



UTN
FRGP

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL GENERAL PACHECO

PRIMER CONGRESO DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA
TECNOLÓGICA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

REDES LAN ETHERNET PARA EETT



ROBERTO MARTIN VILLAR
FIUBA / TRANELSA

CONTENIDO

- **INTRODUCCION**
- **RED LAN ETHERNET DE UNA ET**
- **COMPONENETES TIPICOS DE LA RED DE UNA ET**
- **ESQUEMA DE RED TIPICO (EJEMPLO ACTUAL)**
- **TECNOLOGIA ETHERNET**
- **ETHERNET PARA EETT (SWITCHES ADMINISTRABLES)**
 - ✓ **RESPUESTA EN TIEMPO REAL**
 - ✓ **FUNCIONAMIENTO DETERMINISTICO**
- **CONCLUSION**

INTRODUCCION – SISTEMAS TIPICOS EN EETT

Para la adecuada **gestión, operación y mantenimiento de una estación transformadora (ET)**, coexisten dentro del ámbito de la estación una gran cantidad de sistemas con distintos objetivos y requerimientos de performance:

Algunos de estos sistemas son:

- Sistema de Control Local y Telecontrol
- Sistema de Protecciones
- Sistema de Registración Cronológica de Eventos (RCE)
- Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA)
- Sistema de medición Comercial de Energía (SMEC)
- Sistema de Video Vigilancia (Seguridad)
- Sistema de Video Monitoreo de equipamiento eléctrico
- Sistema de Desconexión Automática de Generadores y Cargas (DAG/DAC)
- Sistemas Telefónico (analógico y digital)
- Otros

INTRODUCCION – INFORMACION A SER TRANSMITIDA

Para cumplir su función específica estos sistemas de gestión, protección, control y monitoreo de la ET requieren de un intercambio permanente de información.

Por ejemplo:

- **Comandos:** ordenes de cierra/apertura de equipos de playa
- **Disparos:** actuación de protecciones frente a fallas
- **Alarmas**
- **Estados** de los equipos de playa (Abierto/Cerrado)
- **Mediciones:** valores de medición de los TI y TV
- **Intercambio entre dispositivos de la red** (IEDs, MU, PCs, etc.)
- **Oscilografías**
- **Mensajes de sincronización**
- **Otros**

INTRODUCCION – TENDENCIA EN COMUNICACIONES EN EETT

La elección de **REDES LAN CON TECNOLOGIA ETHERNET** para las comunicaciones dentro de una ET es tendencia a nivel mundial.

Algunas ventajas de las redes LAN ETHERNET para EETT:

- **Arquitectura Común de Comunicaciones** dentro de la ET
- Coexistencia del nuevo **estándar IEC 61850** con protocolos tradicionales (DNP3.0, IEC 60870, MODBUS, etc)
- **Digitalización** de toda la información de la ET (C/S, GOOSE, SV, SNTP, etc.)
- **Accesibilidad** a toda la información de la ET a través de la red
- **Escalabilidad** muy simple
- Utilización de los nuevos dispositivos IEDs de protecciones y control, MU, etc.
- Utilización de dispositivos tradicionales (con interfaz Ethernet o Serial Servers)
- Reducción del cableado de cobre e interfaces eléctricas
- Inmunidad Electromagnética

ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES
ESTACION TRANSFORMADORA
“RED LAN CON TECNOLOGÍA ETHERNET”

RED LAN DE UNA ET

Red de comunicación de datos que cubre un área geográfica limitada, en este caso una ET. Esta conformada por:

- Un **medio de transmisión común** para compartir información, recursos y aplicaciones

- Conjunto de Dispositivos (**Hardware**):
 - Dispositivos de red o intermediarios: (Switches, routers, Gateways, etc.)
 - Dispositivos terminales: (IEDs, MUs , PCs, HMI, GPS, etc.)

- Conjunto de aplicaciones (**Software**) propias de cada sistema. Estas aplicaciones corren en los dispositivos conectados a la red

- **Técnica de Control de Acceso al Medio o Protocolo de Transmisión:** Ethernet para EETT

RED LAN DE UNA ET - DISPOSITIVOS INTERMEDIARIOS

Se encargan de direccionar y administrar los mensajes en la red, a continuación se listan los más comunes:

- ✓ **CONCENTRADOR (HUB):** Dispositivo de **repetidor multipuerto** que retransmite las señales de datos recibidas a todos los dispositivos conectados excepto a aquel desde el cual se recibe la señal. Opera en la capa (1) física del modelo OSI.
- ✓ **SWITCH:** Dispositivo de red que **filtra, reenvía o inunda tramas basándose en la dirección destino** de cada trama. Opera en la capa (2) de enlace de datos del modelo OSI.
- ✓ **ROUTER:** Dispositivos de capa (3) de red que usa una o más métricas para **determinar la ruta óptima** para el tráfico de red. Envían paquetes desde una red a otra basándose en la información de la capa de red (dirección IP).
- ✓ **GATEWAY:** Dispositivo que se encarga de **vincular redes o sistemas que no utilizan los mismos protocolos** de comunicación.

