



COMMUNICATIONS PROTOCOLS USED IN THE ELECTRICAL SYSTEMS

---

**Francisco Estévez Ruiz**

**ID: UB17497SEL25287**

**ASIGNATURA ACADÉMICA PARA  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**COMMUNICATIONS PROTOCOLS USED IN THE ELECTRICAL SYSTEMS**

**FRANCISCO ESTEVEZ RUIZ**

**2013**

**COCHABAMBA – BOLIVIA**

## ÍNDICE

1.- OBJETIVO DEL TEMA	5
2.- ALCANCE	5
3.- DESCRIPCION	5
<b>CAP. I.-</b> Procesos de Transmisión de Datos	6
1.1.- Introducción	6
1.2.- Medios de Comunicación	6
1.3.- RS232	8
1.3.1.- Niveles Eléctricos	9
1-3-2.- Velocidad de RS232	9
1.3.3.- Conectores RS232	9
1.3.4.- Interface Física RS232	10
1-3.5.- Diagrama de Conexionado RS232 DB 25 DB 9	10
1.3.6.- Ventajas/Desventajas RS 232	11
1.4.- RS485	11
1.4.1.- Terminología	13
1.4.2.- Aislamiento	14
1.4.3.- Diagrama de Topología e una Red RS 485	15
1.5.- Ethernet	15
1.5.1.- Conectividad en Cobre Ethernet	16
1.5.2.- CAT Cable Pinout	17
1.6.- Fibra Óptica	17
1.6.1.- Conexión en Fibra	18
1.6.1.1.- Mono Modo	18
1.6.1.2.- Multi Modo	18
1.6.2.- Tipos de Fibra	18
<b>CAP. II.-</b> Modelo de Referencia para los Protocolos de Comunicación	20

2.1.-	Introducción	20
2.2.-	Modelo de Referencia OSI	20
2.2.1.-	Nivel 1 Capa Física (Physical Layer)	22
2.2.2.-	Nivel 2 Capa de Enlace de Datos (Data Link Layer)	23
2.2.3.-	Nivel 3 Capa de Red (Netzwork Layer)	29
2.2.4.-	Nivel 4 Capa de Transporte (Transport Layer)	30
2.2.5.-	Nivel 5 Capa de Sesión (Session Layer)	30
2.2.6.-	Nivel 6 Capa de Presentación ( Presentation Layer)	31
2.2.7.-	Nivel 7 Capa de Aplicación (Aplication Layer)	31
<b>CAP. III.-</b>	<b>Protocolos de Comunicación Empleados en el Sistema Eléctrico</b>	<b>33</b>
3.1.-	Modbus	33
3.1.1.-	Protocolo Modbus	33
3.1.2.-	Emulación en Modbus	34
3.2.-	DNP 3.0	37
3.2.1.-	Definición de Términos	38
3.2.2.-	Tipo de Objeto por Categorías	39
3.2.3.-	Nivel 1 DNP 3.0	39
3.2.4.-	Nivel 2 DNP 3.0	40
3.2.5.-	Reporte por Clases	41
3.2.6.-	Reporte no Solicitado	41
3.3.-	IEC 61850	41
3.3.1.-	Objetivos de la Norma IEC 61850	42
3.3.2.-	Diferenciadores	42
3.3.3.-	Tres Servicios Disponibles para el Acceso y Transferencia de Información	43
3.3.4.-	Nodos Lógicos	43
3.3.5.-	Modelo-Estructura de la Subestación Eléctrica	44

3.3.6.- Modelo-Referencia a Nodos Lógicos	45
3.3.7.- Modelo de Data	45
3.3.8.- Modelo de Datos Nodos Lógicos	46
3.3.9.- Tipos de Nodos Lógicos	46
3.3.10.- Cliente-Servidor Vs Protocolos Seriales	47
3.3.11.- Flujo de la Ingeniería	48
3.3.12.- Ingeniería con SCL	48
3.3.13.- Método de Comunicaciones	49
3.3.14.- Client Server	49
3.3.15.- Mensaje Goose	49
3.3.16.- Normas que Componen la IEC 61850	50
<b>CAP. IV.- Redes de Comunicación</b>	<b>52</b>
4.1.- Introducción	52
4.2.- Concepto de Redes	52
4.3.- Tipos de Redes Según su Forma (Topología)	52
4.3.1.- Anillo	53
4.3.2.- Estrella	54
4.3.3.- Bus	55
4.3.4.- Árbol	57
4.3.5.- Red	57
<b>4.- CONCLUSIONES</b>	<b>59</b>
<b>5.- REFERENCIAS</b>	<b>60</b>

### **1.- OBJETIVO DEL TEMA**

El objetivo fundamental del tema “COMUNICATIONS PROTOCOLS USED IN THE ELECTRICAL SYSTEMS” es conocer los diferentes procesos de transmisión de datos, modelos de referencia para los protocolos de comunicación más utilizados en el sistema eléctrico y realizar una aplicación de comunicación de los diferentes IEDs en una subestación eléctrica

### **2.- ALCANCE**

Forma parte del alcance de este trabajo interpretar el proceso de transmisión de datos a través de los modelos de referencia y los diferentes protocolos de comunicación utilizados en el sistema eléctrico, como ser Modbus, IEC 61850 con el fin de aplicar las nuevas configuraciones a los modelos de estructuras de los esquemas eléctricos en las diferentes subestaciones de potencia con los nuevos medios de comunicación actualizados en el mundo moderno a través de los últimos protocolos de comunicación actual como es el IEC 61850.

También forma parte del alcance de esta tarea conocer a profundidad las comunicaciones de los IEDs de protección con el protocolo de comunicaciones IEC 61850 para de esta manera tener la herramienta adecuada y aplicar los conocimientos adquiridos e implementar el desarrollo de las nuevas configuraciones a las aplicaciones de los nuevos IEDs en los diferentes sectores eléctricos que así lo requieran.

### **3.- DESCRIPCION**

A continuación describiremos el contenido del tema de Los Protocolos de Comunicación Usados en los Sistemas Eléctricos con los puntos fundamentales de acuerdo a los capítulos seleccionados con los temas que se describe en la tabla de contenido.

## CAPITULO I

### PROCESO DE TRANSMISION DE DATOS

#### 1.1.- INTRODUCCIÓN

Estamos inmersos en un mundo en que todo, o casi todo, se basa en la electricidad (más que seres basados en el carbono, parecemos seres basados en el voltio), por tanto, la forma más cómoda para transmitir una señal desde un sensor a una máquina será mediante una señal eléctrica transmitida por un cable que una sensor y elemento de control.

En cuanto empezamos a utilizar señales en un sistema o máquina, será necesario coordinar los diferentes componentes para poder obtener un resultado productivo. Al agrupar varias máquinas para realizar un trabajo determinado, éstas deben coordinarse para conseguir un resultado fruto de ese agrupamiento.

#### 1.2.- MEDIOS DE COMUNICACION

Para conseguir un intercambio de información entre dos equipos, se necesita un medio de transporte para la energía que contendrá esta información. Quien intente hacer una lista en la que aparezcan los medios de transmisión utilizados para encauzar esta energía, se encontrará con los siguientes:

Un hilo metálico aislado es el sistema más extendido, pudiéndose establecer dos grandes tipos:

- Par
- Coaxial

Inicialmente, un cable de par se puede considerar como un conjunto de dos hilos conductores, paralelos, separados por un elemento aislante que hace las veces de soporte

Físico. Las aplicaciones más comunes son la transmisión de voz (teléfono, hilo musical, interfonos), datos (módem) y alimentación eléctrica (alterna o continua).

Influido principalmente por las aplicaciones, en el diseño del cable de par se pueden distinguir las siguientes clases:

- Par simple paralelo, utilizado para la transmisión de señales telefónicas.
- Par apantallado, es como el anterior, pero con una malla metálica a su alrededor, para la transmisión de señales analógicas o digitales.
- Par trenzado, para transmitir señales de audio o datos.
- Par coaxial, que consiste en un hilo recubierto por una malla que hace las veces de masa y de protección frente a interferencias eléctricas, para transmitir señales de radio, vídeo o datos.

El primer reto a la hora de hacer que una señal pueda transmitirse entre dos puntos es hacer que ésta llegue en condiciones físicas óptimas al destinatario. Que en el destino se pueda recuperar la señal tal como la han enviado.

Las conexiones físicas en el entorno industrial se realizan mediante interfaces serie, normalizados por la Asociación de Industrias Electrónicas de los Estados Unidos (EIA). Estos estándares sólo determinan las características del soporte de comunicación y cómo debe ser la señal eléctrica. Son los estándares recomendados (Recommended Standard, RS), de los cuales, los más conocidos son:

- RS-232
- RS-485
- Ethernet
- Fibra Óptica

### 1.3.- RS232

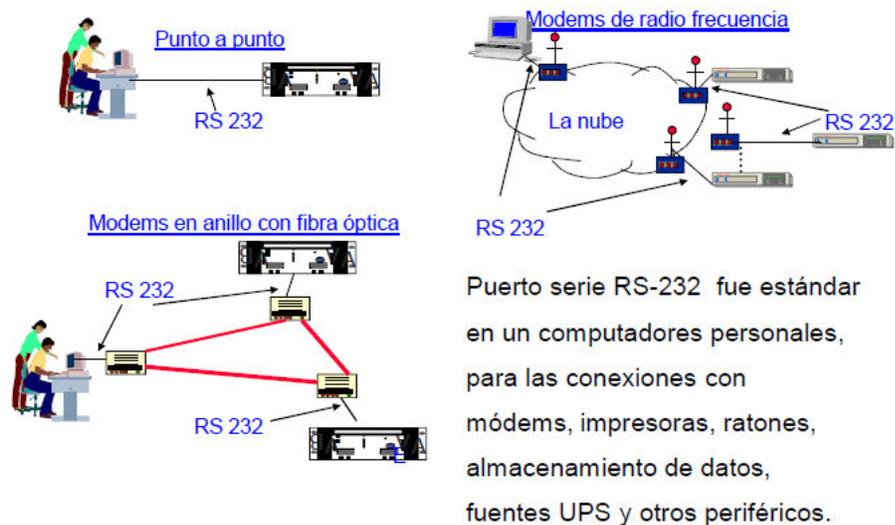
Encontrado en varias formas principalmente 25 o 9 pines, pero también se usa en RJ45, basado en voltaje. Es norma TIA (Telecommunications Industry Association) que fue originalmente desarrollado en el subcomité EIA del TR30.2 sobre interfaces última revisión Julio 2009 como TIA-RS232-F



RS 232 es una conexión de red punto a punto basado en voltaje. Los relevadores tienen múltiples puertos RS 232, usualmente uno reservado para la programación local. Referencia a un retorno común (tierra). Es la interface eléctrica más usada comúnmente

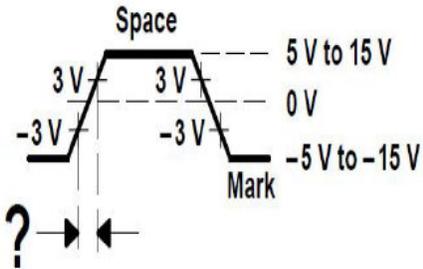
La transmisión por señales de tensión no es recomendable en distancias importantes. Ello es debido a que la tensión depende de la resistencia del cable y de sus capacidades, factores determinados por las dimensiones físicas del mismo.

