo real" significa que un sistema reacciona a los eventos externos dentro de ese tiempo especificado en un 100% de los casos. Además si se habla de “tiempo real” el sistema debe responder en tiempos concretos también en un 100% de los casos. Si los tiempos concretos de reacción llegan a superarse sin causar problemas irreversibles, como en sistemas no críticos, se habla de "tiempo real suave".

2.9.2. Estructura Abierta

Vale indicar que aún no se ha establecido un estándar para las extensiones en tiempo real en cuanto a los sistemas operativos. Así que la principal ventaja de un sistema basado en PC - su estructura abierta – puede llegar a ser un inconveniente. No obstante, la estructura abierta, permite a la empresa o al desarrollador más libertad en la elección de la herramienta adecuada para el diseño, programación e implementación del sistema SCADA. La solución comienza a ser propietaria nuevamente (cada empresa ofrece su solución) y la conversión a futuras generaciones de sistemas operativos se hace más difícil.

En la Figura 2.25 se muestra la nueva concepción para sistemas SCADA

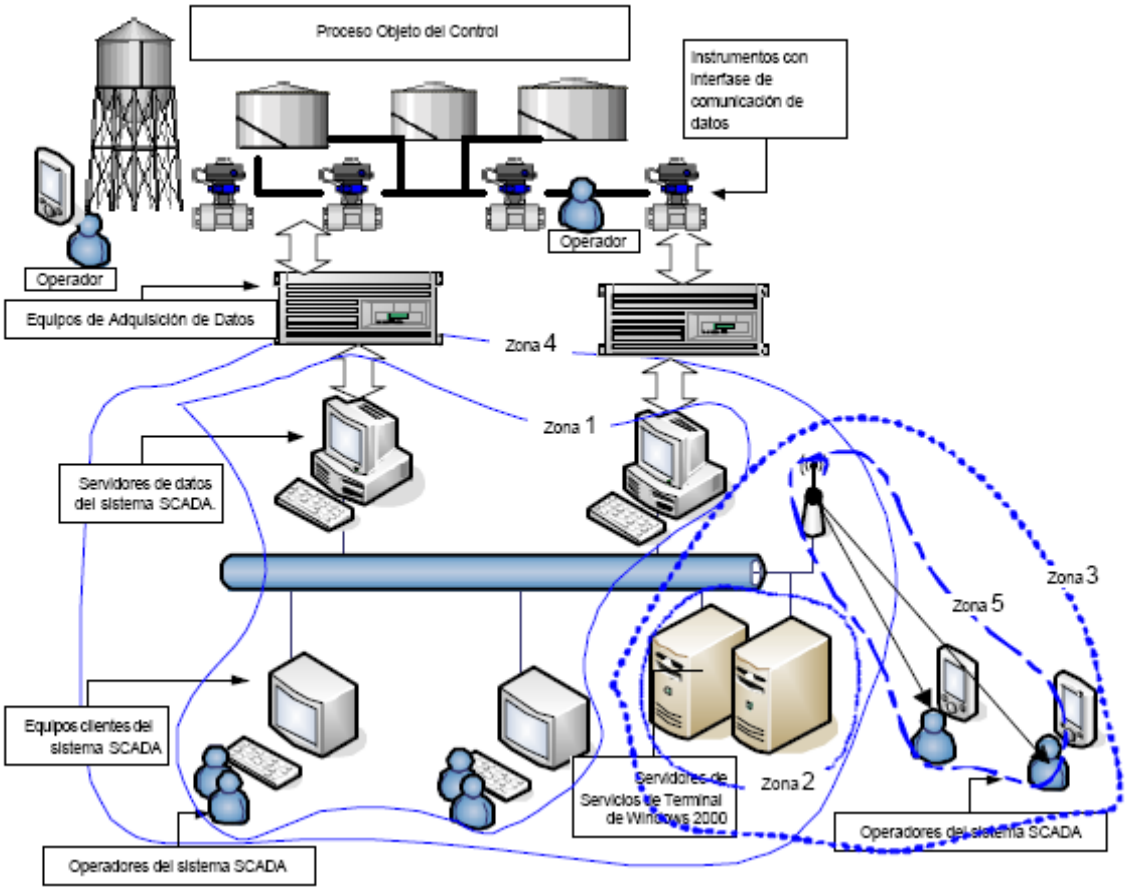


Figura 2.25. Nuevo concepto de un sistema SCADA.

Donde cada zona tiene la significación siguiente:

Zona	Capítulo	Descripción
Zona 1	Aplicación SCADA.	Zona de aplicación del sistema SCADA relacionada al proceso que se controla.
Zona 2	Servicios de Terminal.	Análisis de la funcionalidad de los Servicios de Terminal de Windows 2000
Zona 3	Protocolo RDP 5.0	Análisis del protocolo RDP versión 5.0 utilizado por los Servicios de Terminal de Windows 2000.
Zona 4	Aplicación en los Servicios de Terminal.	Análisis de las aplicaciones empleadas en los Servicios de Terminal
Zona 5	Redes inalámbricas y dispositivos de mano.	Factores relacionados con la construcción de redes inalámbricas.

DCS (Sistemas de Control Distribuido)

2.9.2. Evolución Histórica de los DCS

La problemática que se tenía por el año 1959 era la de controlar plantas que abarcaban espacios geográficos amplios y que controlaban gran número y variedad de dispositivos. Frente a esta necesidad se dio la evolución de los sistemas de control distribuido en la forma como se muestra en la Figura 2.12.

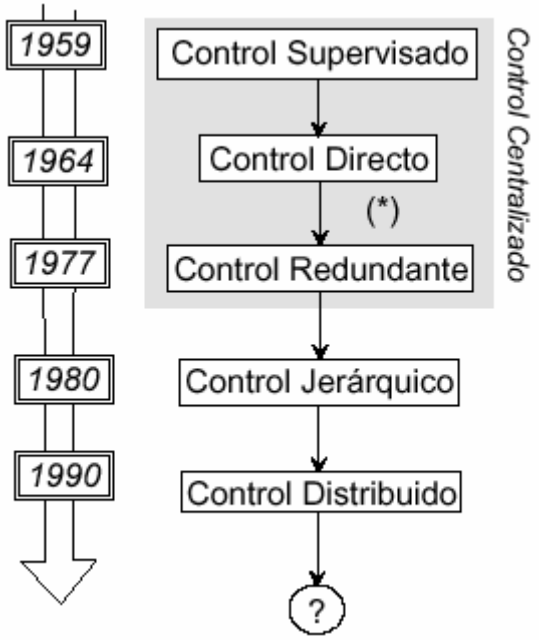


Figura 2.12. Evolución Histórica del DCS

2.9.3. Definición de Control Distribuido

Se definió que el término distribuido se refiere a la práctica de llevar a cabo las funciones de control a través de una serie de módulos de control autónomos, distribuidos físicamente si se desea, y enlazados por un camino de comunicación. Está conformado por PLCs o computadoras, entre los que se dividen todas las tareas de control, aunque puede haber sistemas con características jerárquicas (modelos híbridos)

2.9.3.1. Características

- ✓ Paralelismo en el Control de Procesos.
- ✓ Tiempo Real en el Control y en las Comunicaciones.
- ✓ Sistema de Comunicaciones Determinista Adaptado a Diferentes Entornos.
- ✓ Apertura (*openness)*: uso de estándares abiertos.
- ✓ Flexibilidad de Adaptación a Distintas Tareas.
- ✓ Escalabilidad.

2.9.3.2. Ventajas

- ✓ Mayor robustez a fallos de algún ordenador.
- ✓ Mayor eficiencia debida al proceso paralelo.

- ✓ Menor rigidez en los dispositivos.
- ✓ Mayor escalabilidad.
- ✓ Cobertura de plantas de mayor tamaño.

2.9.3.3. Desventaja

- ✓ Necesidad de alto flujo de datos en caso de distribución automática de tareas.

2.9.3.4. Componentes

- ✓ Sistema de Comunicaciones.
- ✓ Dispositivos de Control (PLCs, Controladores, dispositivos de adquisición de datos, DSPs, etc.).
- ✓ Computadoras.
- ✓ Aplicaciones (software) para el control y la supervisión.

2.10.3. HARDWARE DE CONTROL EN LOS DCS

Las tareas automatizadas de control pueden ser efectuadas por PLCs, Controladores o por sistemas de control basados en una PC. Lo que al final es lo más práctico, depende de un gran número de factores y la mayoría deben ser considerados individualmente para cada proyecto de automatización.

Los controladores fueron los primeros instrumentos en ser empleados para propósitos de control. Un algoritmo grabado en su memoria les permitía detectar el valor de una variable física y, sobre la base de un algoritmo de control, envían órdenes que tienen como destino final dispositivos tales como válvulas, motores, etc. Su característica principal, y quizás su punto más débil, es que son generalmente instrumentos de propósito específico; es decir, son diseñados para trabajar generalmente con un solo tipo de variable física como: temperatura, nivel, flujo, etc.

Los PLCs surgieron precisamente porque corrigieron la debilidad de los controladores. Estos dispositivos, como su nombre lo sugiere, son también controladores pero tienen la virtud de acoplarse a casi cualquier variable física o situación gracias a que son programables. Se puede decir entonces que los PLCs son controladores de propósito general, pero, si se desea, se los puede convertir de propósito específico, con solo cambiar su programación interna. Los PLCs han estado desde hace mucho rato en el campo y hay bastantes procesos de las plantas industriales bajo su control. Esto implica que hay mucha inversión en equipos y en personal entrenado en su programación.

En un principio, el control de procesos industriales se venia haciendo por medio de contactores y relees unidos por cables. Cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

La introducción del circuito integrado en 1959 significó un paso importante en el desarrollo del primer PLC. Los PLCs se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relees y contactores. Tradicionalmente, cuando se debía modificar un

modelo, la planta debía cerrarse mucho tiempo. Una de las tareas que más tiempo tomaba era rehacer y revisar el cableado de relees y paneles de control. El problema de los relees era que cuando los requerimientos de producción cambiaban también lo hacía el sistema de control. Esto comenzó a resultar bastante caro cuando los cambios fueron frecuentes. Dado que los relees son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada, se requería una estricta manutención planificada. Por otra parte, a veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relees, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento.