RED LAN DE UNA ET - DISPOSITIVOS TERMINALES

Dan origen a los mensajes que circulan en la red. Constituyen la interfaz entre el humano y la red de comunicación subyacente.

Los más comunes son:

- ✓ **IEDs de Protecciones**
- ✓ **IEDs de Control (CB)**
- ✓ **Dispositivos de monitoreo de Maquinas Eléctricas**
- ✓ **Merging Units (MU):** digitalizan la información del campo
- ✓ **GPS:** sincronización de todos los dispositivos conectados a la red
- ✓ **Multimedidores Digitales (MM)**
- ✓ **Computadoras (PCs):** (CCL, CP, CRCE, etc.)
- ✓ **Teléfonos y cámaras IP**
- ✓ **Otros**

RED LAN DE UNA ET – MEDIO FISICO

Medio a través del cual se transmiten los datos. Los más comunes en EETT son:

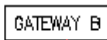
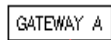
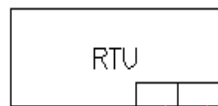
- ✓ **FIBRA OPTICA (FO)** (Muy usado en EETT por su inmunidad electromagnética)



- ✓ **COBRE** (Solo dentro de edificios)



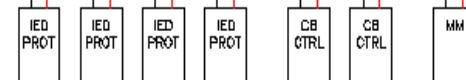
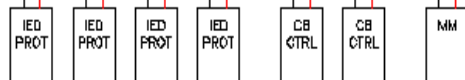
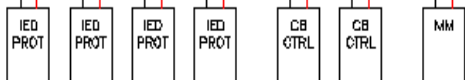
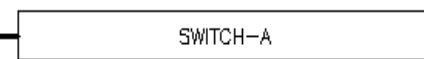
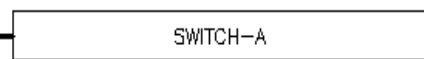
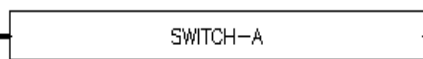
EDIFICIO DE COMANDO



Red LAN B Ethernet - Anillo en FO 1000 Mbps

Red LAN A Ethernet - Anillo en FO 1000 Mbps

RED LAN ETHERNET DE LA ET



KIOSCO 0102 -500 kV

KIOSCO 0304 -500 kV

KIOSCO 0506 -500 kV

“TECNOLOGÍA ETHERNET”

- 1. IEEE 802.3 - CAPAS 1 Y 2 OSI**
- 2. TRAMA ETHERNET**
- 3. DIRECCIONAMIENTO**
- 4. TOPOLOGIAS**

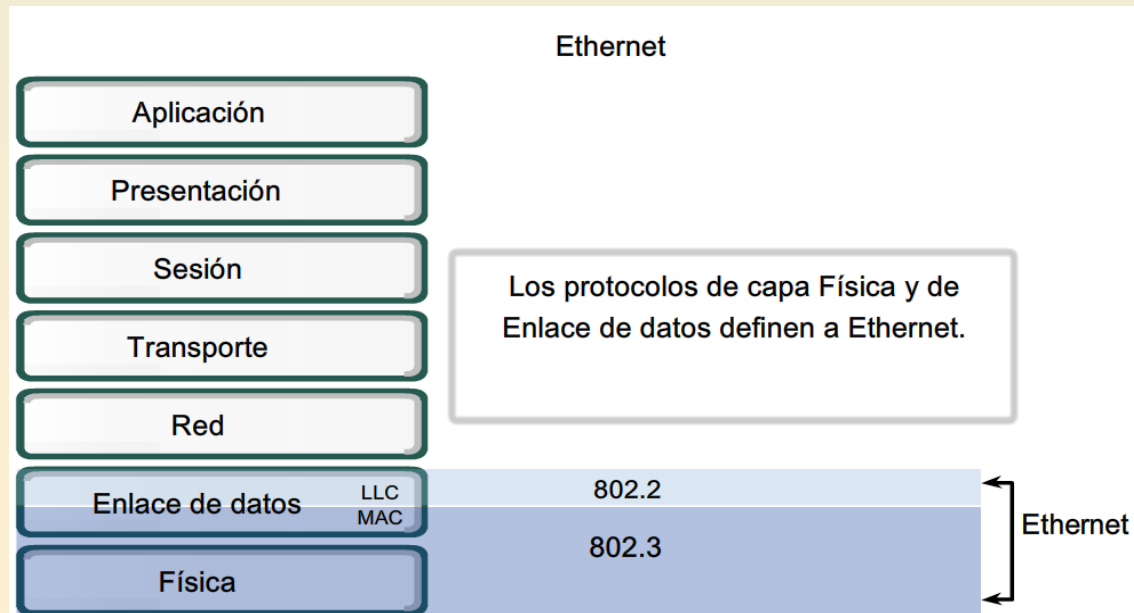
IEEE 802.3 - CAPAS 1 Y 2 OSI

Familia de tecnologías de interconexión de redes que se define en los estándares 802.2 y 802.3 de la IEEE.