#### Aparatos típicos con RS 232



**1.3.1.- NIVELES ELECTRICOS**

- Voltaje Negativo
  - Estado binario = 1
  - Condición de señal -3V to -15V
  - Mark.
- Voltaje Positivo
  - Estado binario = 0
  - Condición de señal +3 to + 15 V
  - Space.
- Transición/Región intermedia
  - -3V to + 3V



**1.3.2.- VELOCIDAD DE RS 232**

Velocidad

- Desde 110 baud (no usado)
- 115.2 K baud

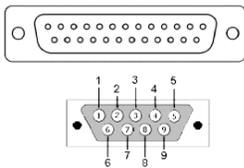
Un baud es una representación de un bit

- Un baud no es necesariamente 1 bit
- Un baud significa un cambio de estado de la variable
- Velocidad 9600 bauds = 1 cambio de cada estado en 100 microsegundos

**1.3.3.- CONECTORES RS 232**

El estilo del conector no está especificado, originalmente se especificó 25 pines. IBM desarrolló (iniciativa propia) el de 9 pines

Conector de Interface física DB 25, DB 9



Bornera terminal

Conector telefónico RJ 11

Conector Ethernet RJ 45

### 1.3.4.- INTERFACE FISICA RS 232

Señales

Transmitir (TX)

Recibir (RX)

Tierra (GND)

Control

Clear To Send (CTS) Listo para enviar

Request To Send (RTS) Solicitud para enviar

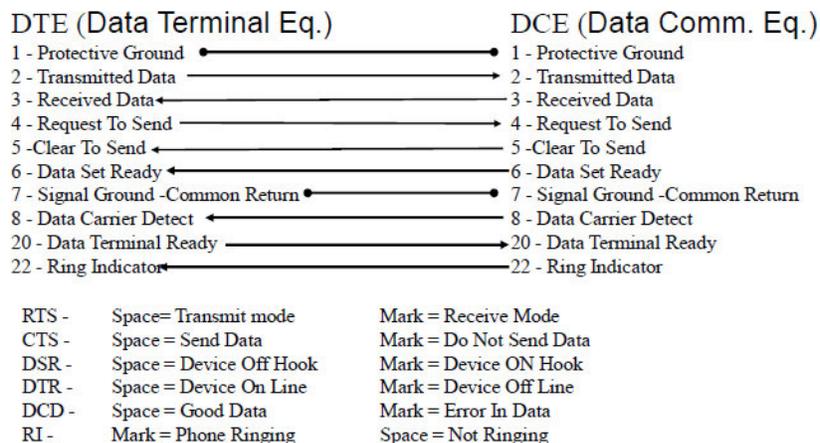
Data Set Ready (DSR) Grupo de datos listo

Data Terminal Ready (DTR) Terminal de datos lista

Carrier Detect (CD) Detección de portadora

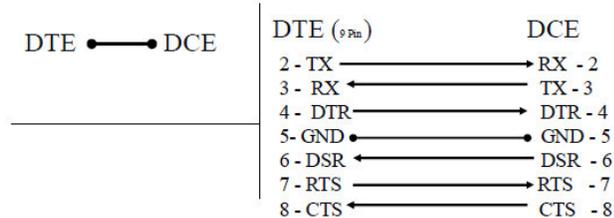
### 1.3.5 DIAGRAMA DE CONEXIONADO RS 232

#### RS 232 DB 25



NOTA: raramente se usan simultaneamente RTS/CTS y DTR/DSR

## RS 232 DB9



**Nota:**

Si ambos aparatos son DTE's o DCE's El cable debe ser acondicionado o usar un NULL-MODEM

Maxima longitud : 50 pies / 15 metros

### 1.3.6.- VENTAJAS / DESVENTAJAS

#### Ventajas

Fácil de implementar

Fácil de seguir en caso de problemas

Diseñado para un rango muy amplio de equipos con comunicaciones

#### Desventajas

Susceptible al ruido

Relativas cortas distancias

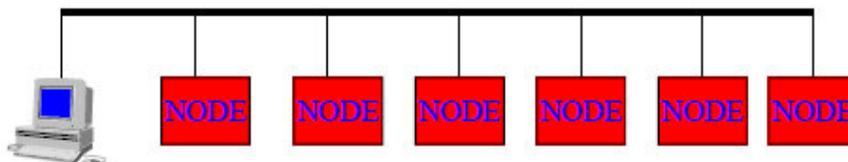
Diseñado para una conexión entre solo dos aparatos

### 1.4.- RS 485

Es una evolución del RS422, desarrollada en 1983. Permite conectar hasta 32 dispositivos en un solo tramo de cable, con una longitud máxima del tramo de 50m. Puede incrementarse a 10.000 m mediante repetidores de señal.

Esta variante es una de las más extendidas en sistemas de comunicación industrial, Profibus es el máximo exponente de este estándar.

En contraste con el RS 232 , el RS 485 permite conexión de múltiples aparatos



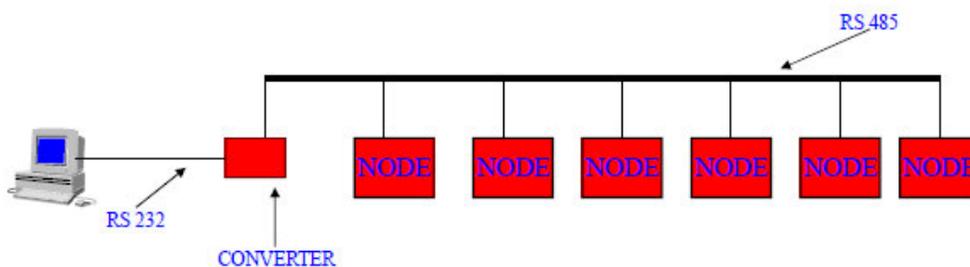
### Ventajas

- Fácil de implementar
- Alta expandibilidad
- Menos susceptible al ruido

### Desventajas

- Mayor costo de conexionado
- Más difícil de detectar los problemas

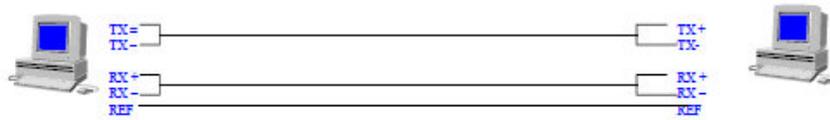
Todo PC tiene un puerto RS 232 tenía ahora solo USB



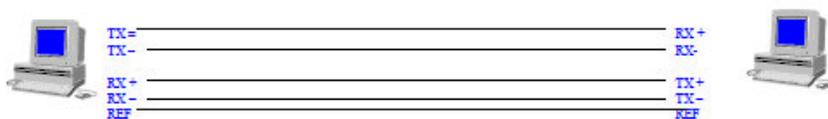
Un convertidor es necesario para conectar una red RS 485<sup>a</sup> un PC  
Muchos fabricantes suministran estos convertidores

▪ 2 Variantes

▪ 2 hilos (Half Duplex)



▪ 4 hilos ( Full Duplex)



### 1.4.1.- TERMINOLOGIA

Simplex- data transmission (Transmisión simple de datos) es en una sola dirección

Half Duplex- data (transmisión de datos medio-doble) puede transmitir en las dos direcciones pero solo una a las vez

Full Duplex- data (Transmisión totalmente doble) se puede transmitir en las dos direcciones (TX/RX) al mismo tiempo

Comunicación balanceada

Sensado entre between + and -

A,B

+,-

Disponible para conexión de hasta 32 cargas

Terminal A negativo respecto a terminal B

1 o Mark

Terminal A positivo respecto a terminal B

0 o espacio

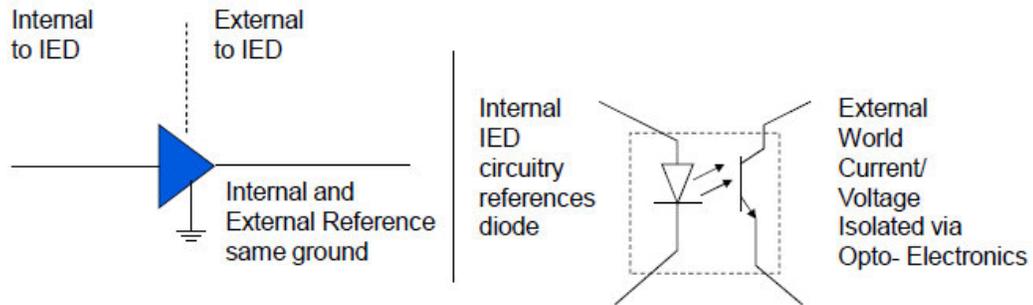
Un aparato debe ser capaz de manejar:

Impedancia 60 ohms (54 ohms en el peor caso)

Revise indicaciones del fabricante

(Dependiendo del cable) 1000 ft. – 4000 ft. Max

### 1.4.2.- AISLAMIENTO



#### Aislamiento electrónico

Los componentes internos comparten la conexión a tierra.

Aislamiento de ruido limitado a lo que soporta los componentes de circuitos integrados. (Aislamiento = varios voltios)

#### Aislamiento óptico

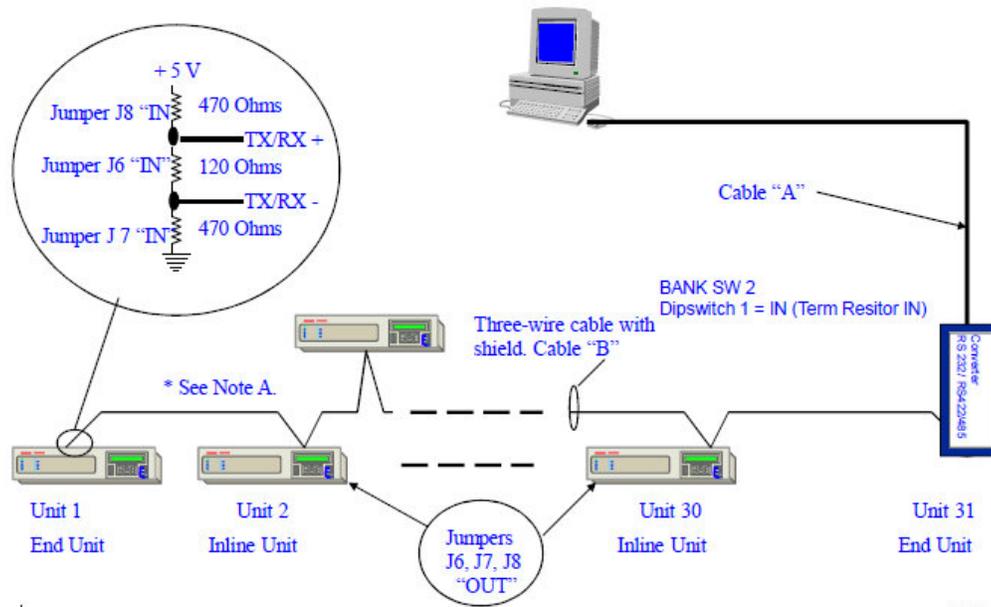
Circuito con aislamiento óptico interno. Tierras aisladas de los componentes (Aislamiento = varios KV)

Se recomienda que la pantalla este conectada a tierra en un solo punto

Algunos relés tienen puertos aislados. Estos pueden requerir un conductor de tierra interconectando cada nodo del cable

La Norma EIA RS 485 EIA especifica: "The circuit reference may be established by a third connector connecting the common leads of the equipment OR it may be provided by connections in each using equipment to an earth reference."

### 1.4.3 DIAGRAMA DE TOPOLOGÍA DE UNA RED RS 485



### 1.5.- ETHERNET

Ethernet es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda (CSMA/CD). Su nombre viene del concepto físico de *ether*. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3, siendo usualmente tomados como sinónimos. Se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Sin embargo, las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

IEEE 802.3

Los nodos Ethernet en las subestaciones muy comúnmente usan fibra óptica.

Los nodos Ethernet en los swichgear generalmente usan conexión de cobre

Los nodos Ethernet se pueden conectar vía cobre (Cable CAT 5).