Tomo 10 años para que el primer PLC sea desarrollado. En 1968, un grupo de ingenieros de Hydra – Matic, una división de la General Motors produjo el primer PLC. El MODICON 084 resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente.

Por 1970, el PLC se hizo más común en la industria, inicialmente como un simple reemplazo de aplicaciones que tenían secuencias de relees. El PLC nació entonces como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un PLC no era más que un aparato electrónico que sustituía los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectaban los captadores (finales de carrera, pulsadores, etc.) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.) por otra.

En la actualidad un PLC es la selección preferida en aplicaciones de control industrial y se los encuentra con un número de funciones complejas, cada vez más creciente. De hecho, un PLC actual es un microcomputador que maneja aplicaciones de control industrial. Si bien las operaciones booleanas e instrucciones de comando para relees fueron las primeras en implementarse en la lógica del PLC, ahora se cuenta con funciones complejas que operan con arreglos de estructuras y una variedad de formatos numéricos, así como también con grandes cantidades de memoria y altas velocidades de ejecución. De esta forma, el desarrollo de cualquier aplicación de control es una tarea relativamente simple. Ahora no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. La computadora y los PLCs han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

La potencia de un PLC está directamente relacionada con la velocidad de ejecución del programa para manejar las variables controladas. Un PLC del mercado actual tarda unos 0,15 ms por cada mil instrucciones, resultando perfecto para el control de cualquier automatismo. El fin de dicha ejecución es provocar el cambio de las variables que se controlan.

Se ha indicado repetitivamente que eL PLC fue inicialmente diseñado como una solución para reducir el trabajo de re-cablear un proceso tanto como sea posible. De aquí que sus especificaciones iniciales fueron:

- Facilidad de programación y re - programación, preferentemente directamente en la planta.
- Ser más pequeño que los relees a los que pretendía reemplazar.

SIMATIC PCS 7 BOX, el sistema de entrada en la gama

- Que tenga un costo competitivo con los paneles de control con semiconductores y relees que se usaban en ese entonces.
- Que sea de fácil mantenimiento y reparación.

Los requerimientos han cambiado y ahora los "nuevos controladores" deben ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento. El tiempo de vida debe ser largo y los cambios en el programa tienen que realizarse de forma sencilla. Finalmente, se impone que trabajen sin problemas en entornos industriales adversos. La solución fue el empleo de una técnica de programación familiar y reemplazar los relees mecánicos por relees de estado sólido.

2.1. PARTES DE UN PLC

La estructura básica de un PLC típico se muestra en la Figura 2.13 siguiente:

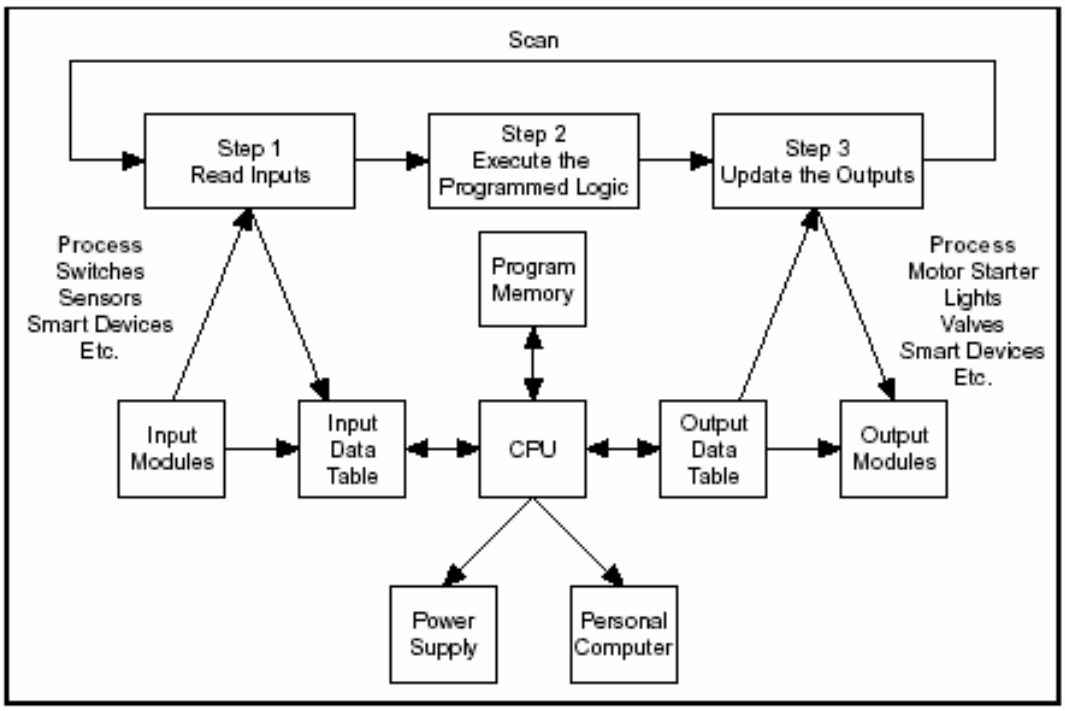


Figura 2.13. Estructura básica de un PLC y la secuencia de barrido.

Un PLC consiste de:

- **Fuente de alimentación**
- **CPU**
- **Memoria**
- **Módulos de entrada**
- **Módulos de salida**
- **Algoritmo de programación (scan)**
- **Terminal de programación**
- **Periféricos.**

Respecto a su disposición externa, los autómatas pueden contener varias de estas secciones en un mismo módulo o cada una de ellas separadas en diferentes módulos. Así se pueden distinguir PLCs Compactos y Modulares.

Fuente de alimentación

Es la encargada de convertir la tensión de la red, usualmente 115 V o 220 V AC, a baja tensión de DC, normalmente 24 V. Siendo esta la tensión de trabajo de los circuitos electrónicos que forma el PLC; esto es, la CPU y diferentes módulos que ejecutan tareas especializadas.

A veces esta fuente de poder debe proveer un voltaje DC para alimentar las entradas digitales, pero, normalmente los dispositivos de salida controlados por el PLC son alimentados desde otras fuentes de poder. La fuente de poder viene

frecuentemente separa en un módulo aparte, o incorporada en la estructura de un rack.

CPU

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Controla la ejecución de todas las operaciones del PLC. Ejecuta el sistema operativo, maneja la memoria y monitorea las entradas; es decir, se encarga de recibir las ordenes del operario, desde la consola de programación, y desde el modulo de entradas. Posteriormente las procesa en concordancia con la lógica del usuario para enviar respuestas a los módulos de salida. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso. Maneja también las comunicaciones e interacciones con los otros componentes del sistema.

La CPU contiene el mismo tipo de microprocesador que se encuentra en una PC. La diferencia está en que el programa que se usa dentro del micro del PLC se escribe en concordancia con la lógica de escalera (ladder logic) en vez de los lenguajes de programación típicos.

El PLC ejecuta cíclicamente una secuencia de operaciones; este ciclo se denomina un “barrido (scan)”.

Es importante anotar que los PLCs poseen elaboradas rutinas de chequeo de memoria para asegurarse que la misma no ha sido corrupta. Tanto el chequeo de la memoria como auto diagnósticos se realizan por razones de seguridad. Estas rutinas son también parte del ciclo de barrido.

Memoria

Funcionalmente, la memoria está dividida en diferentes áreas y cumplen funciones específicas. Si bien la organización de la memoria varía de un fabricante a otro, tres áreas de memoria están presentes en todo PLC: Una tabla de datos de entrada, una tabla de datos de salida, y un área de memoria donde se guarda el programa del usuario (Figura 1.1). Es importante mencionar que la memoria en un PLC es volátil y, por lo mismo, una batería de litio alimenta el PLC cuando este es apagado, para mantener las tablas de datos y el programa incluso por años sin tener que energizar al PLC.

Módulos de entradas y salidas

Excepto por los PLCs más pequeños que usualmente viene con una estructura fija y se los llama micro PLCs, estos vienen con un formato modular. La forma modular está compuesta de:

- Uno o más racks, también llamados backplanes
- Un módulo con una CPU.
- Uno o más módulos con fuente de poder.

- Módulos de entrada y salida
- Módulos de comunicaciones

Esto quiere decir que el usuario puede determinar la configuración final de un PLC dado. Hay una variedad importante de módulos de entrada y salida.

Módulos de entrada

Los módulos de entrada son interfaces especiales que transforman la información que vienen desde un proceso a valores digitales. Los módulos de entrada que se usan con más frecuencia son los discretos (digitales) y los análogos.

Entradas Discretas

Estos módulos convierten las señales de dos estados del proceso en una señal digital compatible con la CPU (usualmente 0 y 5 V). Estos valores son vistos como un bit en la tabla de datos de entrada.

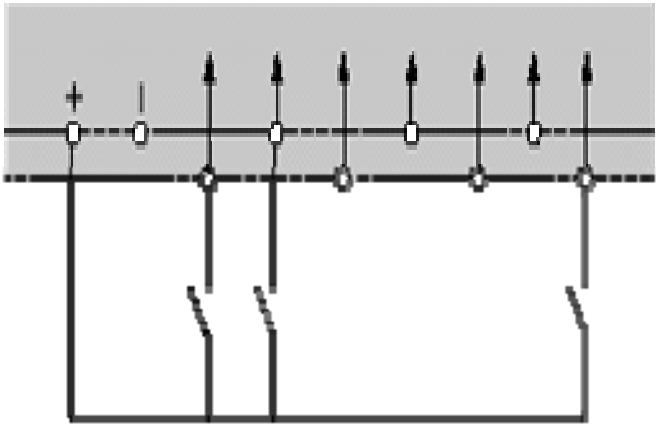
Los módulos de entrada difieren en el tipo de voltaje (AC o DC) así como también en el nivel de voltaje (120 V, 24 V, etc.) y en el número de señales de entrada por módulo.

A este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores,...).

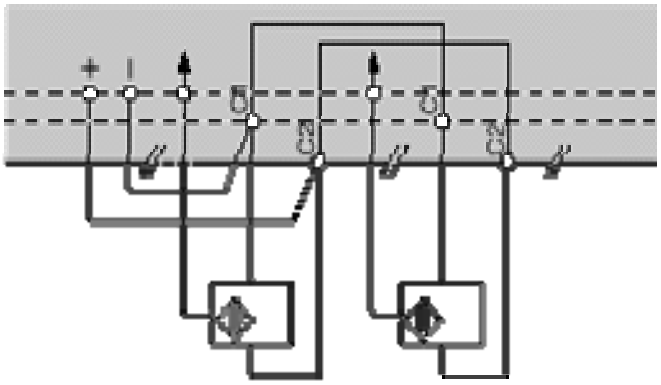
La información recibida en los módulos de entrada es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo la programación residente.

Se pueden diferenciar dos tipos de captadores que se pueden conectar a los módulos de entradas: los Pasivos y los Activos.

Captadores pasivos



Captadores Activos



.

Los **Captadores Pasivos** son aquellos que cambian su estado lógico, activado - no activado, por medio de una acción mecánica. Estos son los Interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.

Los **Captadores Activos** son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de detectores (Inductivos, Capacitivos, Fotoeléctricos). Muchos de estos aparatos pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del PLC.

Por otro lado, la PC, gracias a los paquetes industriales que cada día evolucionan más, y a la velocidad de procesamiento que va en aumento, se están volviendo alternativas atractivas.

Los PLCs siempre han tenido a su favor sus atributos de capacidad de operación en tiempo real y seguridad, basados en un diseño que les permite soportar el agresivo ambiente industrial. Pero, con los nuevos procesadores, la PC empieza a rivalizar a los PLCs y, por supuesto, desde hace un buen tiempo ya se cuenta con PCs industriales. Si a esto se añade el hecho que sobre una PC se pueden hacer HMIs más “amigables”, lo cual no ocurre con los PLCs, es cada vez más difícil decidir sobre la alternativa más conveniente.

Es común en la industria tener que elegir, según las características del sistema a supervisar, entre el PLC o el PC. Como es obvio, se debe elegir aquel hardware que mejor se adapte a las necesidades del sistema a supervisar.

Eso si, los PLCs, al estar diseñados específicamente para ser empleados en ambientes industriales exigentes y al estar en continuo desarrollo, sus sistemas operativos en tiempo real representan su mayor virtud. Ellos son y seguirán siendo la primera elección para todo control de tareas críticas o extremas, tanto por su rendimiento y simpleza, en los que una PC podría estar simplemente "sobrecargada" debido al trabajo al que le pueden someter otras tareas por las que se las escoge: gestión y visualización de datos, accesos a periféricos, bases de datos, etc.

Pero, si además del control de tareas, es primordial para una empresa el procesamiento de datos, trabajo en redes corporativas o visualización (una aplicación SCADA), un sistema basado en PC debe ser tomado en consideración.

En cuanto a sistemas operativos, Windows NT, por ejemplo, no es estrictamente un sistema operativo en tiempo real como el de un PLC, pero puede actuar de forma suficientemente rápida para aplicaciones "suaves" en tiempo real, gracias a su arquitectura de micro-kernel.

2.9.4. Tarjetas de expansión

Como el sistema operativo sólo puede proporcionar respuestas suaves en tiempo real, una opción adecuada es emplear extensiones de hardware para las tareas críticas; es decir, las tarjetas de expansión apoyadas con el software correcto para el resto de tareas. Las tarjetas de expansión asumen las tareas críticas en tiempo real que la PC no puede atender, gracias a que incorporan DSPs (Procesadores de Señales Digitales) o microcontroladores que aportan una ayuda a la “sobrecarga” anteriormente mencionada para las PC.

2.9.5. Diferencias Típicas entre sistemas SCADA y DCS

Como se ha indicado, un SCADA es un sistema basado en computadoras que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, el lazo de control es GENERALMENTE cerrado por el operador.

Los Sistemas de Control Distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática, respaldados generalmente en PLCs.

Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador.

A continuación se muestra un cuadro comparativo de las principales características de los sistemas SCADA y los sistemas de Control Distribuido (DCS) (ESTAS CARACTERÍSTICAS NO SON LIMITANTES PARA UNO U OTRO TIPO DE SISTEMAS, SON TÍPICAS).

ASPECTO	SCADA	DCS
TIPO DE ARQUITECTURA	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISION: Supervisión y monitoreo a lazo cerrado. No es aconsejable lazos cerrado	REGULATORIO: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch,

	de control Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	algoritmos avanzados, etc.
TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS	ACOPLADAS
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLCs.	Controladores de lazo, PLCs.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN.	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA

PLCs vs RTUs

Otra situación de discusión ha comenzado a darse entre los PLCs y las RTUS. Como se ha dicho el PLC es una pequeña computadora industrial que originalmente se creó para reemplazar la lógica de los relees. Tiene entradas y salidas como una RTU. Contiene un programa que ejecuta un lazo y barre continuamente las entradas y toma acciones basadas en tales entradas. Originalmente el PLC no tenía capacidad de comunicación, pero se les empezó a proveer de la misma en situaciones donde la capacidad de comunicación era una característica muy deseable. Así que se diseñaron módulos de comunicación para PLCs que incluso trabajan con ethernet (para uso en DCSs) y el protocolo Modbus para uso en ciertos enlaces dedicados. En la actualidad cada vez va a ser más posible ver PLCs que den soporte a los últimos protocolos de comunicación.

Las RTUs siempre han sido empleadas en situaciones donde las comunicaciones son más difíciles y el fuerte de las RTUs es su habilidad para manejarlas. Las RTUs originalmente tenían poco poder de programación comparadas con los PLCs. Sin embargo, con el avance del tiempo la funcionalidad de las RTU se ha incrementado.

Estamos en el punto donde se fusionan ciertas tareas en las RTUs y los PLCs, pero deberá transcurrir un buen tiempo (quizás nunca) antes que las diferencias desaparezcan.

2.9.6. Aplicaciones de los DCSs

2.9.6.1. Monitoreo y Control de Varios Puntos de E/S distribuidos a lo largo de un área geográfica grande

Monitoreo y Control de Plataformas Marítimas de Petróleo o Bombeo de Gas desde una refinería ubicada en tierra. Permite recoger todos los datos relacionados tanto con la elaboración y embarcación del producto final producido, derivado del petróleo (Figura 2.11).

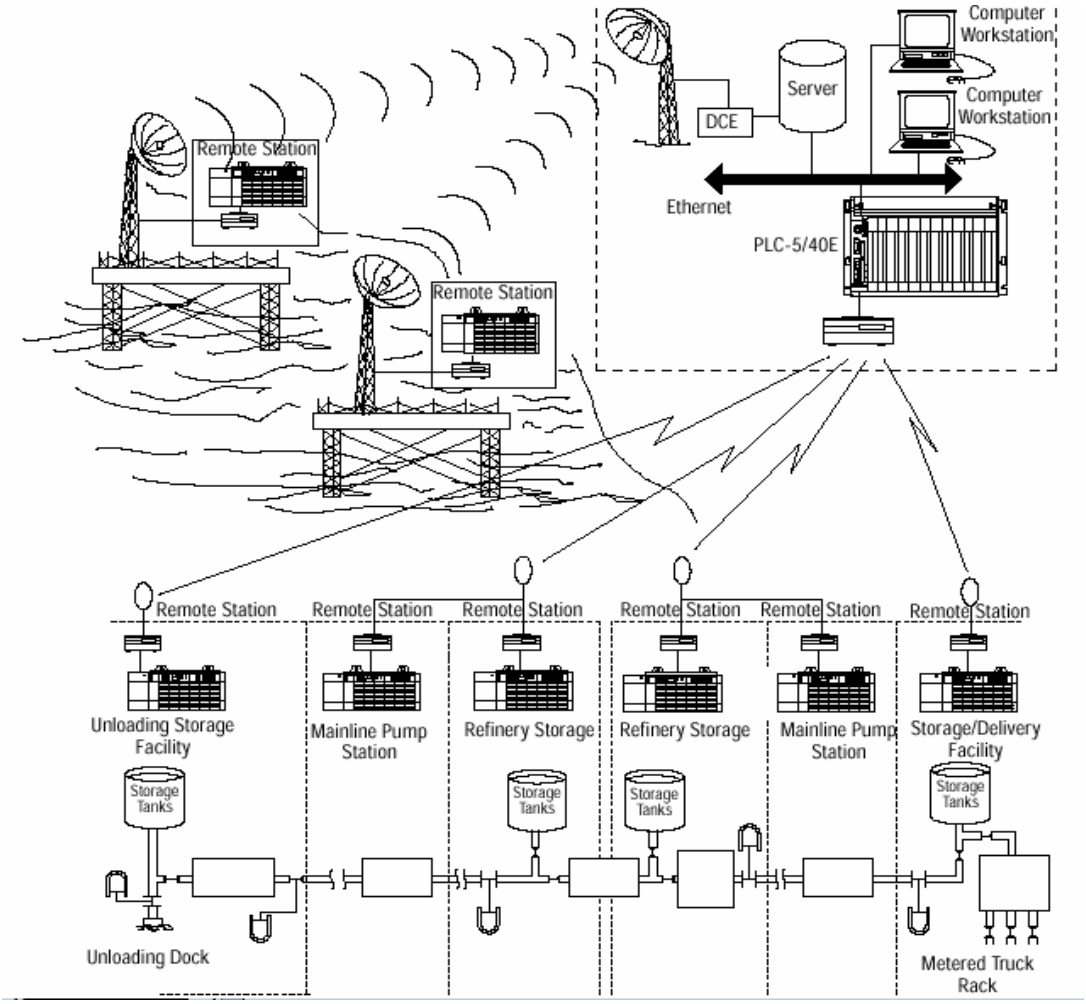


Figura 2.11. Monitoreo y Control de un Sistema Petrolero

2.9.6.2. Sistema de Control Inteligente Distribuido para Viviendas

Este tipo de sistemas utilizan la ***DOMÓTICA***, que es la tecnología que permite un mayor confort y seguridad de los ocupantes de una vivienda y una racionalización en el consumo de energía mediante la existencia de agrupaciones automatizadas de equipos normalmente asociados a funciones, que disponen de la capacidad para comunicarse interactivamente entre ellas a través de un bus doméstico multimedia que las integra.

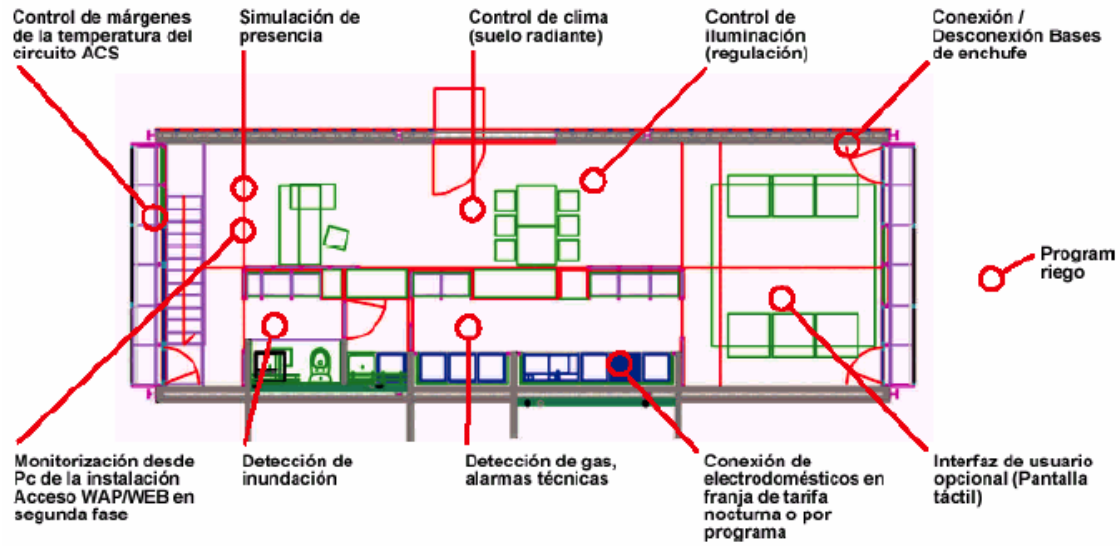
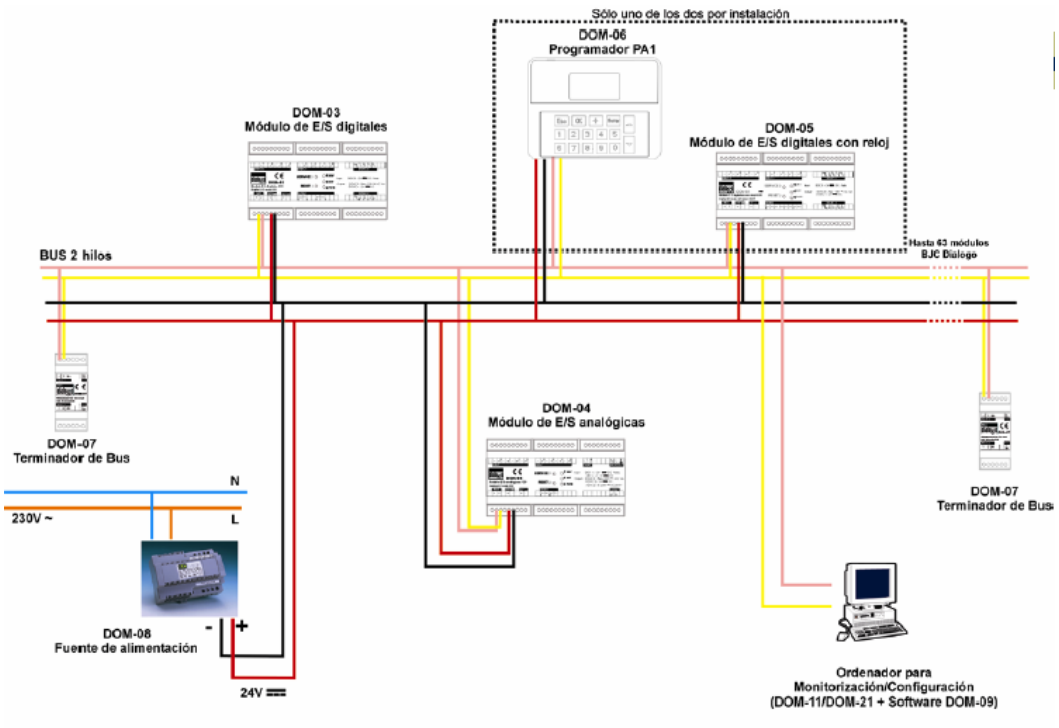


Figura 2.14. Viviendas "Sene Lloc"

Por ejemplo, LonWorks, una de las compañías que oferta este tipo de sistemas de control distribuido para viviendas o edificios, ofrece: Control de Intrusión, Detección de escapes de gas, Detección de incendio y humo, Detección de inundación, Corte del suministro de gas y/o agua, Simulación de presencia en el hogar, Regulación lumínica y control de temperatura, etc.

Para obtener esto el sistema consta de:

- ✓ Nodos de acción y control
- ✓ Nodos de acceso y configuración
- ✓ Fuentes de alimentación
- ✓ Software
- ✓ Tarjetas de expansión
- ✓ Sensores



2.9.6.3. Módulo LCU

Algunas compañías, tratando de satisfacer demandas puntuales, han desarrollado controladores de procesos basados en PLCs **(PLC Based Process Control)**. Un ejemplo es el módulo **LCU (Loop Control Unit)** que, montado en un autómata, permite implementar sistemas de control distribuido (DCS) de forma compacta, de reducido coste y fácil desarrollo.

Y es que hasta la fecha, las aplicaciones de control de procesos (PA, Process Automation) se resolvían mediante un sistema de control distribuido convencional (DCS), mientras que los sistemas de control para automatización de fábricas (FA, Factory Automation) requerían de la instalación de PLCs.

Sin embargo, las demandas de control actuales demuestran que, cada vez más, hay industrias que necesitan cubrir ambas áreas de aplicación.

Este nuevo tipo de controlador permite desarrollar sistemas abiertos y flexibles, y comunicación abierta al proveer el estándar de comunicación Ethernet. Asimismo, la

instalación es de bajo costo y requiere poco espacio, el usuario tiene total control de operación vía software, el desarrollo y mantenimiento es muy sencillo al programarse mediante bloques de función, y la estructura o diseño del sistema puede modificarse simplemente recombinando las unidades que lo componen.

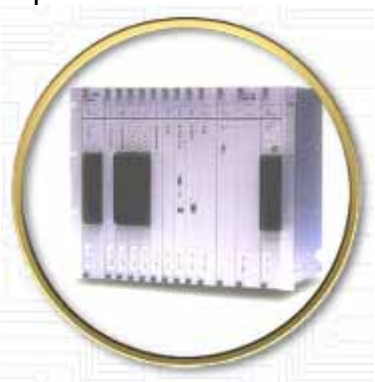
Unidades de este tipo tienen capacidad para establecer comunicaciones en los tres niveles de comunicación:

1. Ethernet para sistemas de procesamiento de información,
2. Protocolos de comunicación entre PLCs, y
3. DeviceNet o protocolos de campo parecidos para comunicación entre PLCs y dispositivos de campo.

Otras ventajas pueden ser capacidad para controlar varios lazos PID de hasta 250 bloques de operación, auto sintonización, versatilidad para funcionar como control PID o en ON - OFF, posibles combinaciones de control dependiendo de la aplicación (PID básico, control en cascada, feedforward, tiempo proporcional, ganancia variable, etc.).

2.10. Sistemas Multiplexores

Los sistemas multiplexores son hoy en día los puntos neurálgicos que permiten maximizar el uso de los sistemas de comunicación digital porque permiten transmitir voz, datos, fax, videoconferencia, audio de alta calidad por uno o varios canales. Por medio de ellos se realizan enrutamientos entre los canales tributarios y el o los canales portadores. Las capacidades de estos equipos van desde los 9600 bps hasta 8448 Kbps para uno o múltiples canales.



La multiplexación básicamente significa transmitir un gran número de unidades de información sobre un número pequeño de canales o líneas. Un *multiplexor digital* es un circuito combinacional que selecciona información binaria de una de muchas líneas de entrada y la dirige a una solo línea de salida. La selección de una línea particular de entrada está controlada por un conjunto de líneas de selección.

Un ejemplo de las bondades de esta tecnología es el acceso a Centrales Públicas a través de sistemas multiplexores. Se pueden conectar grupos de 120 abonados hacia la Central Pública a través de circuitos E1.

En la industria se emplea para por ejemplo recibir señales análogas 4-20 mA en una entrada de una RTU, ubicada en cierto sitio y re-transmitirla a una o varias RTUS situadas en otros sitios. Lo mismo puede hacerse con las señales digitales.

2.11. CONCLUSIONES

- En los sistemas SCADA usualmente existe una computadora que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos.

- La comunicación en los sistemas SCADA se realiza mediante buses especiales o redes LAN. 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 de Control Distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática e independiente.

- Los DCS llevan a cabo las funciones de control a través de una serie de módulos de control autónomos, distribuidos físicamente si se desea y enlazados por un camino de comunicaciones.

- Los sistemas multiplexores son hoy en día los puntos neurálgicos que permiten maximizar el uso de los sistemas de comunicación digital porque permiten transmitir voz, datos, fax, videoconferencia, audio de alta calidad por uno o varios canales. Por medio de ellos se realizan enrutamientos entre los canales tributarios y el o los canales portadores.

Hasta aquí se han explicado los equipos y las técnicas que permiten el funcionamiento y conectividad en un sistema SCADA a nivel de control. Sin embargo, falta por revisar lo que ocurre a nivel de proceso y campo; este es el tema del siguiente capítulo.