Ethernet opera sobre las 2 primeras capas del modelo de referencia OSI:

Capa (1) Física: describe los medios mecánicos, eléctricos, funcionales la transmisión de bits hacia/desde un dispositivo de red.

Capa (2) Enlace de Datos: describe los métodos para intercambiar tramas de datos entre dispositivos en un medio común. Ethernet se implementa en la mitad inferior de esta capa, en la Subcapa de control de acceso al medio (Media Access Control, MAC).



IEEE 802.3 - CAPAS 1 Y 2 OSI

En resumen Ethernet se ocupa de:

➤ Capa Física:

- ✓ Cables
- ✓ Conectores
- ✓ Voltajes eléctricos de señales
- ✓ Velocidades de Transmisión

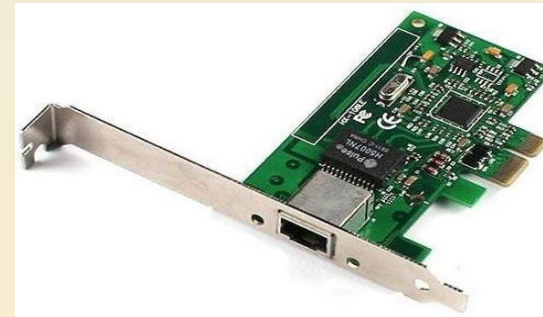


Velocidades Mbps	Modulación	Medio	Descripción
10	BASE	2 5 T	Coaxial delgado Coaxial grueso Cable UTP
100	BASE	T F	Cable UTP Fibra óptica
1000	BASE	T S, L	Cable UTP Fibra óptica

➤ Control de Acceso al medio (subcapa MAC): responsabilidades principales:

1. Encapsulación de datos:

- Delimitación de Tramas
- Direccionamiento
- Detección de errores



2. Control de Acceso al medio:

- Administra la colocación/retiro de tramas en los medios
- Recuperación por fallo de transmisión debido a colisiones

TRAMA ETHERNET

- Paquete de datos de capa 2. Se utiliza para llevar datos entre los dispositivos de la red.
- Consta de varios bits organizados en varios campos. Estos Campos son:

- **Preámbulo (7 bytes)** : para sincronización entre dispositivos Tx /Rx.
- **Delimitador de inicio de trama (SFD: Start frame delimiter) (1 byte):**
- **Dirección MAC de destino (6 bytes):** identificador del receptor deseado.
- **Dirección MAC de origen (6 bytes):** identifica la NIC o interfaz que origina la trama.
- **Longitud/Tipo (2 bytes):** longitud del campo Datos de la trama.

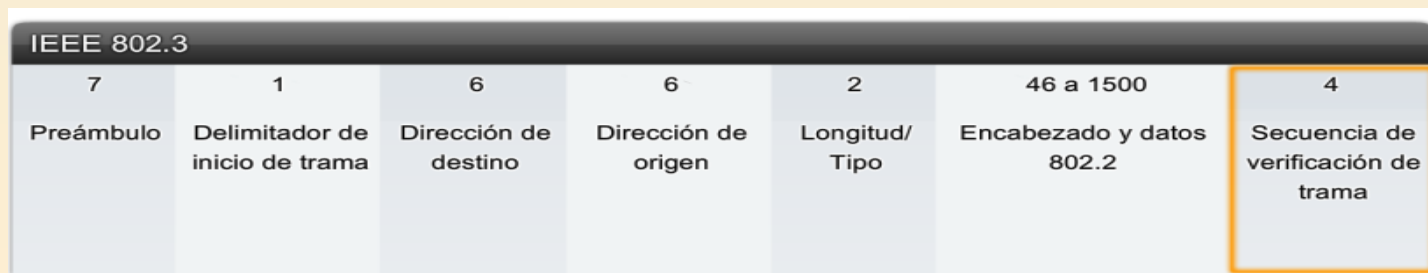
- **Datos (de 46 a 1500 bytes):** los datos encapsulados de una capa superior (paquetes de Capa 3, generalmente un datagrama IP).

- **Chequeo (FCS) (4 bytes):** Secuencia de verificación de trama, se utiliza para detectar errores en la trama.