Cobre: 10baseT, 100baseTX

RJ45

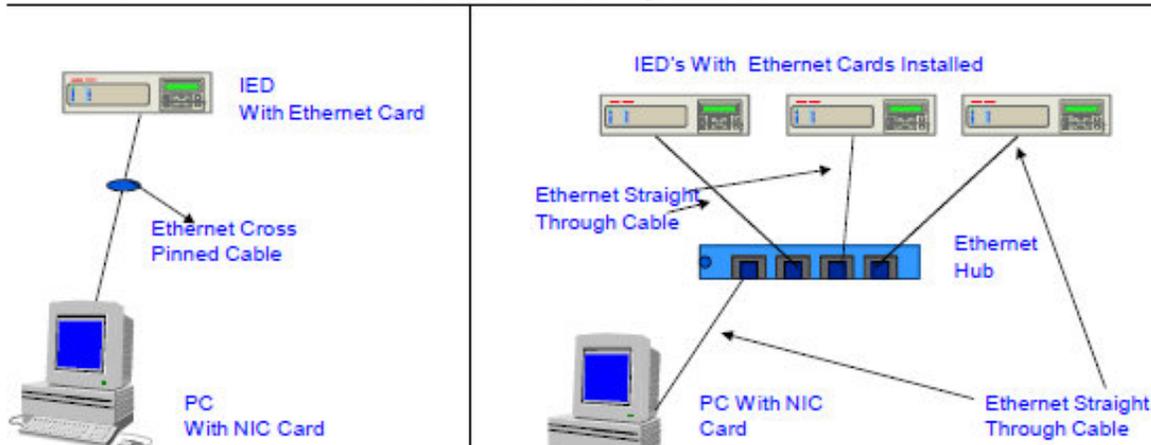
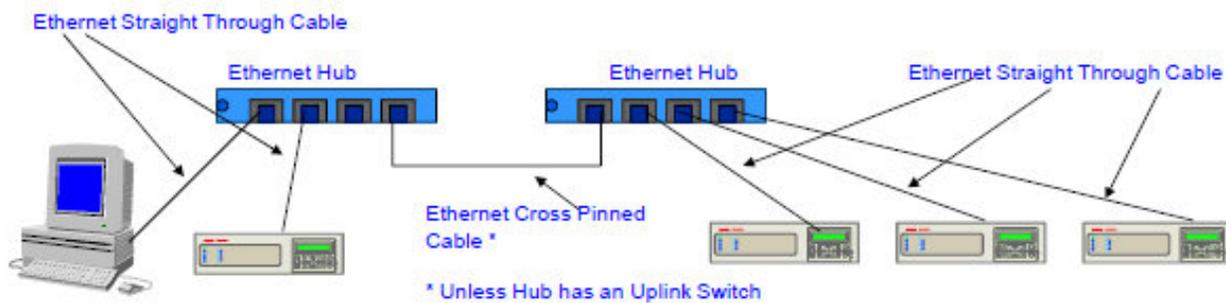
Fibra: 100baseFX

Conector SC (push/pull)

Conector ST (screw in)



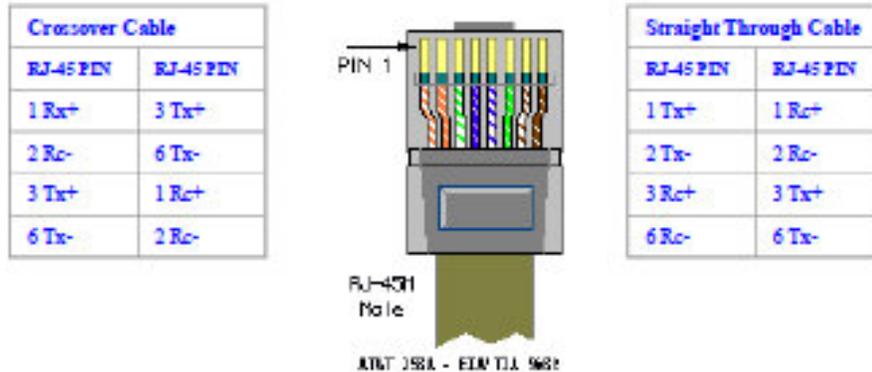
### 1.5.1 CONECTIVIDAD EN COBRE ETHERNET



### 1.5.2 CAT CABLE PINOUTS

Category 5 wiring standards:

EIA/TIA 568A/568B and AT&T 258A define the wiring standards and allow for two different wiring color codes.



\*Pairs may be solid colors and not have the stripe.

\*Category 5 cable must use Category 5 rated connectors.

Pin #	EIA/TIA 568A	AT&T 258A, or EIA/TIA 568B	Ethernet 10BASE-T	Token Ring	FDDI, ATM, and TP-PMD
1	White/Green	White/Orange	X		X
2	Green/White	Orange/White	X		X
3	White/Orange	White/Green	X	X	
4	Blue/White	Blue/White		X	
5	White/Blue	White/Blue		X	
6	Orange/White	Green/White	X	X	
7	White/Brown	White/Brown			X
8	Brown/White	Brown/White			X

### 1.6 FIBRA OPTICA

La **fibra óptica** es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED.

Las fibras se utilizan ampliamente en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de radio y superiores a las de cable convencional. Son el medio de transmisión por excelencia al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, también se utilizan para redes locales, en donde se necesite aprovechar las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de transmisión.

### **1.6.1 CONEXIÓN EN FIBRA**

Hay dos tipos de conexión en Fibra mono modo y multi modo

#### **1.6.1.1.- MONO MODO**

Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multi modo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 400 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gbit/s).

#### **1.6.1.2.- MULTI MODO**

Una fibra multi modo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multi modo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multi modo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 2 km, es simple de diseñar y económico.

### **1.6.2 TIPOS DE FIBRA**

#### **VIDRIO**

Más común

Mayores distancias

Más costoso



## COMMUNICATIONS PROTOCOLS USED IN THE ELECTRICAL SYSTEMS

---

### PLASTICO

Más barato

Cortas distancias

Baja velocidad

## CAPITULO II

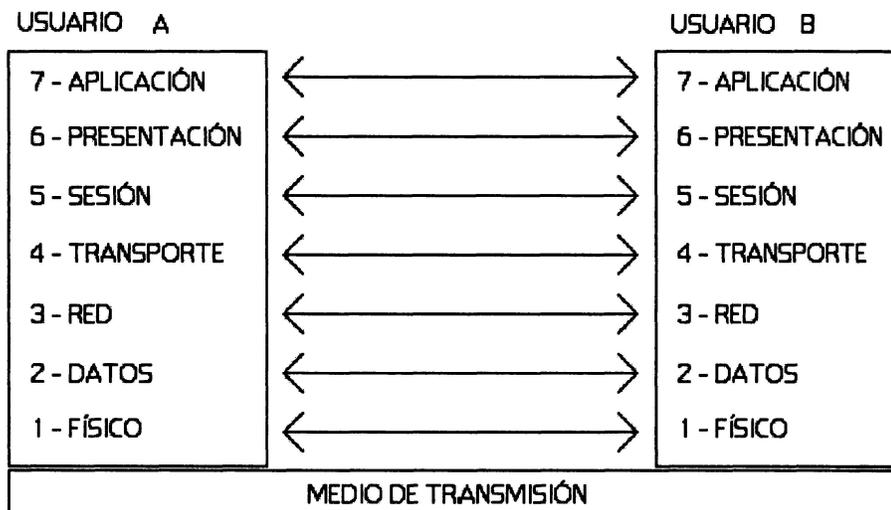
### MODELO DE REFERENCIA PARA LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

#### 2.1.- INTRODUCCIÓN

La ISO (*International Standards Organization*) creó en 1977 un comité con el cometido de establecer las reglas para originar una arquitectura que determinara un modelo de referencia para la interconexión de sistemas de comunicación abiertos. El estándar final, ISO 7498, se publicó en 1984.

#### 2.2.- MODELO DE REFERENCIA OSI

Básicamente, cada nivel se comunica con su nivel homólogo de otro sistema, utiliza de intermediarias las capas que tiene por debajo y crea una serie de canales que codifican (envío) y decodifican (recepción) la información.



**Figura 2.1 Niveles OSI**

De esta manera, el modelo de 7 niveles se ocupará de especificar el sistema de transmisión, el método de acceso a la red, y todo lo referente a cómo realizar un intercambio de información eficiente entre dos o más interlocutores.

El modelo de referencia se conoce como OSI (*Open System Interconnection*, Interconexión de Sistemas Abiertos).

**Tabla 2.1 - Resumen de capas OSI**

<b>Nivel</b>	<b>Nombre</b>	<b>Función</b>	<b>Características (objetivo)</b>
7	Aplicación (Application layer)	Funciones de usuario y servicios de comunicación.	R/W Star/Stop http, FTP (Intercambio de Información)
6	Presentación (Presentation layer)	Conversión de los datos a un formato común entendible por todos los equipos.	Lenguaje propio del equipo para transmitir y recibir. (Idioma de intercambio).
5	Sesión (Sesión layer)	Control de las sesiones de Comunicación (inicio, transcurso y final).	Coordinación (hablar por turnos)
4	Transporte (Transport layer)	Garantizar un enlace fiable entre terminales.	Transmisión segura. Formación TCP, UDP (medio de comunicación) y gestión de los paquetes de información.
3	Red (Network layer)	Direccionamiento a través de sistemas (routing) control de flujo.	Comunicación entre Redes JP, ARP (caminos utilizados)
2	Enlace de datos (Data link layer)	Método de acceso de la transmisión de bits y detección y corrección de los errores.	Control CRC CSMA/CD Token (utilización del medio)
1	Físico (Physical layer)	Características mecánicas eléctricas del sistema de transporte.	Tipo de cable. COAXIAL, PAR (adaptación al medio)

De las siete capas, son indispensables los niveles 1, 2 y 7.

Todas las redes de comunicación utilizan, como mínimo, los niveles OSI situados en los extremos de la estructura de capas:

#### Capa Física (1)

Define las topologías aceptadas, tipo de cable, el modo de emisión (forma de la señal) y el soporte de transmisión (Banda Base o Señal Portadora).

#### Capa de Enlace (2)

Cómo se accede a la red, el método de acceso al bus y el direccionado de los equipos.

Define los mecanismos del intercambio garantizando al emisor de un mensaje que el receptor lo ha recibido bien.

#### Capa de aplicación (7)

Se proponen diferentes servicios a los usuarios (mensajería, transferencia de ficheros, etc.).  
Determina los mecanismos de empleo de estos servicios.

Seguridad y coherencia del flujo de datos, mecanismos de recepción y envío.

Funciones de cada uno de los siete niveles, vistas con algo más de detalle:

#### **2.2.1.- Nivel 1- Capa Física (Physical layer)**

Especifica las características mecánicas y eléctricas del sistema físico de transporte (cable de par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, etc etc), y de las interfaces que permiten la conexión física de los equipos a dicho sistema de transporte (tarjetas de red).

Define:

- Las topologías aceptadas.
- El modo de emisión, o forma de la señal.
- El soporte de transmisión (banda base o señal portadora). En este nivel que hay que definir las señales y las conexiones:

- Características físicas de los conectores.
- Características eléctricas de las señales
- Características eléctricas del hardware.
- Implementación de las señales (banda base o señal portadora).
- Codificación.

La velocidad de transmisión debe ser lo más elevada posible, pues, además de datos de proceso, se transmiten muchas otras informaciones (programas, archivos, diagnósticos, etc.).

La interconexión entre equipos ha de ser tal que permita una instalación y mantenimiento razonables y, además, proporcione una alta fiabilidad en la transmisión a distancias interesantes (coaxial, radio, microondas, etc.).

El cable es el soporte de transmisión más frecuente (coaxial, par trenzado o sin trenzar, con o sin pantalla, o cable especiales).

Esta característica va a influir directamente en el coste de la instalación debido a:

- Precio del metro de cable.
- Facilidad de instalación.
- Conexionado.
- Inmunidad EMC.

Realmente, a este nivel, OSI no da soluciones completas. Las soluciones prácticas son una combinación de normas establecidas por los fabricantes dentro de las famosas organizaciones de buses de campo.

### **2.2.2.- Nivel 2 - Capa de Enlace de Datos (Data Link Layer)**

Establece la forma de agrupar los datos en paquetes de longitud adecuada y añade los mecanismos necesarios para poder controlar la transmisión de información y poder detectar y corregir los errores que puedan aparecer (CRC, *Cyclic Redundance Code*).

Debe realizar el control de envío y recepción de información en el bus, teniendo en cuenta que puede haber más de un interlocutor, y debe garantizar el acceso a todos los equipos conectados a la red.

El acceso al medio (bus) puede ser:

- Controlado por un equipo único

Reparte el derecho de transmisión con los demás equipos (técnica de *polling*).

Este sistema se denomina Maestro-Esclavo, o Centralizado.

- Condicionado por un derecho

El derecho de acceso lo proporciona un testigo. Su poseedor puede emitir un mensaje y a continuación transmitir el testigo al equipo siguiente.

Sistema descentralizado (Profibus).

- Aleatorio o descentralizado.

El equipo que quiere emitir verifica que la línea de transmisión está libre. Si dos equipos emiten de forma simultánea, se origina una colisión (los mensajes se destruyen).

La capa de enlace Capa de Enlace define el comportamiento a seguir por ambos equipos (prioridad a uno o retransmisión tras un retraso).

Son los protocolos del tipo CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*).

Empleado principalmente en Ethernet.

Con relación al modelo OSI hay que prever ciertos servicios adicionales:

- Establecimiento y cese de Enlaces para determinar la falta de elementos de red o la aparición de nuevos, detectar elementos defectuosos.

- Gestión de errores de transmisión cuando no hay respuesta o cuando un mensaje llega mal.
- Gestión del flujo de información (disponibilidad de recursos, destinatario presente, regulación de puntas de tráfico).

Este nivel se divide en los subniveles LLC y MAC.

### ***LLC***

LLC (*Logical Link Control*) se refiere al control sobre la línea de transmisión.

Un enlace es una unión lógica entre dos estaciones con finalidad de comunicación.

En el enlace se incluyen todas las informaciones necesarias para establecer éste y gestionar el diálogo entre los dos puntos.