ENCABEZADO

DATOS

FIN

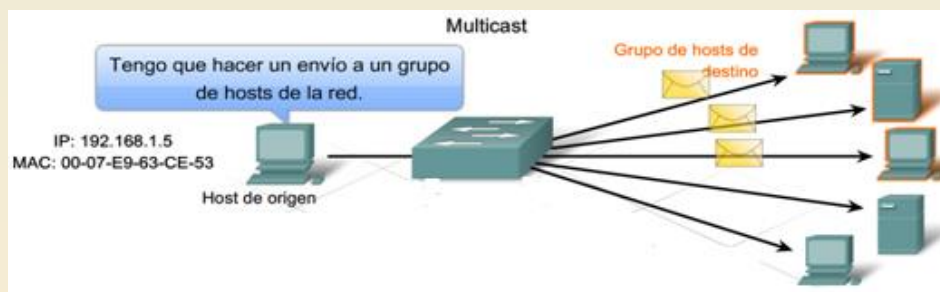


DIRECCION UNICAST, MULTICAST Y BROADCAST

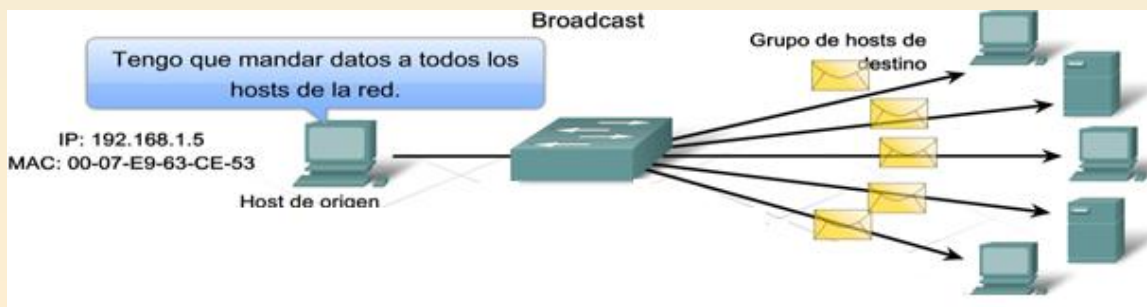
- **Dirección Unicast:** identifica UNA sola estación.



- **Dirección de Multicast:** identifica a VARIAS estaciones a la vez.



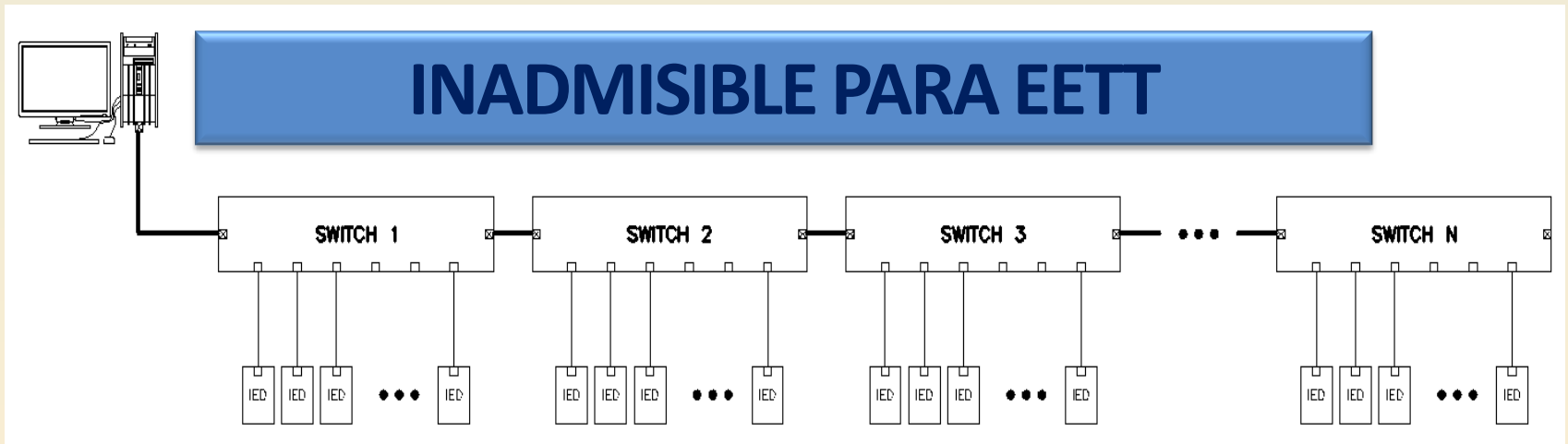
- **Dirección de Broadcast:** identifica a TODAS las estaciones. Una dirección Broadcast es un caso especial de dirección Multicast.



TOPOLOGIAS

Una red LAN Ethernet permite una amplia variedad de topologías de red que proporcionan diferentes niveles disponibilidad, tolerancia a fallas y latencia.