Se establecen y disuelven a petición del interlocutor y pueden ser de dos tipos:

- Estáticos

Permanecen activos todo el tiempo. Se establecen de forma fija entre estaciones (ocurre cuando sobran recursos).

- Dinámicos

Es un enlace que cambia varias veces de interlocutor para aprovechar los recursos disponibles.

### ***MAC***

MAC (*Media Access Control*) se refiere al modo de conectarse a la línea de transmisión.

Comprende dos sistemas de acceso al medio: CSMA y Token Passing.

El método de acceso se ocupa de gestionar el envío de telegramas por parte de las estaciones:

### ***Polling***

Es el sistema que se basa en la elección del interlocutor. Una estación hace de moderadora (Maestro) y decide el turno de cada nodo.

El Maestro dirige el tráfico por el bus, y se dirige a los Esclavos (*polling*) cuando necesita enviar o recibir información de éstos.

Es posible intercambiar información entre esclavos, vía estación maestro (hace de repetidor).

El punto débil de este sistema es un fallo en el nodo maestro, se detiene toda la red (Sistema centralizado).

Redes: Profibus DP, AS-i.

### ***Multiplexado temporal (TDMA)***

El sistema TDMA (*Time División Múltiple Access*) consiste en el envío de un único mensaje por parte del Maestro, en el cual se engloba toda la información para todos los esclavos.

El mensaje va encabezado por una marca de sincronismo (*Sync*).

Todos los esclavos reciben el mensaje y saben qué parte del mismo va destinado a cada uno de ellos. El direccionado se hace según la disposición física de cada estación en la red.

Podrán leer o modificar su parte de telegrama, siendo devuelto éste al Maestro al final del ciclo.

Red: Interbus.

### ***Productor – Consumidor***

Radica en un mecanismo de difusión (*broadcasting*) y el control de acceso es administrado por una función centralizada, implantada en una estación dedicada al control de bus.

Las estaciones se definen entonces como productores o como consumidores de información.

Cada variable tiene un solo origen (estación productora) con una referencia unívoca, ID, y se envía a la red. Todas las estaciones reciben el dato y sólo lo utilizan las interesadas.

Se trata de un sistema centralizado.

Red: WorldFIP.

### ***Token determinístico (previsible)***

El *token*, o testigo, es un permiso de emisión que se va pasando entre estaciones. El tiempo de posesión del *token* está determinado, por lo que se conoce el tiempo máximo de circulación del testigo.

La estación recibe el testigo, lo retiene, transmite, y pasa el testigo a la siguiente estación.

El punto débil de este sistema es una duplicidad o pérdida del testigo. Por ejemplo, en caso de una rotura del anillo o la caída de una estación, por lo cual se necesita una estación que gestione la integridad de las comunicaciones.

Se trata de un método de conexión punto a punto.

Token-bus es la utilización de éste método dentro de una red con topología de línea (utiliza un anillo lógico).

Token-ring es la utilización de éste método dentro de una red con topología de anillo (utiliza un anillo lógico).

Red: Profibus, ArcNet.

### ***Token estocástico (aleatorio)***

El más conocido es el CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*), donde cualquier estación puede emitir si el bus no está ocupado.

### ***CSMA/CD+AMP (Arbitration on Message Priority)***

Los nodos de bus están escuchando continuamente.

Cualquier nodo puede comenzar a transmitir la información emitiendo una trama especial.

Esta trama contiene un identificador de 11 bit.

El protocolo le especifica bits dominantes (a "0") y recesivos (a "1") en el identificador.

Cuando dos nodos intentan emitir de forma simultánea, los bits recesivos del identificador de un nodo son enmascarados por los bits dominantes del identificador más prioritario de otro nodo.

El nodo cuyo identificador tenía la prioridad más alta (es decir cuyo identificador es el más débil) gana el arbitraje y accede así al bus y su mensaje se envía sin retraso, mientras que el nodo que perdió el arbitraje intenta de nuevo un acceso al bus tan pronto como detecte que está libre.

(Bus CAN).

### ***CSMA/CD (Collision Detection)***

En el método CSMA varias estaciones pueden intentar acceder simultáneamente al bus si ven que está libre (*carrier sense*, detección de portadora).

Todas las estaciones leen todas las tramas que se envían a la red. Si la dirección de destino de un mensaje coincide con la de la estación, se transmite a la capa superior, si no, es rechazada.

Esta técnica no evita las colisiones, pues dos estaciones pueden enviar una trama simultáneamente. En caso de colisión, las tramas se pierden. Una vez se emite la trama, se escucha el bus durante el tiempo equivalente al doble del necesario para la propagación de la señal. Si no se detecta ocupación, la trama ha sido admitida y se puede enviar la siguiente. Si hay colisión, se intenta enviar de nuevo después de una espera aleatoria.

### ***(Red Ethernet).***

La técnica de acceso CSMA/CD no requiere ninguna estación de control del soporte (arbitro de bus).

Para un número reducido de estaciones, CSMA/CD reduce el tiempo de espera en la transmisión pero, al no haber estaciones con prioridad, el número de colisiones aumenta proporcionalmente con el número de estaciones y, por tanto, desciende el rendimiento (puede llegar a colapsar el bus).

Existen métodos para solucionar este tipo de problemas y conseguir trabajo en tiempo real (Fast Ethernet conmutado).

### ***CSMA/CA (Collision Avoidance)***

En esta variante, la estación que quiere enviar datos, envía antes una trama especial (JAM) seguida de una petición de reserva del bus (IT). De esta manera se incluye la noción de prioridad, convirtiendo el método en determinista.

### **2.2.3.- Nivel 3 - Capa de Red (*Netzwerk layer*)**

Esta capa se ocupa del direccionamiento a través de sistemas mediante técnicas de encaminamiento (*routing*) y del control de flujo.

Aquí se aplican algoritmos de control de tráfico y optimización, de manera que un mensaje puede estar fragmentado en varios paquetes que no tienen por qué seguir el mismo camino. Cada paquete seguirá el camino óptimo determinado por los controladores de la red,

atendiendo a variables tales como la disponibilidad de equipos y el estado del tráfico de la red en cada momento.

En los buses de campo, los identificadores de nodos de red son conocidos al nivel de la capa de enlace, pues no necesitamos realmente una capa de red.

En ciertos casos, hace falta esta capa con un verdadero servicio de direccionamiento:

- Con grupos de estaciones comunicándose mediante redes de área amplia debido a razones de distancia (aislamiento o perturbaciones) o cuando la red está dividida en varias subredes.
- Con direcciones inexistentes (identificación de estaciones paradas o adición de nuevas).  
Redes CAN, FIP, FF.

**2.2.4.- Nivel 4 - Capa de Transporte (*Transport layer*)** Tiene la misión de garantizar un enlace fiable entre terminales.

Divide la información en paquetes manejables por el sistema de transmisión. Controla la gestión de los paquetes de información (orden de envío y recepción, formatos de transmisión, peticiones de reenvío en caso de error, etc.).

Esta capa no es indispensable en el caso de un bus de campo, pues sus servicios ya los soportan las capas 1, 2 y 3.

**2.2.5.- Nivel 5 - Capa de Sesión (*Session layer*)**

Administra las comunicaciones entre equipos (organización y sincronismo en el intercambio de datos).

Se ocupa de coordinar las comunicaciones mediante el establecimiento de comunicación, su mantenimiento y su finalización de una forma ordenada.

Al igual que la capa cuatro, en el caso de un bus de campo sus servicios ya los soportan las capas 1, 2 y 3.

#### **2.2.6.- Nivel 6 - Capa de Presentación (*Presentation layer*)**

Realiza la conversión de datos a un formato común, entendible por todos los equipos (compatibilizando ficheros, impresoras, etc.).

Lenguaje propio del equipo para transmitir y recibir. Por ejemplo, invertir el orden de los bytes (*little endian o big endian*).

Encriptación y codificación de datos.

En este nivel deberían situarse las normas que definen los aparatos virtuales (*virtual devices*), que respetarían las mismas órdenes y la misma codificación de las variables, haciendo la aplicación transparente al usuario (todos los elementos de red serían idénticos, representados de la misma manera).

Para los buses de campo, no hay normas oficiales para la representación de las informaciones del proceso (digitales, analógicos, texto, imágenes).

#### **2.2.7.- Nivel 7 - Capa de Aplicación (*Application layer*)**

El departamento de lingüística se localiza en este punto. Esta capa es un campo de libre utilización para fabricantes y usuarios.

Localiza las funciones de usuario y los servicios de comunicación. Presta servicios al usuario, que comprenden la interacción directa con los procesos de aplicación, manejando las transferencias de ficheros, base de datos, correo electrónico, etc.

Por ejemplo, una variable remota debe aparecer a los ojos del usuario como si estuviera en la propia máquina, y en un formato de fácil comprensión.

En esta capa se establecen una serie de normas estándar para realizar los servicios de comunicación. En automatización se utiliza mayoritariamente el MMS (*Manufacturing Message Specification*), en el que se incluyen los servicios y protocolos MAP (*Manufacturing Automation Protocol*).

Por ejemplo, MMS (*Manufacturing Message Specifications*) define un conjunto de servicios de mensajería.

**Tabla 2.2 - Algunos servicios MMS**

Context Management Services	Para iniciar, acabar y parar la comunicación a otro usuario MMS.
Virtual Manufacturing Device Support Services	Para obtener el código de un equipo alejado y para identificarlo.
Domain Management Services	Gestión de ficheros o tablas.
Variable Access Services	Acceso a las diferentes variables.

## CAPITULO III

### PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EMPLEADOS EN EL SISTEMA ELECTRICO MODBUS, IEC 6180

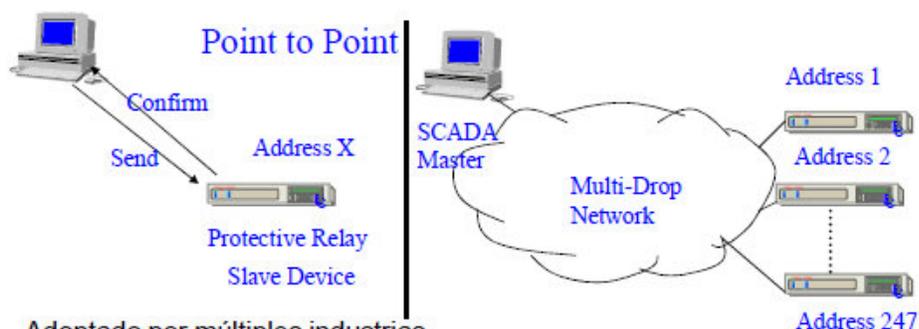
#### 3.1.- MODBUS

Es un protocolo desarrollado por Modicon en 1979, utilizado para establecer comunicaciones Maestro-Esclavo y Cliente-Servidor entre dispositivos inteligentes y con dispositivos de campo. Transmitir señales digitales, analógicas y registros entre ellos, o monitorizar dispositivos de campo.

Define una estructura de mensaje que los controladores podrán reconocer y utilizar sin tener en cuenta el tipo de red que éstos emplearán para comunicarse.

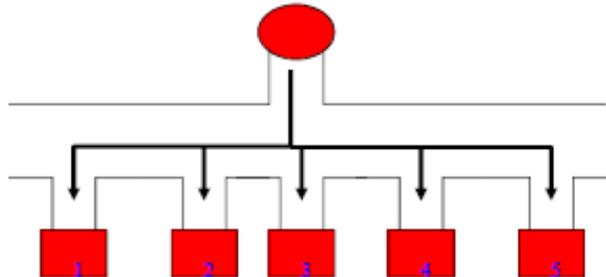
Durante las comunicaciones llevadas a cabo en una red Modbus, el protocolo determina cómo cada controlador reconocerá las direcciones, si un mensaje está dirigido a él, determinar la acción a llevar a cabo y extraer los datos del mensaje. De la misma manera se define el protocolo y acciones de respuesta. Modbus está disponible usando varias interfaces físicas (RS232/RS485/Ethernet, etc.)

#### 3.1.1.- PROTOCOLO MODBUS

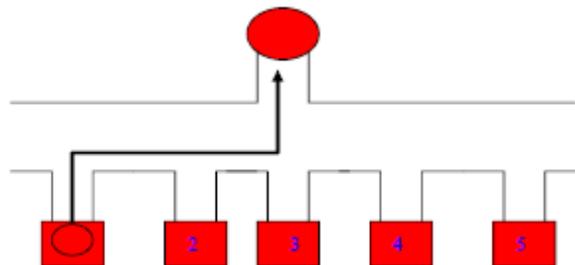


- Adoptado por múltiples industrias.
- Protocolo maestro esclavo.
- Dos emulaciones
  - Modbus ASCII (Master/Slave Mode) - 10 bit Asynchronous
  - Modbus RTU (Master/Slave Mode) - 11 bit Synchronous

MODBUS EJEMPLO



El nodo maestro (circulo) contiene la lista de todos los puntos. El maestro transmite su solicitud a un nodo específico y espera por respuesta. Todos los nodos oyen la solicitud.