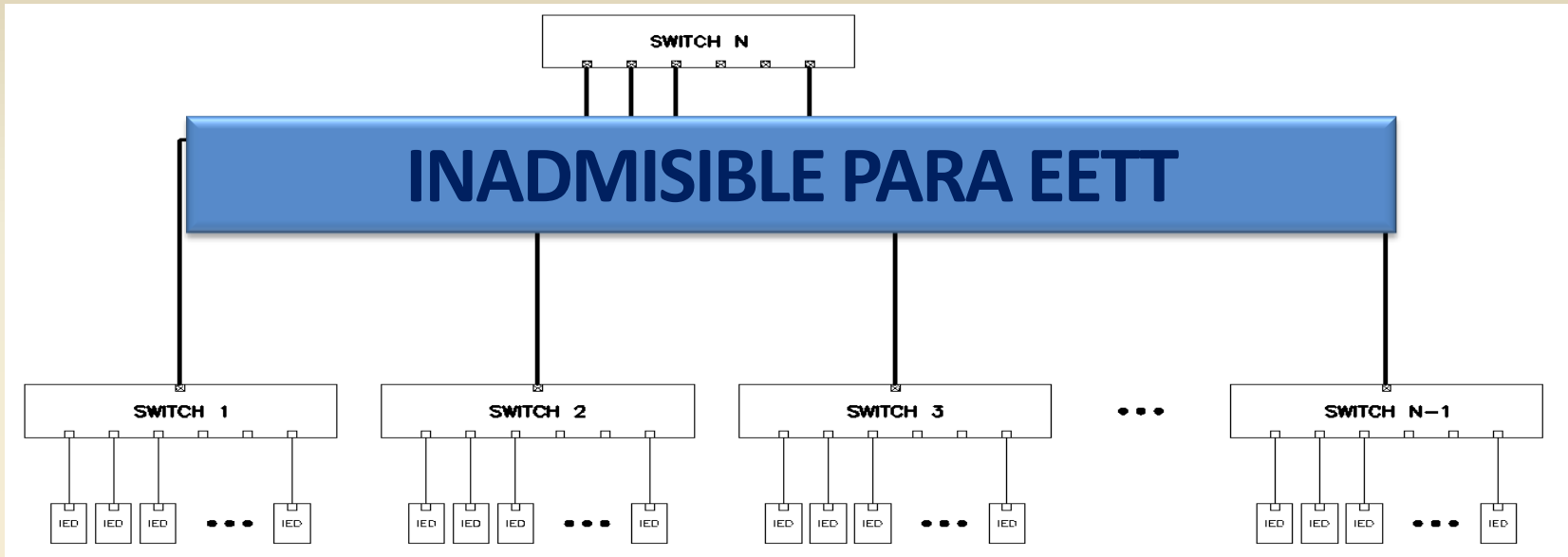
- **BUS O CASCADA:** los switches están conectados en cascada a través de puertos de enlace ascendente (uplink ports) que operan a velocidades mayores que los puertos vinculados con los dispositivos terminales.



- **VENTAJAS:** conexión simple.
- **DESVENTAJAS:** No presenta tolerancia a fallas. La cantidad de dispositivos que se pueden interconectar depende de los retardos admisibles en el sistema.

TOPOLOGIAS

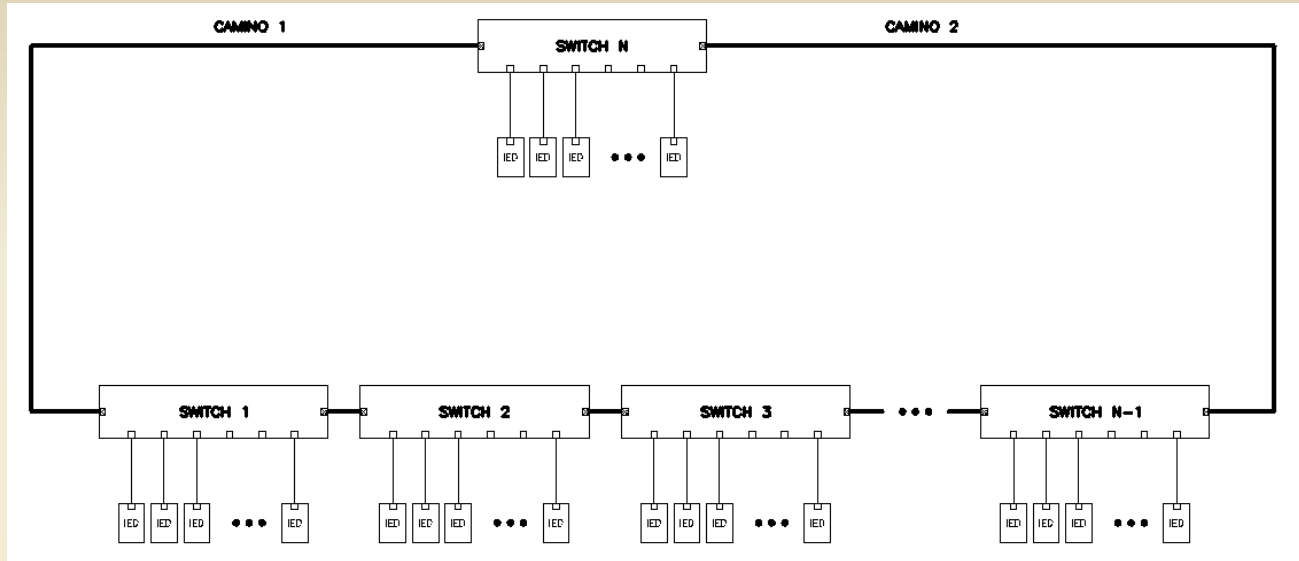
- **ESTRELLA:** se basa en un switch “backbone” (columna vertebral) con el cual se vinculan todos los otros switches.



- **VENTAJAS:** baja latencia (menor cantidad de “saltos” entre dos switches conectados al switch backbone N).
- **DESVENTAJAS:** Si el switch backbone falla, todos los switches quedan aislados. Si una de las conexiones de “uplink” falla, todos los IEDs o dispositivos terminales conectados al switch se pierden.

TOPOLOGIAS

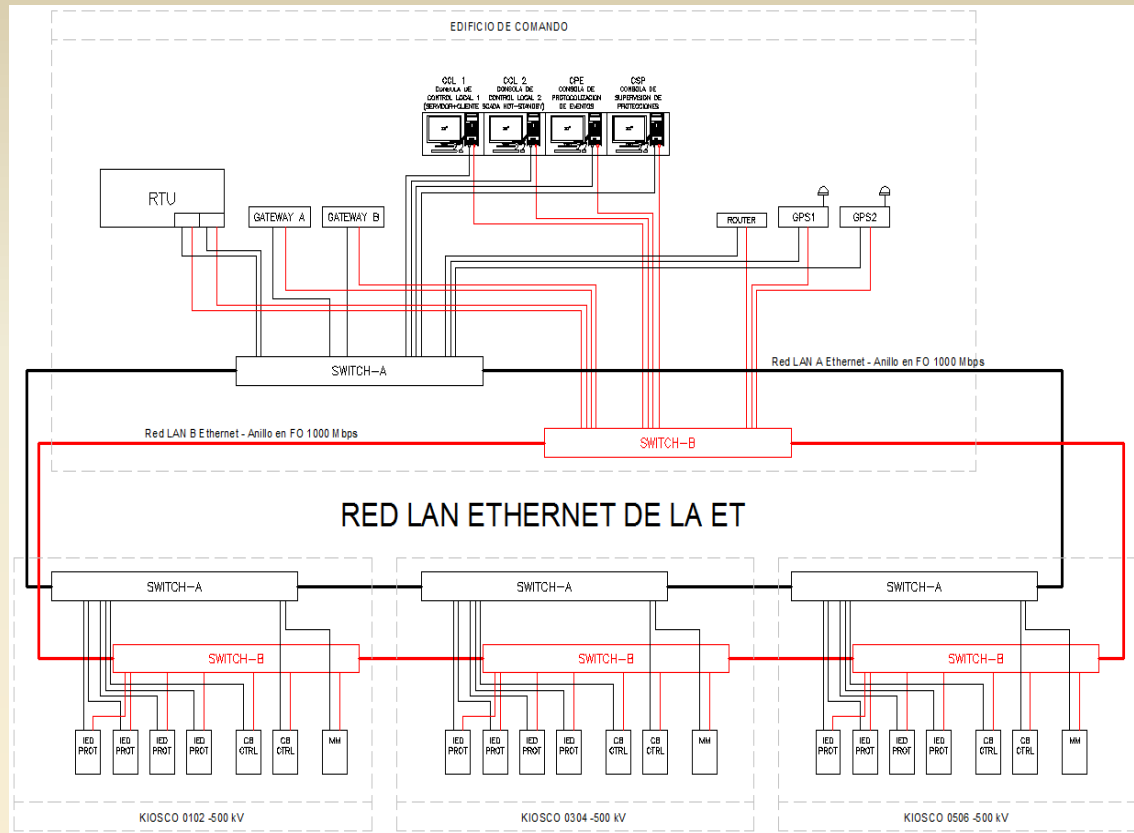
- **ANILLO:** muy similar a la arquitectura en cascada salvo por el hecho de que el lazo se cierra entre el switch 1 y el N



- **VENTAJAS:** primer nivel de tolerancia a fallas debido al doble camino (Inmunidad a un corte de enlace físicos de la red).
- **DESVENTAJAS:** nivel de retraso muy dependiente del numero de switches.

TOPOLOGIAS

- **DOBLE ANILLO:** muy utilizada en el ámbito de las EETT de extra alta tensión



- **VENTAJAS:** altos niveles de disponibilidad y tolerancia a fallas debido al doble anillo.
- **DESVENTAJAS:** si el número de switches es muy alto, presenta niveles altos de retardo. Su uso en EETT queda limitado al número de switches.