El esclavo con la dirección solicitada, responde con información. Si la información del esclavo no puede ser transmitida inmediatamente, una respuesta de “not ready” es generada y el maestro debe preguntar de nuevo al esclavo

**3.1.2.- EMULACIÓN EN MODBUS**

ASCII

Asynchronous communication

Hexadecimal ASCII characters 0-9, A-F ( 30 -39, 41,46)

10 bit protocol

1 start bit

7 data bits

1 parity (if enabled)

1 stop bit (if parity) or 2 stop bits (if no paritenabled)

Longitudinal redundancy check

RTU

Synchronous communication

Data 8 bit binary, hexadecimal 0-9, A-F

11 bit protocol

1 start bit

8 data bits, LBS sent first

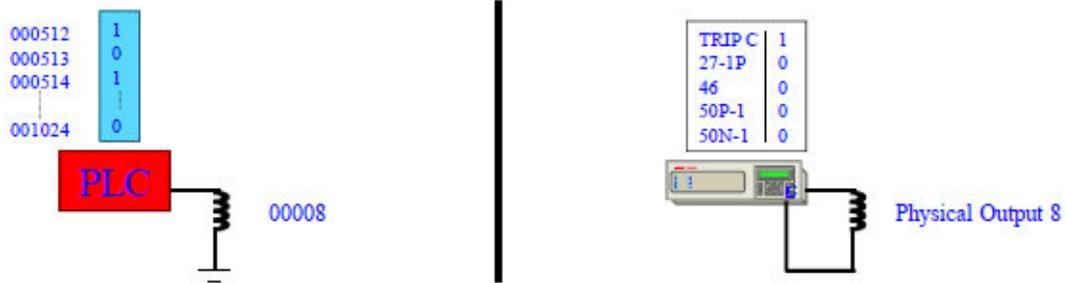
1 bit parity (if selected)

1 stop bit (if parity) or 2 stop bits (if no parity selected)

CRC-16 error check

Most common

**0 XXXX MEMORY COILS**



PLC 0 XXXX memory tiene dualidad (estado y control):

Memoria interna

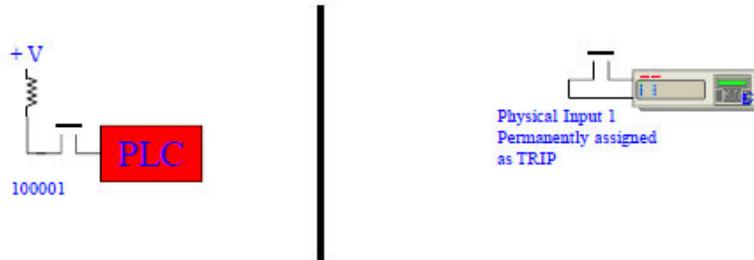
Memoria de salida

Muchas protecciones tienen esta capacidad

Memoria interna es similar a los ULO [User Logical Inputs/Outputs]

Memoria de salida es similar a los relés físicos de salida

### 1 XXXX MEMORY STATUS

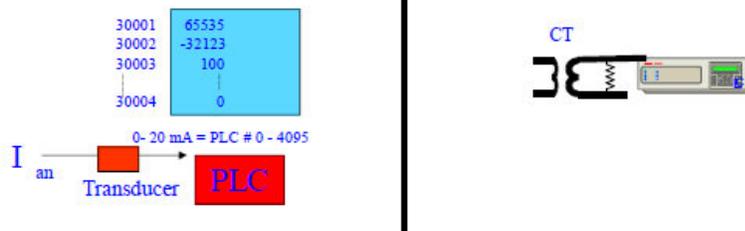


PLC 1 XXXX memory es similar a las entrada fisicas de los relés de protección

1 XXXX memory is a discrete bit.

PLC's puede tener XXXX = 16 a 65535 entradas discretas por aparato (1 X memory).

### 3 XXXX MEMORY

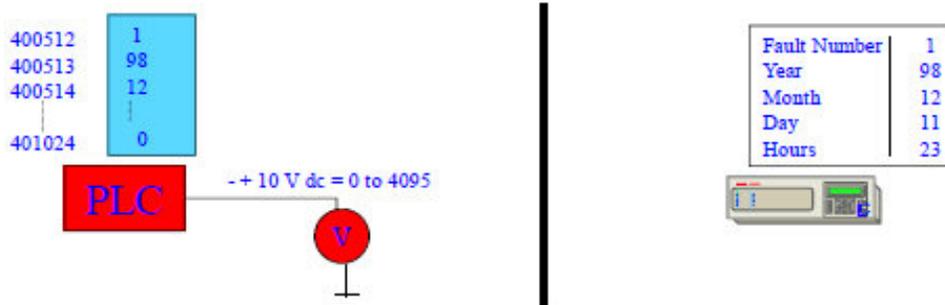


Un relé tiene múltiples entradas clasificadas con esta definición 3XXXX

3 XXXX data está definida como entrada física de longitud una palabra

Puede ser análoga o estado

### 4 XXXX MEMORY



PLC 4 XXXX memory tiene dualidad (estado o control):

Memoria interna una palabra

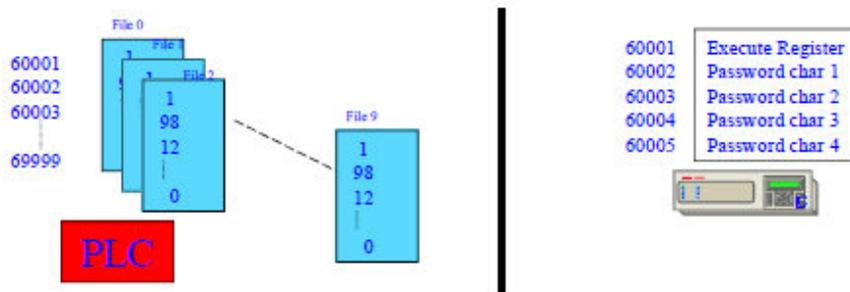
Memoria de salida

Muchas protecciones tienen esta capacidad

Memoria interna es similar a los datos de fallas

4X salidas físicas no es aplicable a los relés de protecciones

## 6 XXXX MEMORY



6XXXX memory está definida como memoria extendida. Algunos PLC's tienen esta memoria. Es posible ser llamada desde las memorias 4 XXXX.

Algunos relés de protección tienen esta capacidad

### 3.2.- DNP 3.0

Creado por Westronics (ahora GE) En 1990

Liberado al público en 1993

Grupos de usuarios creado en 1993

DNP Technical Committee Creado en 1995

Documentación: Publisher subset

Establece parámetros para certificación de futuros usuarios

Dependiendo de la implementación DNP 3.0 puede:

Solicitar y responder con datos múltiples en un solo mensaje

Segmentar un mensaje en varios sub-mensajes

- Responder con cambios en datos.
- Solicitar datos basados en prioridades
- Soporta sincronización del tiempo
- Permite varios maestros y conversaciones punto a punto
- Permite a los usuarios definir objetos y transferencia de archivos

DNP 3.0 Soportado por los modelos ISO OSI (International Standard Organization Open Systems Interconnect).

Capas totalmente soportadas:

- Physical (Layer 1)
- Data Link (Layer 2)
- Application (Layer 7)

Capa Pseudo-soportada:

- Transport (Layer 4)

### **3.2.1.- DEFINICION DE TERMINOS**

Object Categories - Conforman los diferentes tipos de datos:

Static: valor actual de un campo o punto

Event: Dato histórico

Frozen Static: Un campo o valor de un punto el cual no está siendo actualizado debido a la solicitud de congelamiento

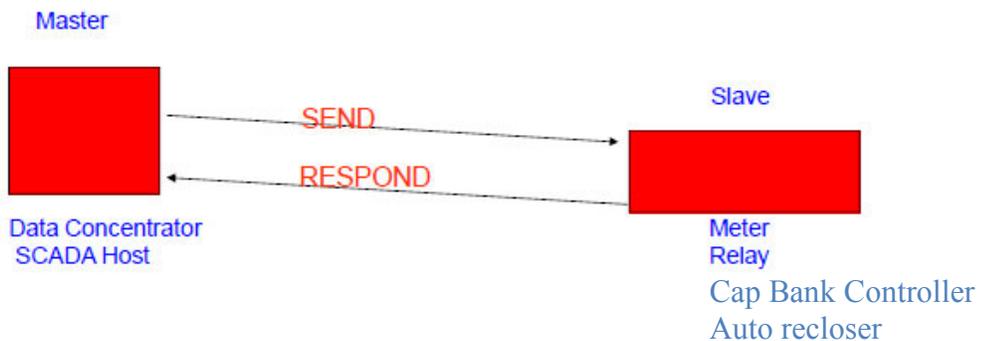
Frozen Event: Dato generado como resultado de un evento congelado pero archivado históricamente al recibo de un cambio

**3.2.2.- TIPO DE OBJETO POR CATEGORIA**

DATA TYPE	OBJECT	VARIANTS
Binary Input	1,2,	1,2    1,2,3
Binary Output	10,12	1,2    1,2,3
Counter	20,21,22,23	1 - 8   1 - 12    1 - 8     1 - 8
Analog Input	30,31,32,33	1 - 4   1 - 6    1 - 4   1 - 4
Analog Output	40,41	1, 2     1, 2
Time (relative or absolute)	50,51,52	1,2     1,2     1,2

DATA TYPE	OBJECT	VARIANT
Class	60	1 - 4
Files	70	1
Devices	80,81,82,83	1     1    1     1, 2
Applications	90	1
Alternate Numeric	100, 101	1,2,3    1,2,3
Future Use	[ 110 - 254]	-

**3.2.3.- NIVEL 1 DNP 3.0**



Máster solicita – Esclavo responde

El esclavo **DEBE** aceptar solicitudes para:

- Leer datos de los objetos
- Leer objetos de salidas Binarias/Análogos
- Operaciones de control para salidas Binarias/Análogos
- Reinicio en frío y de indicadores internos
- Temporizar mediciones
- Escribir fecha y hora

El maestro **DEBE** aceptar (con múltiples variantes)

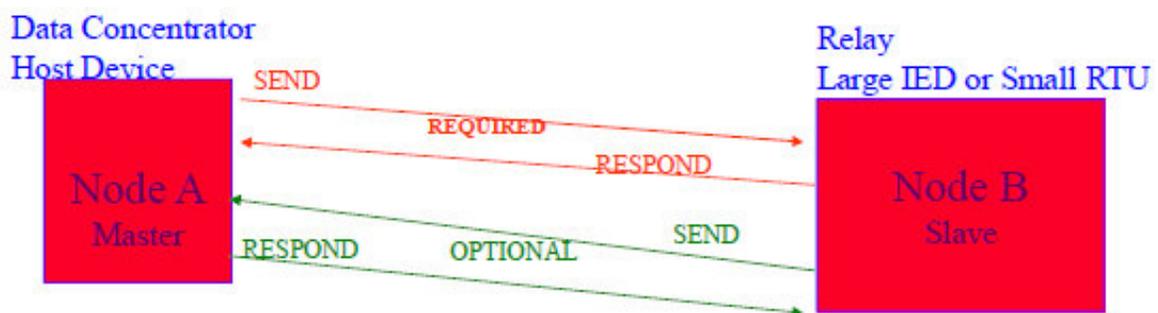
- Entradas y eventos Binarios/Análogos
- Contadores y Contadores de Eventos
- Estados de salida Binarios/Análogos

El maestro **DEBE** ser capaz de dividir un mensaje en varias piezas

Implementación de características adicionales

- El esclavo **OPCIONALMENTE PUEDE** enviar respuestas no solicitadas.
- El esclavo **OPCIONALMENTE PUEDE NO** generar mensajes parciales es el maestro lo solicita.
- El esclavo **OPCIONALMENTE PUEDE** responder sin el tiempo agregado al mensaje.
- El esclavo **OPCIONALMENTE PUEDE** enviar respuestas no solicitadas Y esta capacidad debe ser configurable

### 3.2.4.- NIVEL 2 DNP 3.0



Nodo A solicita - Nodo B Responde (estándar)

Nodo B solicita - Nodo A Responde (Opcional)

El esclavo **DEBE** aceptar solicitudes por:

Contadores binarios CONGELADOS

Solicitud de lectura parcial de varios objetos y **OPCIONALMENTE PUEDE** reportar contadores congelados.

El maestro y el esclavo **DEBEN** incorporar todas las características del nivel 1

### **3.2.5.- REPORTE POR CLASES**

La Data puede ser obtenida por varios métodos:

Solicitando cada punto por objeto y variante.

Permitiendo reportar solo los cambios en la data.

Estableciendo prioridades en la data a reportar

Permitiendo solicitudes a múltiples tiempos

Reportando por clases:

Class 0

Class 1

Class 2

Class 3

### **3.2.6.- REPORTE NO SOLICITADO**

El esclavo envía data al maestro sin solicitud:

Reportar data crítica cuando ocurren cambios

Permite reducir la frecuencia de obtención de datos

### **3.3.- IEC 61850**

La norma IEC 61850 fue creada para ser un método de estandarización internacional de comunicación e integración, con el objetivo de brindar apoyo a la construcción de sistemas

a partir de dispositivos electrónicos inteligentes (IEDs) de varios fabricantes, conectados en red para efectuar labores de protección, supervisión, automatización, medición y control.

Para lograr este objetivo, la norma desarrolla un modelo de datos que recoge toda la información que puede ser necesaria en un sistema de automatización de una instalación eléctrica, de modo que todos los IEDs que cumplen con la norma organicen su información según el mismo modelo de datos.

### **3.3.1.- OBJETIVOS DE LA NORMA IEC 61850**

#### Interoperabilidad

Intercambio de información entre IED's (Intelligent Electronic Device) de varios suministradores

IED's usa esta información para sus propias funciones

#### Configuración Libre

Libre localización de funciones en los IED's

Soporta cualquier filosofía del cliente – sistema centralizado o descentralizado

#### Estabilidad de largo tiempo

A prueba del futuro

Sigue el progreso de la tecnología de comunicaciones

Sigue el desarrollo de los requerimientos necesitados por los clientes

### **3.3.2.- DIFERENCIADORES**

Es más que un protocolo de comunicaciones

Es una manera universal y clara de definir los elementos que forman parte de la subestación

Equipo primario de proceso (interruptores)

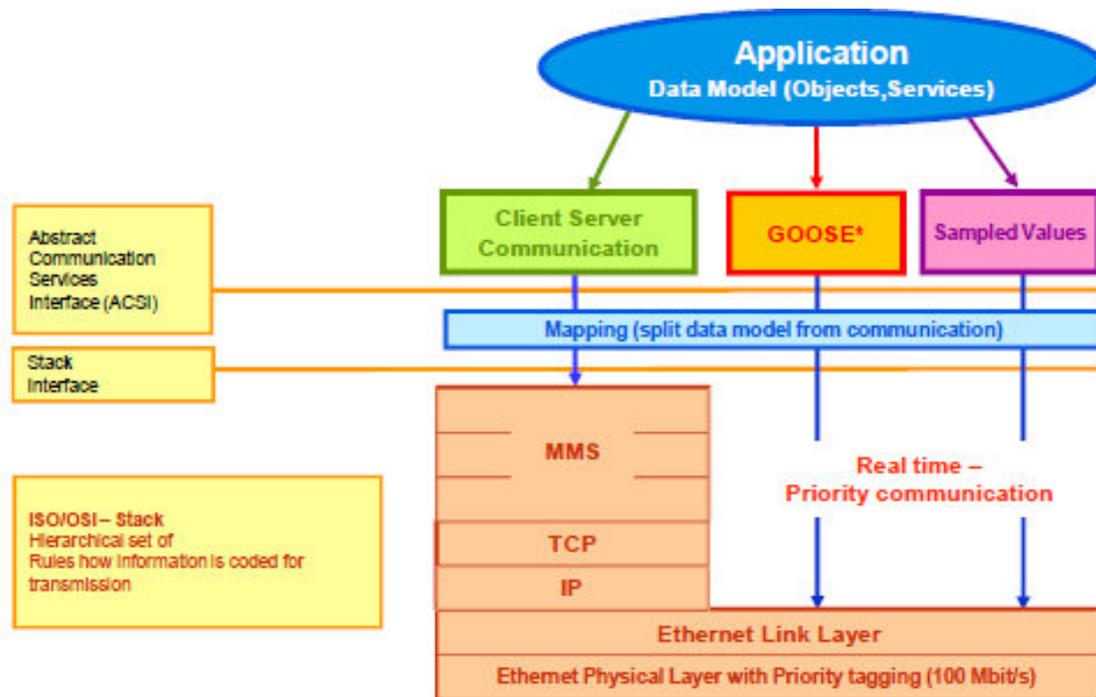
Equipo secundario (TCs) y funciones (51P)

El modelo que representa la información esta desasociado de las comunicaciones

Define el proceso de ingeniería

Procedimiento de pruebas para validar el sistema están definidos en el estándar

### 3.3.3.- TRES SERVICIOS DISPONIBLES PAR EL ACCESO Y TRANSFERENCIA DE INFORMACION

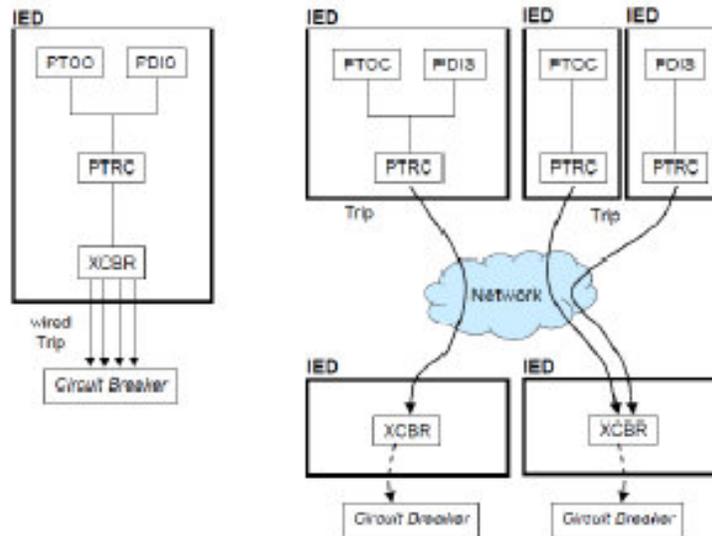


#### Objeto Genérico Orientado a Eventos de una Subestación

### 3.3.4.- NODOS A LOGICOS

Nodos Lógicos (LNs). Son las unidades lógicas básicas que componen una función que debe realizar el sistema, y se alojan en los IEDs. La norma estandariza las distintas clases de LNs.

Se tomará el ejemplo presentado para ilustrar de una forma más detallada cuál es la relación que une a estos elementos:

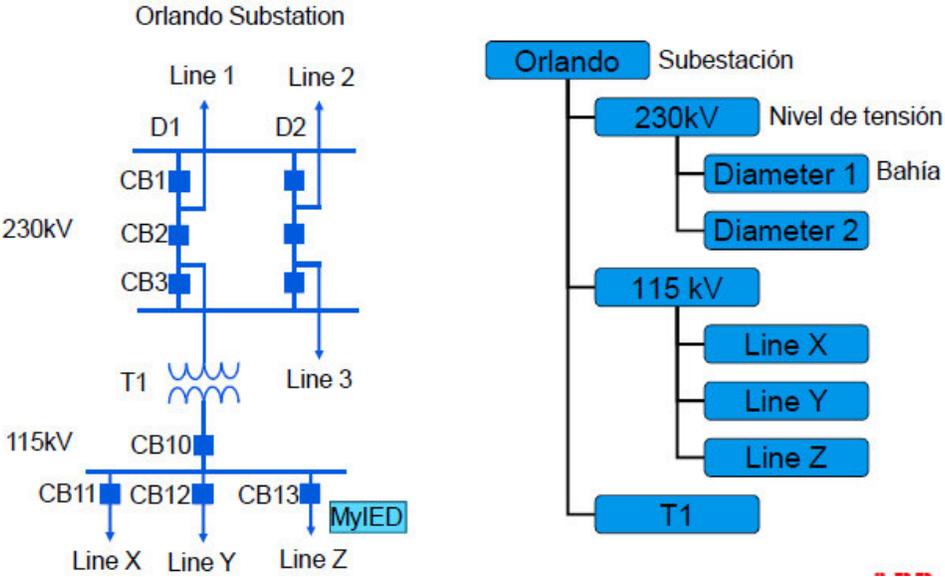


**Distintas posibilidades de posicionamiento de LNs en IEDs**

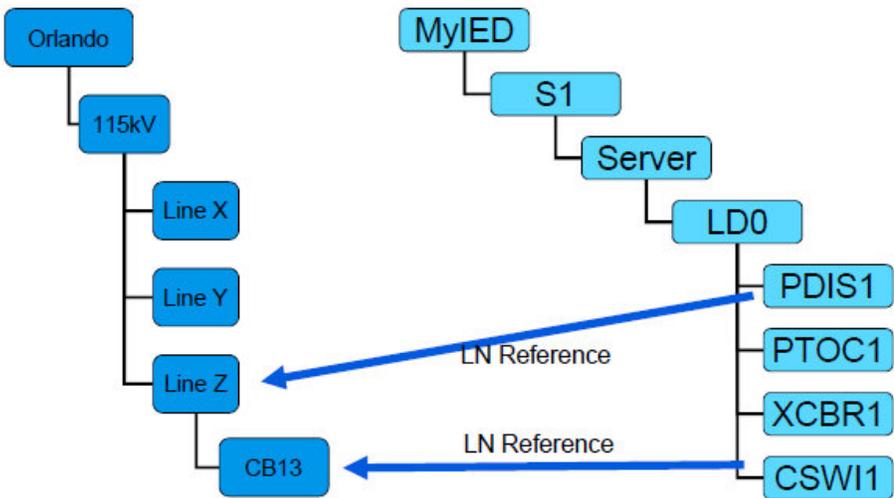
**3.3.5.- MODELO ESTRUCTURA DE LA SUBESTACIÓN ELECTRICA**

Los sistemas que se tratan en la IEC 61850 son sistemas de automatización de las subestaciones eléctricas (SAS). Por ello, los diferentes elementos que se deben modelar para su control y supervisión son los componentes típicos que se pueden encontrar dentro

de una subestación, como pueden ser seccionadores, interruptores, transformadores de intensidad y tensión y transformador de potencia.



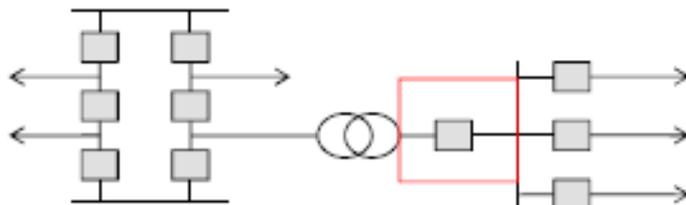
**3.3.6.- MODELO REFENECIA A NODOS LOGICOS**



**3.3.7.- MODELO DE DATA**

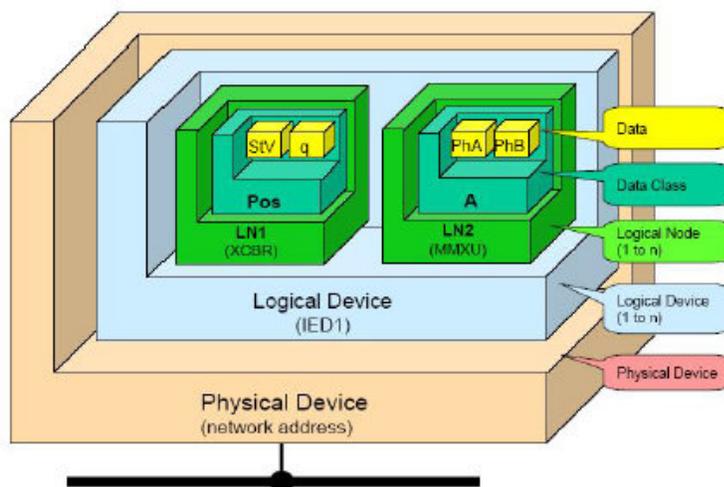
Gracias a la representación, las funciones pueden ser localizadas en los objetos dentro de la subestación

El esquema de direcciones seleccionado considera esto, escribiendo el dato con el objeto y localización dentro de la subestación



Bradley.J1.Q08.A01.LD0.MMXU1.A.phsA  
 Bradley.J1.Q08.A01.LD0.MMXU1.A.phsB  
 Bradley.J1.Q08.A01.LD0.PTOC.Op.general  
 Bradley.J1.Q08.A01.LD0.XCBR1.Pos.stVal

### 3.3.8.- MODELO DE DATOS NODOS LOGICOS



### 3.3.9.- TIPOS DE NODOS LOGICOS

LLN0, LPHD: IED y manejo de funciones

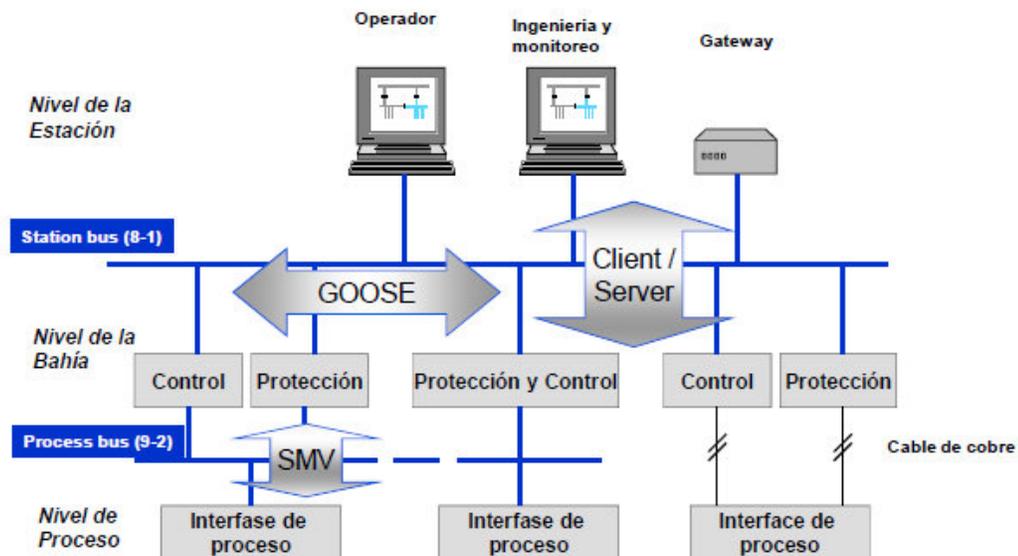
Pxxx: protección (PTOC, PIOC, PDIS, PDIF,...) (28)

Rxxx: relacionado a protección (RREC, RSYN, RDRx, ....) (10)

Cxxx: relacionado a control (CSWI, CILO, CALH, CCGR, CPOW)

- Mxxx: mediciones (MMXU, MMXN, MMTR, MHAI, MDIF, MSTA)
- Axxx: funciones automáticas (ATCC, ANCR, ARCO, AVCO)
- Gxxx: funciones genéricas (GGIO, GAPC, GSAL)
- Sxxx: interfaces con sensores/monitoreo (SIMG, SIML, SARC, SPDC)
- Txxx: transformadores de instrumento (TCTR, TVTR)
- Xxxx: interface con proceso de suicheo (XCBR, XSWI)
- Yxxx: proceso de transformador (YPTR, YLTC, YEFN, YPSH)
- Zxxx: equipo relacionado con potencia (ZBAT, ZGEN, ZMOT,...)
- Ixxx: interface y archivos (IHMI, ITCI, IARC, ITMI)

8-1 y 9-2



**3.3.10.- CLIENTE – SERVIDOR VS PROTOCOLOS SERIALES**

Un lenguaje con sintaxis común y semántica claramente definida en un documento disponible abiertamente

Mapeo definido en archivo de formato común SCL

Proceso de integración más rápido, claro y con menos errores causados por el manejo de información

errores causados por el manejo de información

IED1

Point#	Refer#	Variable	Class
0	0	Ia (Load Currents)	03
1	2	Ib	03
2	4	Ic	03
3	6	In	03
4	9	KVan (Mag) (*1000)	03
5	11	KVbn (Mag) (*1000)	03

IED2

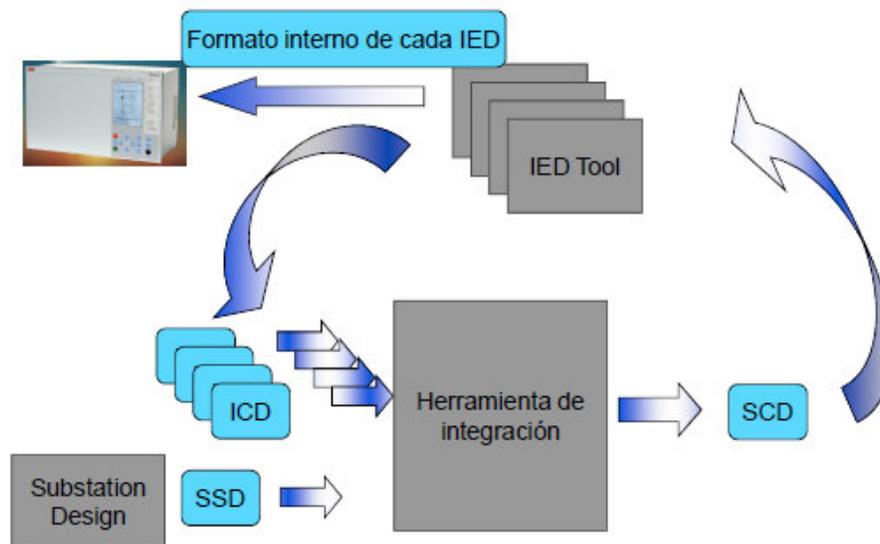
Point#	Refer#	Variable	Class
0	9	KVan (Mag) (*1000)	03
1	11	KVbn (Mag) (*1000)	03
2	13	KVcn (Mag) (*1000)	03
3	0	Ia (Load Currents)	03
4	2	Ib	03
5	4	Ic	03
6	6	In	03
7	15	KWan	0

IEC 61850

CM50I: 3.30	CurrentSequenceComponents, 310 magnitude of reported value
CMMKU: 1.I_B	CurrentPhasors, Phase B current magnitude of reported value
CMMKU: 1.I_A	CurrentPhasors, Phase A current magnitude of reported value

VNMMKU: 3.V_C	VoltagePhasors, V_C Amplitude, magnitude of reported value
VNMMKU: 3.V_B	VoltagePhasors, V_B Amplitude, magnitude of reported value
VNMMKU: 3.V_A	VoltagePhasors, V_A Amplitude, magnitude of reported value
SSWI: 3.OPENPOS	CircuitSwitch, Apparatus open position
SSWI: 3.CLOSEPOS	CircuitSwitch, Apparatus closed position

3.3.11.- FLUJO DE LA INGENIERIA



3.3.12.- INGENIERIA CON SCL

Solución con herramientas de sistemas

Gracias al formato común de archivos del sistema de automatización de la subestación, esta puede ser realizada dentro de una solo software

Proporciona un solo punto de interacción con los archivos de configuración y todos los aparatos independientes del suministrador

Resultado final: SCD debe ser parte de la documentación final tal como los otros diagramas convencionales

### **3.3.13.- METODO DE COMUNICACIONES**

Client Server

Similar a Maestro Esclavo

Data es publicada por el IED (Server)

IED's se subscribe a la data (Client)

Peer to Peer

Data es publicada por el IED (Server)

IED's se subscribe a la data (Client)

Alta velocidad

### **3.3.14.- CLIENT SERVER**

Obtiene información de los relés y medidores

Información de alta resolución

Bajos costos de integración

Formato SCL permite arrastrar y pegar

Todos los suministradores tienen la misma convención

Menos oportunidad para errores

### **3.3.15.- MENSAJE GOOSE**

Generic Object Oriented Substation Event

Forma rápida y confiable de distribuir información

Estados (posición de interruptor, arranques, disparos, alarmas, etc.)

Análoga (valores de contadores, etc.)

Resultados

Mensaje rápido Tipo 1A (Class P2/P3) recibido en 3ms.

Incluyendo tiempo de transmisión entre IEDs (similar a una conexión de salida y entrada entre relés).

Mensajes GOOSE están basados en cambio de eventos

Mensajes GOOSE incluyen diagnóstico (un “heart beat” para permitir a todos los IED’s suscribirse periódicamente)

Los mensajes GOOSE son manejados por GCBs (GOOSE control block) en los IEDs

Mensajes GOOSE envía “Data Sets” al momento de cambio de estado.

### **3.3.16.- NORMAS QUE COMPONEN LA IEC-61850**

Una vez introducidos los conceptos más importantes a los que se refieren la norma, se enumeran a continuación los diferentes apartados que contiene:

IEC 61850-1: Introduction and Overview. Introduce conceptos básicos.

IEC 61850-2: Glossary. Glosario de términos.

IEC 61850-3: General requirements. Requisitos de calidad, condiciones ambientales y servicios auxiliares.

IEC 61850-4: System and Project management. Gestión de sistemas y proyectos.

IEC 61850-5: Communication requirements for functions and device models. Requisitos del sistema de comunicación y de los equipos.

IEC 61850-6: Substation Configuration Language (SCL). Explica el lenguaje empleado para la configuración de los IEDs

IEC 61850-7: Basic communication structure. Explica el modelo de información y servicios de comunicación

IEC 61850-7-1: Principles and models. Vision general de 61850-7

IEC 61850-7-2: Abstract Communication Service Interface (ACSI).

Define los servicios de comunicación necesarios para el intercambio de datos en el modelo de información

IEC 61850-7-3: Common Data Classes (CDC). Define el modelo de información de la subestación eléctrica.

IEC 61850-7-4: Compatible Logical Node classes and data classes.

Define el modelo de información de la subestación eléctrica.

IEC 61850-8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Mapping to MMS. Mapping del modelo de información y servicios de comunicación abstractos a un sistema de comunicaciones concreto. Mapping en MMS.

IEC 61850-9-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Serial unidirectional multidrop point link. Mapping del modelo de información y servicios de comunicación abstractos a un sistema de comunicaciones concreto.

IEC 61850-9-2: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Mapping to IEEE 802.3 based process bus. Mapping del modelo de información y servicios de comunicación abstractos a un sistema de comunicaciones concreto.

IEC 61850-10: Conformance Testing. Pruebas de validez.

Como se comentó en el punto 4, este proyecto requiere una mayor profundización en los apartados referentes al mapping del modelo en un sistema de comunicación físico, por lo que se reservan los siguientes puntos para dicho análisis.

## **CAPITULO IV**

### **REDES DE COMUNICACION**

#### **4.1.- INTRODUCCION**

Redes de comunicación, no son más que la posibilidad de compartir con carácter universal la información entre grupos de computadoras y sus usuarios; un componente vital de la era de la información.

La generalización del ordenador o computadora personal (PC) y de la red de área local (LAN) durante la década de los ochenta ha dado lugar a la posibilidad de acceder a información en bases de datos remotas, cargar aplicaciones desde puntos de ultramar, enviar mensajes a otros países y compartir archivos, todo ello desde un ordenador personal. Las redes que permiten todo esto son equipos avanzados y complejos. Su eficacia se basa en la confluencia de muy diversos componentes. El diseño e implantación de una red mundial de ordenadores es uno de los grandes 'milagros tecnológicos' de las últimas décadas.

#### **4.2.- CONCEPTO DE REDES**

Es un conjunto de dispositivos físicos "hardware" y de programas "software", mediante el cual podemos comunicar computadoras para compartir recursos (discos, impresoras, programas, etc.) así como trabajo (tiempo de cálculo, procesamiento de datos, etc.).

A cada una de las computadoras conectadas a la red se le denomina un nodo. Se considera que una red es local si solo alcanza unos pocos kilómetros.

#### **4.3.- TIPOS DE REDES SEGÚN FORMA (TOPOLOGÍA)**

La Topología define la disposición de los diferentes equipos alrededor del medio de transmisión de datos, determinando unas estructuras de red características:

### **Redes Centralizadas** (*Clustered Systems*)

- Todos los equipos están supeditados a un equipo central (*Host*) que controla todo el sistema. El Host debe ser un equipo potente para gestionar el tráfico de datos con eficiencia.
- El fallo de un terminal no afecta al funcionamiento de la red, pero si el fallo es en el Host, se paraliza todo.

### **Redes Distribuidas** (*Distributed Systems*)

- En este tipo de red, los equipos pueden ser máquinas sencillas que comparten las cargas de trabajo, los recursos y comunicaciones.
- El fallo de un terminal no afecta al resto de equipos.

Las redes centralizadas se basan en la potencia del equipo, único, y las redes distribuidas se basan en la distribución de los equipos, menos potentes, pero con mucha más capacidad de maniobra, pues son más tolerantes a fallos. Se dice también que, por este motivo, tienen un nivel de inteligencia mayor que las configuraciones centralizadas.

Hay varias configuraciones básicas:

- Anillo
- Estrella
- Bus
- Árbol
- Red

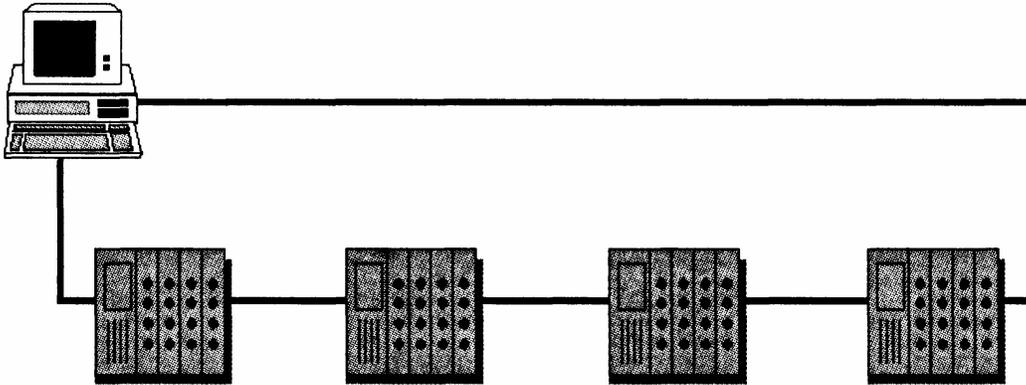
#### **4.4.1.- ANILLO**

El medio de transmisión forma un circuito cerrado (anillo) al que se conectan los equipos.

Las principales ventajas de este tipo de topología:

- Los requerimientos de cable son mínimos, similares a los de la topología bus.

- Se basa en una serie de conexiones punto a punto de una estación con la siguiente.



*Figura 7 – Topología en anillo.*

- El modo de transmisión se organiza por turnos mediante el paso de un permiso de transmisión de una estación a otra (paso de testigo o *token passing*).
- El mensaje vuelve al emisor (reconocimiento automático).
- El tráfico de información va en un sentido único a lo largo del soporte de transmisión.
- Es una estructura activa, la señal se regenera en cada nodo.
- No permite la ampliación en funcionamiento (se interrumpiría físicamente la red).
- En este tipo de redes está muy extendido el uso de la fibra óptica (prestaciones de seguridad al implementarse anillos redundantes).

Los posibles puntos débiles:

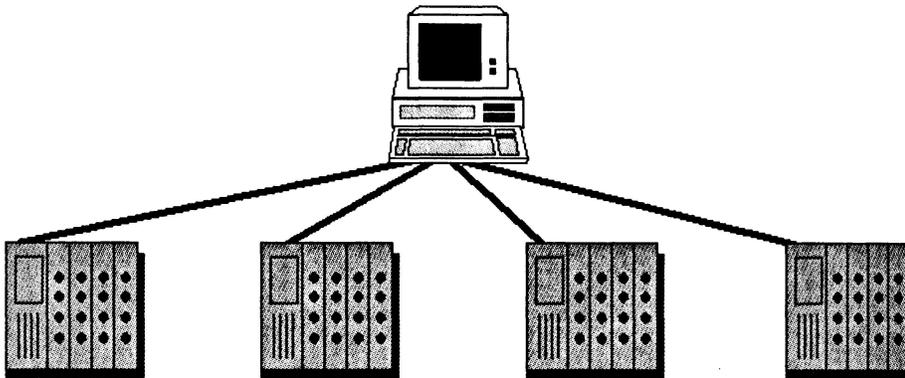
- La caída de un equipo interrumpe el tráfico de información (anillo simple).
- Diagnóstico difícil debido al sentido único de flujo de información.
- Añadir o quitar nodos afecta a la red.
- Distancias máximas entre nodos.

#### 4.4.2.- ESTRELLA

En esta configuración, todos los equipos están conectados a un equipo o nodo central (HUB, *Host Unit Broadcast*) que realiza las funciones de control y coordinación.

Las características principales son:

- La transferencia de información es punto a punto (un cable por estación).
- La sencillez de su mantenimiento.

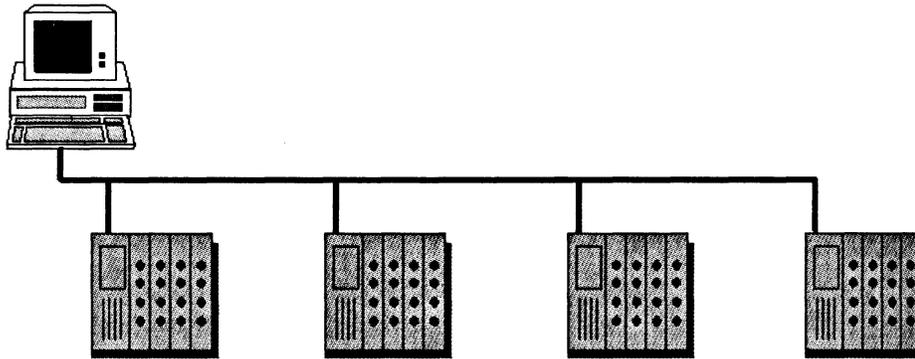


*Figura 8 – Topología en estrella.*

- El equipo central, el HUB, controla toda la red.
- El rendimiento de la red (su velocidad) dependerá del HUB.
- La caída de un equipo no afecta al resto.
- Diagnóstico sencillo ante fallos de elementos.
- Si el HUB se para, la red queda inutilizada.
- La cantidad de cable necesaria es mayor que otras topologías.
- La ampliación del sistema está limitada por la capacidad del nodo central o HUB.

#### 4.4.3.- BUS

La distribución básica se realiza alrededor de un segmento de cable al cual se conectan los equipos.



*Figura 9 – Topología en bus.*

El modo de transmisión es aleatorio, un equipo transmite cuando lo necesita. Si hay transmisiones simultáneas (colisiones), unos algoritmos especiales solventan el problema.

Entre las características más destacables se encuentran las siguientes:

- Necesita menor longitud de cable en comparación con otras redes similares en extensión.
- Las conexiones de alta impedancia permiten conectar y desconectar elementos de forma sencilla. Por tanto, la caída de un equipo no afecta al resto de la red.
- Elevada velocidad de transmisión.
- La comunicación es multipunto (todos los equipos pueden transmitir a cualquier otro según necesidad).
- Número reducido de conexiones.
- Ampliación sencilla.
- Es la opción más extendida actualmente en buses de campo.

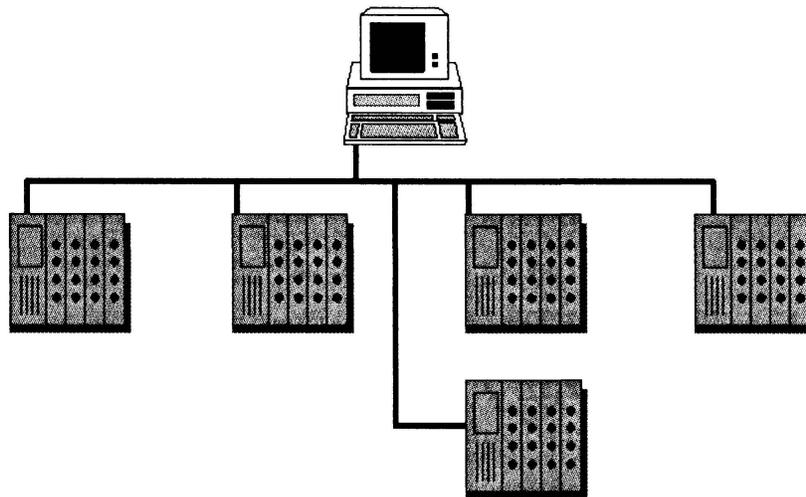
Las posibles desventajas son:

- Falta de seguridad, pues cualquier nodo puede ver cualquier mensaje (aunque no sea destinatario).
- El diagnóstico puede ser difícil debido a la estructura física, un fallo eléctrico puede estar en cualquier punto del bus.
- No hay reconocimiento de mensajes automático (no vuelven al emisor).

- En casos de sobrecarga de tráfico puede bajar el rendimiento.

#### 4.4.4.- ÁRBOL

Mezcla las características de las tres topologías anteriores.

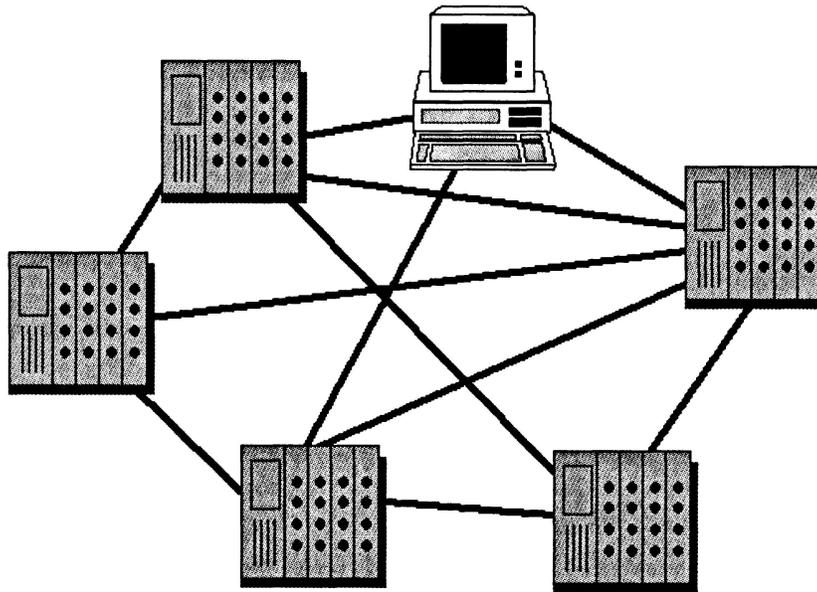


*Figura 10 — Topología en árbol.*

Se encuentra en los sistemas de bus tipo sensor-actuador (AS-i)

#### 4.4.5.- RED

Permite la conexión entre dos estaciones a través de múltiples caminos.



*Figura 11 – Topología en red.*

Las características principales:

- Fiabilidad y tolerancia a fallos. La caída de una línea de transmisión se solventa redirigiendo el tráfico por otro camino.
- Alto coste de implementación.
- No utilizado en buses de campo.

A escala industrial, las topologías más extendidas son las de Bus y Anillo, debido a su robustez ante fallos, velocidad de transmisión y sencillez de ampliación.

#### 4.- CONCLUSIONES

Con relación al trabajo desarrollado finalmente se puede mencionar que es muy importante la correcta utilización de los medios de comunicación para determinar qué medio de comunicación es el más adecuado, para ello se debe conocer las características de la estructura de una subestación, las tecnologías que se amoldan mejor a la integración, y principalmente el capital con el que se cuenta para implementar un buen medio de comunicación. En la actualidad existen varios protocolos y formas de comunicación como las que estudiamos en el presente tema que generalmente son desarrollados por los fabricantes más importantes.

Hoy en día en nuestro medio se está utilizando dos medios de comunicación que cada vez se posicionan con más fuerza, pues en la actualidad ofrecen mejores ventajas y beneficios frente a otro, estos son: los enlaces de comunicación con fibra óptica y los enlaces de comunicación satelital.

Nuestra Empresa está utilizando el enlace de comunicación con fibra óptica, que es utilizado cada vez más con mayor frecuencia y a futuro sea quizás el medio predominante en estos procesos de automatización, entre sus principales características mencionamos; el amplio ancho de banda que brinda, las altas velocidades de TX/RX de datos, y el costo que puede considerarse aceptable y de buena proyección. Es importante mencionar que una de las ventajas principales de los enlaces de fibra óptica es su inmunidad total a las perturbaciones de origen electromagnético, las cuales son muy comunes en subestaciones y son consideradas una gran amenaza para interferir en el buen funcionamiento del sistema.

Sin embargo al presente nuestras subestaciones nuevas cuentan con los Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IED's), que son importantes en la implementación del SAS (Sistema de Automatización de Subestaciones) tanto en las tareas de control, monitoreo y medición. Poseen la capacidad de almacenar información la misma que es usada mediante los enlaces de comunicación estudiados a través del protocolo de comunicaciones IEC 61850

## 5.- REFERENCIAS

- [1] Manual de Relé RELION DEIs de PROTECCION Y CONTROL ABB
- [2] IEDs RET 670 ABB
- [3] IEDs RED 670 ABB
- [4] Comunicaciones industriales (Vicente Guerrero, Luis Martínez) Editorial Marcombo 2010.