ETHERNET PARA EETT

SWITCHES ADMINISTRABLES

RESPUESTA EN TIEMPO REAL

FUNCIONAMIENTO DETERMINISTICO

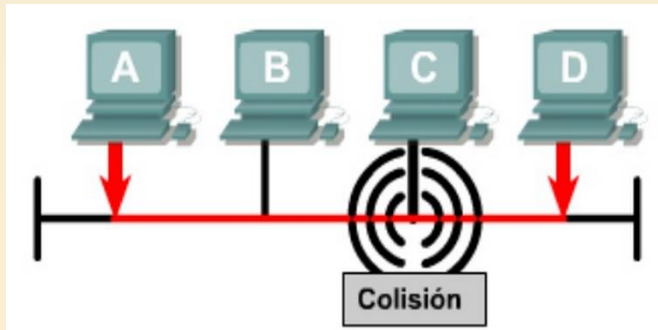
1. **Full-Duplex** (IEEE 802.3x)
2. **Priority Queuing** (IEEE 802.1p)
3. **VLAN** (IEEE 802.1Q)

ETHERNET PARA EETT – FULL DUPLEX

REEMPLAZO DE CSMA/CD POR UN SISTEMA FULL DUPLEX ELIMINA LA POSIBILIDAD DE COLISIONES

Ethernet utilizaba un protocolo de control de acceso al medio denominado **(CSMA/CD)**:

- **Carrier Sensing (CS)**: Cualquier dispositivo que deseara transmitir debía “sensar” el medio compartido y chequear si no había otra que lo estuviera utilizando.
- **Multiple Access (MA)**: Todos los dispositivos de la red tenían la misma posibilidad de utilizar el medio compartido en cualquier momento sin ningún tipo de prioridad.
- **Collision Detection (CD)**: En caso de colisión con otra comunicación, el sistema tiene mecanismos para la detección de colisiones y cada estación retransmitirá luego de un lapso de tiempo predeterminado (algoritmo).



✓ Colision → Si 2 dispositivos transmiten al mismo tiempo.

✓ Consecuencia → Perdida de TRAMAS Y RETRANSMISION

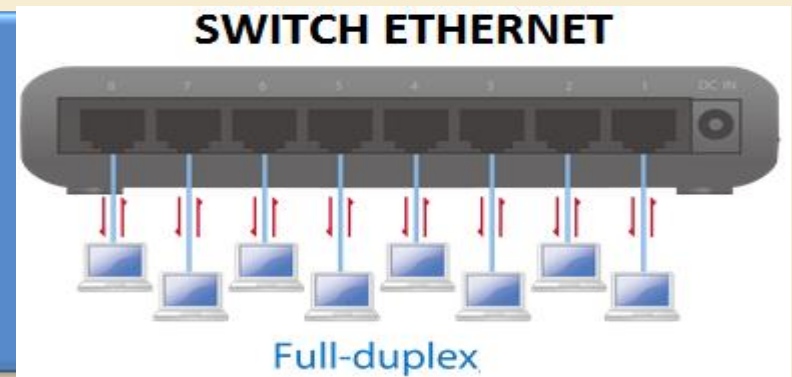
ETHERNET PARA EETT – FULL DUPLEX

REEMPLAZO DE CSMA/CD POR UN SISTEMA FULL DUPLEX ELIMINA LA POSIBILIDAD DE COLISIONES

Modo de Operación Full duplex (IEEE 802.3x): asegura que no se produzcan colisiones y por lo tanto contribuye a un funcionamiento determinístico de Ethernet.

- ✓ COMUNICACIONES EN AMBAS DIRECCIONES CON IGUAL CAPACIDAD
- ✓ LOS DISPOSITIVOS PUEDEN ENVIAR Y RECIBIR SIMULTANEAMENTE
- ✓ NO SE COMPARTE EL MEDIO FISICO, SOLO SE INTERCONECTAN DOS DISPOSITIVOS
- ✓ DEBE EXISTIR MEDIO DE TRANSMISION Y RECEPCION DE DATOS INDEPENDIENTES QUE OPEREN DE MANERA SIMULTANEA

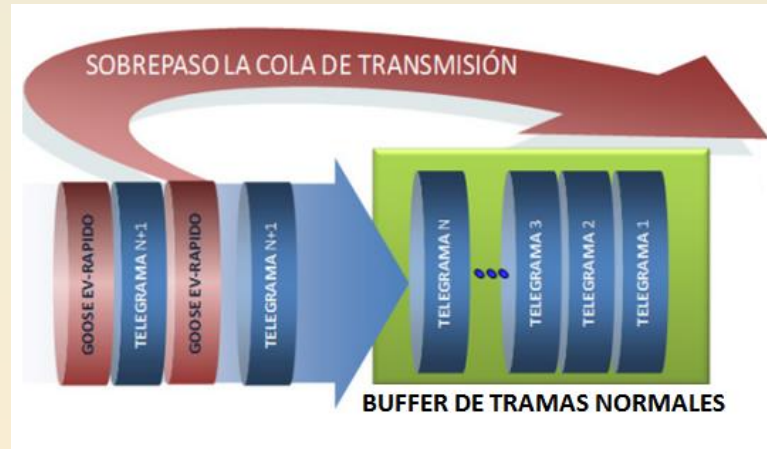
**FULL DUPLEX
ELIMINA LAS COLISIONES
FUNCIONAMIENTO
DETERMINISTICO**



ETHERNET PARA EETT – PRIORITY QUEUING

Priority Queuing (IEEE 802.1p) → Calidad de Servicio (QoS) a nivel MAC

- ✓ Permite marcar las tramas con diferentes niveles de prioridad con el fin de asegurar la respuesta de la red en tiempo real para el tráfico crítico.
- ✓ Se implementa con 3 bits que se agregan a la trama Ethernet.
- ✓ Existen 8 niveles de prioridad: 0 (baja prioridad) a 7 (alta prioridad).
- ✓ Su implementación permite a las tramas de mayor prioridad SALTAR la cola de espera.



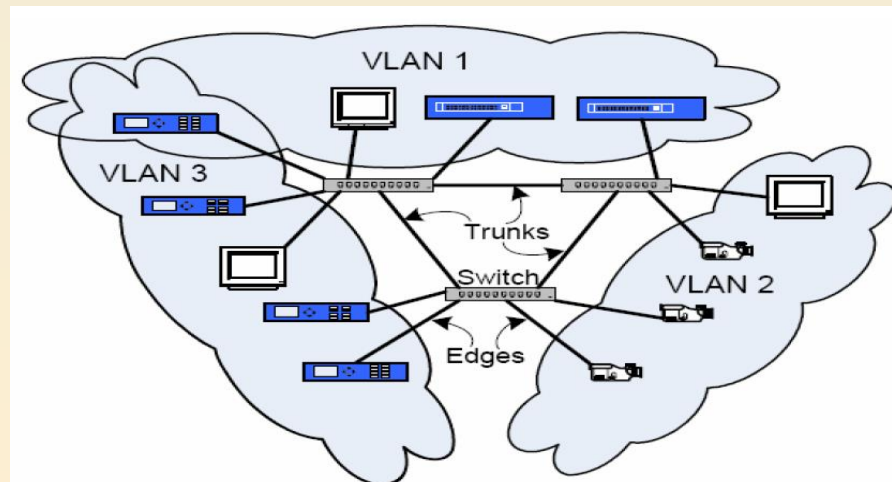
NOTA: Sin prioridades, el switch reubica las tramas en un buffer por orden de llegada para ser enviadas al puerto destino. Es decir, que si llegan mensajes con mediciones, posición de equipos, reportes de alarmas y por último un mensaje de disparo, este deberá esperar a que los otros mensajes se envíen antes que él (INADMISIBLE).

ETHERNET PARA EETT – VLANS

- **VLAN** (IEEE 802.1Q) permite la segregación y el agrupamiento de los dispositivos terminales en redes LAN virtuales con el objeto de **aislar los IEDs de tiempo real (disparos de protecciones, alarmas críticas y comandos) de los IEDs de recopilación de datos o menos críticos (monitoreos rutinarios y alarmas menores).**

Características :

- ✓ Cada VLAN determina un dominio de Broadcast diferente.
- ✓ Las tramas de una VLAN nunca llegan a otras.
- ✓ Las VLAN solo pueden vincularse a través de capa 3 (Router)
- ✓ La segregación se logra indicando la pertenencia de la trama a un VLAN con una etiqueta (tag).



ETHERNET PARA EETT DIGITALES - CONCLUSIONES

- Para implementar el **estándar IEC 61850**, es condición necesaria una arquitectura de comunicaciones basada en una red LAN con tecnología Ethernet.
- Capacidad de Respuesta en Tiempo Real (Excluyente para EETT)
- Funcionamiento Determinístico (Excluyente para EETT)
- Red de Alta Disponibilidad (con doble anillo de Fibra óptica)
- Interoperabilidad (soporta comunicaciones entre equipos de distintos fabricantes)
- Inmunidad Electromagnética (EMC)
- Ofrece una interfaz eléctrica común. Permite sustituir las diferentes interfaces eléctricas utilizadas tradicionalmente en el ambiente de una ET (RS422/V.11, RS485, G.703, etc.).
- Permite transportar diferentes protocolos de nivel superior (TCP/IP, MODBUS, etc.).
- Coexistencia de protocolos (IEC 61850 con protocolos tradicionales para el caso de ampliación de eett existentes)
- Escalabilidad simple

**MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCION**