

GUÍA PARA LA INSTALACIÓN Y COMISIONAMIENTO DE BUSES  
DE CAMPO

LILLY VALESKA AGUAS CASTRO  
WENDY YURANIS ROMERO GAVIRIA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENÍERIAS ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T y C

2011

GUÍA PARA LA INSTALACIÓN Y COMISIONAMIENTO DE BUSES DE CAMPO

LILLY VALESKA AGUAS CASTRO

WENDY YURANIS ROMERO GAVIRIA

MONOGRAFÍA

M.Sc JORGE DUQUE

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENÍERIAS ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS D.T y C

2011

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Cartagena de Indias D.T y C, (Diciembre 2011)**

## **Agradecimientos**

A Dios,

Por darme la sabiduría, valor y perseverancia, y como lo dice en su palabra, filipenses 4:13 Todo lo puedo en Cristo que me fortalece,

A mi madre Lastenia,

Porque siempre creyó en mí, inclusive en los peores momentos de mi vida; por el amor incondicional que me profeta; por haberme creado en mí la persona que soy hoy día, una persona llena de valores,

A mi padre Víctor Manuel.

Por sus sabios consejos y enseñanzas en el transcurso de mi vida, por su ejemplo de perseverancia y constancia en lo que se realice en la vida, por su incondicional amor;

A mis familiares y Amigos

Que siempre creyeron en mí, en mis capacidades y facultades,

A mis maestros.

Jorge Duque por todo su apoyo en la realización de esta monografía, a Luis Eduardo Rueda, Oscar Acevedo, Ricardo Arjona y Eduardo Gómez por toda la ayuda brindada durante la carrera.

A la Universidad Tecnológica de Bolívar y en especial a la Facultad de Ingeniería por haberme permitido alcanzar este gran logro en mi vida.

**Lilly Valeska Aguas Castro**

## **Agradecimientos**

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi madre Mabel Gaviria

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Juan Romero.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por su amor

A mis familiares y Amigos

Que siempre creyeron en Mí

A mis maestros.

Jorge Duque por todo su apoyo en la realización de esta monografía, a Gonzalo López y Ricardo Arjona por toda la ayuda brindada durante la carrera.

A la Universidad Tecnológica de Bolívar y en especial a la Facultad de Ingeniería por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

¡Gracias a todos ustedes!

**Wendy Yuranis Romero Gaviria**

## **Dedicatoria**

Primero que todo le doy infinitas gracias a Dios todo poderoso por brindarme la oportunidad de desarrollar el presente trabajo, el cual fue realizado con sabiduría, amor y por sobre todo dedicación.

Gracias al apoyo que obtuve de mis padres, quienes con su amor desinteresado creyeron en mí y en mis capacidades y con esfuerzo y buenos principios fui formada, a mis hermanos que me brindaron su apoyo incondicional.

De antemano agradezco a todo aquel que aportó conocimientos para mi formación.

**Lilly Valeska Aguas Castro**

## **Dedicatoria**

Primeramente le dedico este trabajo a Dios por haberme dado las fuerzas y el valor para culminar con éxitos mis estudios. A mis padres, porque creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles y porque el orgullo que sienten por mí fue lo que me hizo llegar hasta el final. A mi hermano, sobrino, primos y amigos, gracias por haber fomentado en mí el deseo de triunfar en la vida, siempre con un bueno consejo.

A todos espero no defraudarlos y contar siempre con su apoyo incondicional

**Wendy Yuranis Romero Gaviria**

## CONTENIDO

	PAG
INTRODUCCIÓN .....	13
1. HART	
1.1 INTRODUCCIÓN .....	14
1.2 CAPA FISICA	
1.2.1 CABLES .....	15
1.3 CAPA DE ENLACE	
1.3.1 TOPOLOGIA DE RED .....	17
1.3.2 ACCESO AL MEDIO .....	18
1.3.3 FORMATO DE TRAMA .....	19
1.4 APLICACIONES .....	20
1.5 COMISIONAMIENTO	
1.5.1 SEGURIDAD INTRINSECA .....	20
1.5.2 HOST Y PORTATIL .....	21
1.5.3 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES .....	22
1.5.4 DISPOSITIVO DE PUESTA EN MARCHA .....	23
1.5.5 DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN .....	24
1.5.6 BUCLE DE CONTROL DE INTEGRIDAD .....	24
2. AS-i	
2.1 INTRODUCCIÓN .....	26
2.2 CAPA FISICA .....	26
2.3 CAPA DE ENLACE	
2.3.1 TOPOLOGIA DE RED .....	28
2.3.2 ACCESO AL MEDIO .....	29
2.3.3 FORMATO DE TRAMA .....	30
2.4 APLICACIONES .....	31
2.5 COMISIONAMIENTO	



2.5.1	DETECCION DEL DEFECTO DE TIERRA -----	32
2.5.2	PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES -----	32
3.	CAN	
3.1	INTRODUCCIÓN -----	33
3.2	CAPA FISICA	
3.2.1	CABLES -----	33
3.2.2	ELEMENTOS DE CIERRE O TERMINADOR -----	34
3.2.3	CONTROLADOR -----	35
3.2.4	TRANSMISOR/RECEPTOR -----	36
3.3	CAPA DE ENLACE	
3.3.1	TOPOLOGIA DE RED -----	36
3.3.2	FORMATO DE TRAMA -----	37
3.3.3	ACCESO AL MEDIO -----	38
3.4	APLICACIONES -----	39
3.5	COMISIONAMIENTO	
3.5.1	CONTROL DE CONTINUIDAD -----	39
3.5.2	HERRAMIENTAS PARA LA PUESTA EN MARCHA -----	40
4.	PROFIBUS	
4.1	INTRODUCCIÓN -----	41
4.2	CAPA FISICA	
4.2.1	CONEXIONES FISICA -----	41
4.2.2	CABLES -----	42
4.3	CAPA DE ENLACE	
4.3.1	TOPOLOGIA DE RED -----	44
4.3.2	FORMATO DE TRAMA -----	45
4.3.3	ACCESO AL MEDIO -----	45
4.4	APLICACIONES -----	46
4.5	COMISIONAMIENTO	
4.5.1	CONFIGURACION DEL SISTEMA-----	49
4.5.2	VERIFICACIÓN DE LAS DIRECCIONES-----	50

4.5.3	PUESTA EN MARCHA -----	51
4.5.4	PRUEBA DE LA SEÑAL DE ENTRADA -----	51
4.5.5	PRUEBA DE LA SEÑAL DE SALIDA -----	52
4.5.6	CREAR LISTA DE ACEPTACIÓN -----	52
5.	FOUNDATION FIELBUS	
5.1	INTRODUCCIÓN -----	53
5.2	CAPA FISICA	
5.2.1	CABLES -----	54
5.3	CAPA DE ENLACE	
5.3.1	TOPOLOGIA DE RED -----	55
5.3.2	FORMATO DE TRAMA -----	56
5.3.3	ACCESO AL MEDIO -----	57
5.4	APLICACIONES -----	58
5.5	COMISIONAMIENTO	
5.5.1	CHEQUEO DE LOS CABLES -----	59
5.5.2	CAJA DE CONEXIONES (JUNCTION BOX) -----	61
5.5.3	PRUEBAS -----	61
5.5.4	CALIBRACIÓN -----	61
5.5.5	CAMPO DE INSTALACION -----	61
5.5.6	COMPROBACION DEL BUCLE -----	61
6.	PROFINET	
6.1	INTRODUCCIÓN -----	62
6.2	CAPA FISICA	
6.2.1	CABLES DE FIBRA OPTICA -----	62
6.2.2	CONECTORES PARA PROFINET -----	63
6.3	CAPA DE ENLACE	
6.3.1	TOPOLOGIA DE RED -----	64
6.3.2	FORMATO DE TRAMA -----	65
6.3.3	ACCESO AL MEDIO -----	66
6.4	APLICACIONES -----	67

6.5	COMISIONAMIENTO	
6.5.1	INSTALACIÓN DE LA RED -----	68
6.5.2	ENFOQUE DE COMPONENTES PROFINET -----	68
6.5.3	TOPOLOGIA DE RED -----	69
6.5.4	CLASES DE MEDIO AMBIENTE -----	69
6.5.5	INSTALACIÓN PROFINET -----	70
6.5.6	OPTIMIZAR PROFINET -----	70
7.	DEVICENET	
7.1	INTRODUCCIÓN -----	71
7.2	CAPA FISICA	
7.2.1	CABLES -----	72
7.2.2	CONECTORES -----	73
7.2.3	TERMINACIONES DE RED -----	74
7.2.4	TAP DERIVATORS -----	75
7.3	CAPA DE ENLACE	
7.3.1	TOPOLOGIA DE RED -----	76
7.3.2	ACCESOS AL MEDIO -----	77
7.3.3	FORMATO DE TRAMA -----	78
7.4	APLICACIONES -----	78
7.5	COMISIONAMIENTO	
7.5.1	ENTENDER LOS MEDIOS FISICOS -----	79
7.5.2	EFFECTUAR TERMINACIONES DE RED -----	83
7.5.3	SUMINISTRO DE ALIMENTACIÓN -----	83
7.5.4	CONECTAR LA RED A TIERRA -----	85
7.5.5	USAR LA LISTA DE COMPROBACIÓN -----	86
8.	ETHERNET/IP	
8.1	INTODUCCIÓN -----	88
8.2	CAPA FISICA	
8.2.1	ELEMENTOS DE RED -----	89
8.2.2	CABLES -----	90

8.3	CAPA DE ENLACE	
8.3.1	TOPOLOGIA DE RED -----	92
8.3.2	ACCESO AL MEDIO -----	93
8.3.3	FORMATO DE TRAMA -----	93
8.4	APLICACIONES -----	95
8.5	COMISIONAMIENTO	
8.5.1	ENTENDER Y DEFINIR LA APLICACIÓN Y LAS NECESIDADES DE LOS USUARIOS -----	95
8.5.2	TIPOS DE SERVICIOS DE COMUNICACIÓN, TIPOS DE DISPOSITIVOS Y CONSIDERACIONES ADICIONALES---	96
8.5.3	SELECCIÓN DE UN METODO DE IMPLEMENTACIÓN- CONSTRUIR O COMPRAR HADWARE O SOFTWARE -----	98
8.5.4	DESARROLLAR LA APLICACIÓN DE ETHERNET/IP -- -----	98
8.5.5	PRUEBA DE IMPLEMENTACIÓN -----	99
9.	CONCLUSIONES -----	101
10.	ANEXOS-----	102
11.	BIBLIOGRAFIA -----	103

## INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones entre los instrumentos de procesos y el sistema de control se basan principalmente en señales analógicas. Pero ya existen instrumentos digitales capaces de manejar gran cantidad de datos y guardarlos históricamente; su precisión es diez veces mayor que la de la señal típica de 4-20 mA CC, en vez de transmitir cada variable por un par de hilos, transmiten secuencialmente las variables por medio de un cable de comunicaciones llamado bus.

La tecnología fieldbus (bus de campo) es un protocolo de comunicaciones digital de alta velocidad creada para reemplazar la clásica señal de 4-20 mA que aún se utiliza en muchos de los sistemas de Control Distribuido y Controladores Lógicos Programables. Además la tecnología de bus de campo permite la transmisión bidireccional de datos.

En un sistema de buses de campo el intercambio puede llevarse a cabo por medio de un mecanismo estándar, ofrece además flexibilidad de extensión, conexión de diferentes módulos en una misma línea, posibilidad de conexión de dispositivos de diferentes procedencias, distancias operativas superiores al cableado tradicional.

Los objetivos esenciales de la tecnología de bus de campo son la reducción de los costos de instalación, ahorrar tiempo y gastos debidos a la planificación, así como mejorar la fiabilidad de funcionamiento del sistema debido a las características de rendimiento adicional. Los sistemas de bus de campo suelen ser implementado en plantas nuevas o instalaciones existentes que deben ser extendidas.

El presente documento muestra las características más importantes de los siguientes buses de campo: Hart, ASi, Can, Profibus, Foundation Fieldbus, Profinet, DeviceNet, y Ethernet/IP.

# 1. HART

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El protocolo de comunicación HART (High Addressable Remote Transmitter, por sus siglas en inglés) fue introducido por primera vez por la compañía Rosemount Inc. en 1986 como un medio de transmisión digital para utilizarse sobre el cableado tradicional de 4-20 mA.

El Protocolo Hart permite la comunicación digital bidireccional con instrumentos inteligentes sin perturbar la señal analógica de 4-20mA. El éxito de este protocolo y la aceptación obtenida en el entorno industrial se debe a las ventajas que ofrece al usuario, y a su fácil implementación sobre los sistemas de control existentes.

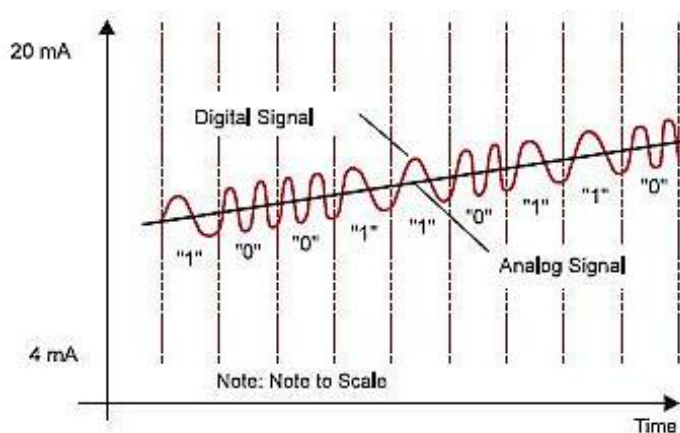
Debido a que Hart combina la señalización analógica y digital, el protocolo ofrece un control notablemente rápido de la variable primaria y permite la transmisión simultánea de información que no sea de control. En la actualidad, más de 60 fabricantes ofrecen productos con el protocolo Hart.

## 1.2 CAPA FISICA

El protocolo de comunicación Hart está basado en el estándar sistema de comunicación telefónica BELL 202 y utiliza señalización (FSK). La señal digital está construida de dos frecuencias principales, 1200 Hz y 2200 Hz, representando los Bits 1 y 0 (cero), respectivamente.

Las ondas seno de estas dos frecuencias están superpuestas en la señal análoga de corriente continua de 4-20 mA DC (Ver figura 1). Con esto, los cables de comunicación con señales análogas transportan a la vez comunicación análoga y digital.

**Figura 1: Señal HART sobrepuesta en la señal de 4-20 mA.**



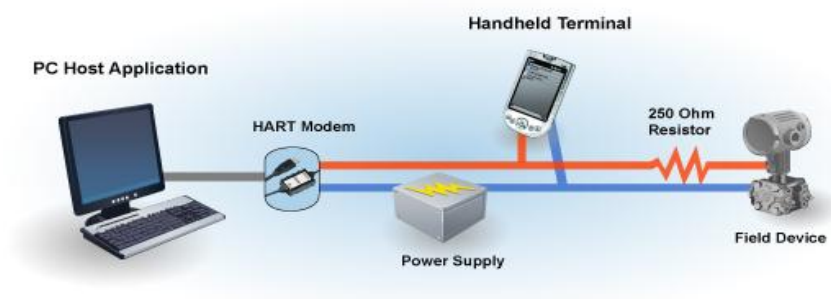
Fuente: <http://www.hartcomm.org/>

### 1.2.1 Cables

La instalación de cableado de dispositivos Hart es el mismo que el convencional de 4-20 mA. Las pautas para una instalación de cableado Hart (Ver figura 2) incluyen:

- El uso de cableado de par trenzado blindado con el tamaño del conductor adecuado.
- Puesta a tierra en un solo punto.
- El uso de una fuente de alimentación correctamente especificada.

**Figura 2: Conexión del transmisor HART**



Fuente: <http://www.hartcomm.org/>

El tamaño mínimo de los conductores es del diámetro de 0,51 mm (# 24 AWG) para distancias de cable de menos de 1.500 metros (5.000 pies) y el diámetro de 0.81mm (# 20 AWG) para distancias más largas. El bucle de la señal debe estar conectado a tierra en un solo punto. La mayoría de las instalaciones de cable HART están dentro del límite de 3.000 metros (10.000 pies). Sin embargo, las características eléctricas del cable (capacidad y número de dispositivos conectados) pueden afectar la longitud máxima permitida del cable. (Ver Tabla1)

**Tabla 1: Longitud máxima del cable en función de la capacitancia del cable.**

<b>Instrumentos/ Capacitancia</b>	<b>65nF/Km</b>	<b>95 nF/Km</b>	<b>160nF/Km</b>	<b>2225nF/ Km</b>
1	2800	2000	1300	1000
5	2500	1800	1100	900
10	2200	1600	1000	800
15	1800	1400	900	700

**Fuente: <http://www.hartcomm.org/>**

La distancia máxima de la señal Hart es cerca de 3000 m con un par trenzado blindado y 1500 m con múltiples blindado simple. (Ver tabla 2)

**Tabla 2: Cableado de la instrumentación HART**

<b>Distancia Máxima</b>	<b>Tipo de Cable</b>	<b>Mm<sup>2</sup> (AWG)</b>
1534m	cable de par trenzado con pantalla única	0.2 (24)
3048m	cable de par trenzado con blindaje	0.5 (20)

**Fuente: <http://www.hartcomm.org/>**



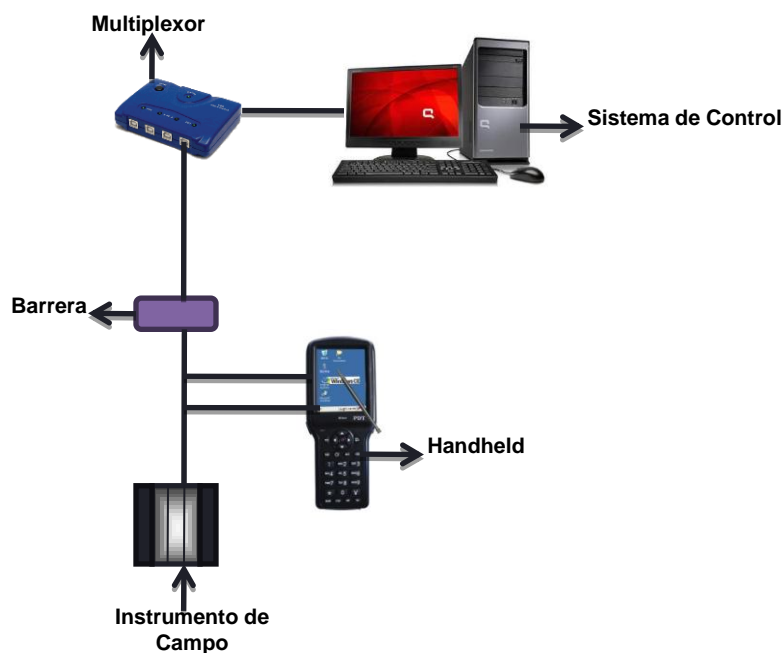
## 1.3 CAPA DE ENLACE

### 1.3.1 Topología de Red

La topología puede ser punto a punto o multidrop. El protocolo permite el uso máximo de dos dispositivos maestros. El maestro primario puede ser un computador o PLC y el maestro secundario por lo general es un terminal de programación.

- Comunicación punto a punto: La señal tradicional de 4-20 mA se usa para comunicar una variable de proceso mientras otras variables adicionales son transmitidas digitalmente usando el protocolo Hart. (Ver figura 3)

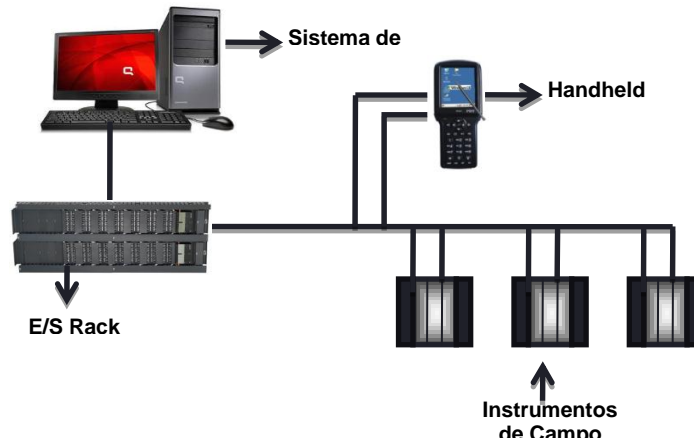
**Figura 3: Topología Tipo Punto a Punto**



**Fuente: <http://www.hartcomm.org/>**

- Comunicación multidrop: está limitada a la comunicación digital maestro/esclavo. En este caso la corriente queda limitada a 4 mA. (Ver figura 4)

**Figura 4: Topología Tipo Multipunto**



Fuente: <http://www.hartcomm.org/>

### 1.3.2 Acceso al medio

La capa de enlace de datos Hart define un protocolo maestro/esclavo, un dispositivo de campo sólo responde cuando se le habla, puede haber dos maestros. La capa de enlace de datos (DLL) gestiona el acceso al bus a través de un programador de bus centralizado y determinístico llamado Link Active Scheduler (LAS).

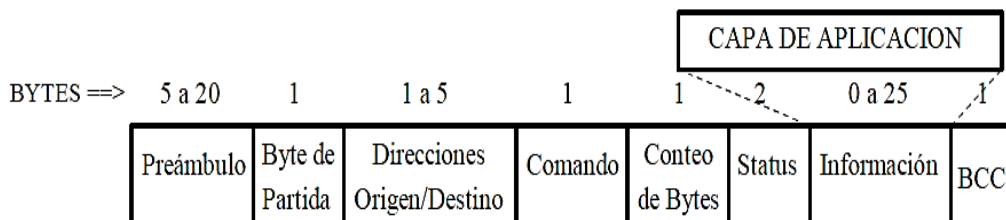
En los dispositivos de campo Hart, los esclavos, nunca envían sin haber sido requerido para esto y responden sólo cuando han recibido un mensaje de comando del maestro. Una vez que una transacción, es decir, un intercambio de datos entre la estación de control y el dispositivo de campo, se ha completado, el maestro hará una pausa de un determinado período de tiempo antes de enviar otro comando, permitiendo que el otro maestro pueda enviar datos. Los dos maestros tienen un plazo de tiempo fijo para tomar turnos y comunicarse con los dispositivos esclavos.

### 1.3.3 Formato de Trama

El formato de trama del protocolo Hart (Ver figura 5) está formado por los siguientes campos:

- Preámbulo: secuencia de puros unos (1); permite la sincronización de la trama
- Byte de partida: indica el tipo de mensaje; maestro/esclavo, esclavo/maestro.
- Direcciones: incluye la dirección del maestro (un uno (1) para el maestro primario y un cero (0) para el maestro secundario) y la dirección del esclavo.
- Comando: contiene la función específica del mensaje; comandos universales, comandos comunes y comandos específicos de dispositivo.
- Conteo: contiene el número de Bytes de los campos status e información.
- Status: contiene información acerca de errores de comunicación en el mensaje, el estado del comando recibido y el estado del dispositivo mismo.
- Información: puede estar o no presente, dependiendo del mensaje.
- BCC: contiene el resultado desde el Byte de Partida hasta Información.

**Figura 5: Formato de Trama HART**



**Fuente: <http://www.hartcomm.org/>**

## **1.4 APLICACIONES**

La tecnología Hart apoya la gama completa de aplicaciones de control y monitoreo de procesos, como son:

- Monitoreo de equipos y procesos.
- Monitoreo ambiental, gestión de energía, cumplimiento regulatorio.
- Gestión de activos, mantenimiento predictivo, diagnóstico avanzado.
- Control de circuito cerrado.

Las aplicaciones del protocolo Hart contribuyen directamente a reducir costos en:

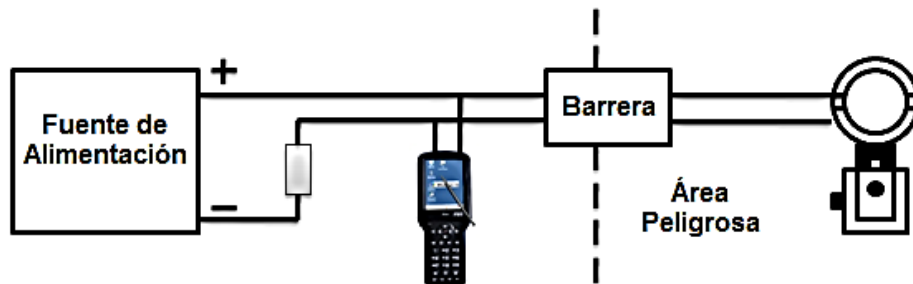
- Puesta en marcha e instalación.
- Operaciones de la planta.
- Mantenimiento.
- Monitoreo de Procesos.

## **1.5 COMISIONAMIENTO**

### **1.5.1 Seguridad Intrínseca**

La seguridad intrínseca es un método para prevenir la combustión causada por fallas eléctricas, esta permite que los dispositivos sean conectados y desconectados de la energía. El concepto base de la seguridad se aplica a todos los sistemas y también a las redes. Cuando se conecta un dispositivo Hart en zonas de seguridad intrínseca se deben colocar barreras de protección (Ver figura 6). La comunicación bidireccional permite a los dispositivos de campo, asegúrese de usar los dispositivos de aislamientos de barreras que son compatibles con Hart. Las interfaces Hart y los terminales de mano no son dispositivos pasivos, por eso cualquier dispositivo conectado en el lado de la zona peligrosa de la barrera de seguridad intrínseca deben ser aprobados.

**Figura 6: Conexión de Transmisor HART (Seguridad Intrínseca)**



Fuente: <http://www.hartcomm.org/>

### 1.5.2 Host y Terminal portátil

La mayoría de instalaciones de comunicación con los dispositivos Hart se logra conectado transitoriamente el terminal portátil de mano. Este se puede conectar en cualquier punto de acceso a lo largo de los cables. Para un sistema de control Hart habilitado, el Host está conectado de forma permanente a las redes, esto se hace directamente con una interfaz o a través de un subsistema E/S (multiplexor convencional) o módulos E/S.

- **Terminal de Mano:** es generalmente un maestro secundario que se conecta temporalmente a la red(Ver figura 7)

**Figura 7: Handheld**



Fuente: <http://www.hartcomm.org/>

- **Interfaz:** Generalmente, las interfaces de comunicación del computador se conectan en el puerto serial RS232. Esto hace que sea posible utilizar el PC portátil para trabajos de mantenimiento.(Ver figura 8)

**Figura 8: Interface de Puerto serial HART**



**Fuente:** <http://www.hartcomm.org/>

- **Multiplexor:** El multiplexor tiene varios puertos de comunicación Hart, cada uno conectado punto a punto o en algunos casos en multidrop. Normalmente, el multiplexor es el maestro primario que está permanentemente conectado a las redes, escanea continuamente las variables de proceso y al mismo tiempo recibe la información básica del estado del dispositivo.

### **1.5.3 Protección contra sobretensiones**

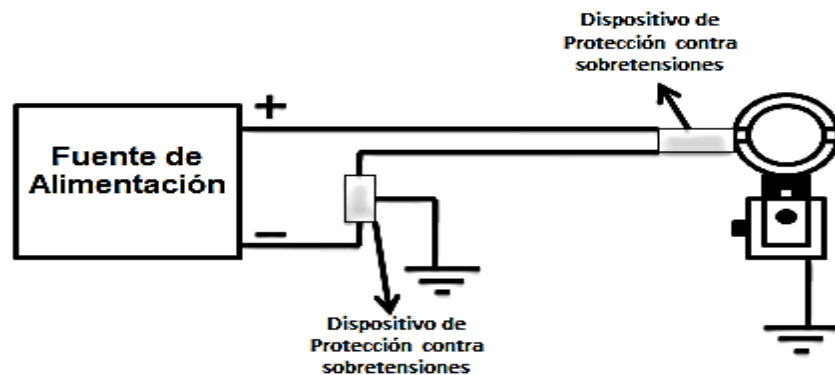
Los dispositivos HART generalmente están diseñados para funcionar con voltajes de hasta 45 VDC. Un aumento de tensión que es mucho mayor que el voltaje de funcionamiento normal, por lo general sólo está presente durante un corto tiempo, y podría dañar los equipos eléctricos sin protección. Una chispa en la tierra cercana, una chispa directa, o la conmutación de cargas inductivas puede causar el aumento de tensión. Los picos de tensión pueden exceder decenas de kilovoltios y duran sólo una fracción de segundo. El daño puede ser evitado con protección contra sobretensiones en algunas aéreas comunes.

Las protecciones contra sobretensiones no deben aplicarse solo a los dispositivos, sino también a la red eléctrica. Un dispositivo de protección contra sobretensiones tiene que ser instalado en todos los instrumentos de campo.

El dispositivo de protección contra sobretensiones está normalmente desactivado, pero cuando hay un aumento de tensión superior a la tensión de umbral, el dispositivo de protección entra en funcionamiento enviando las corrientes a tierra en lugar de enviarlas a los dispositivos, por esto una buena conexión a tierra es importante.

El dispositivo de protección contra sobretensiones para equipos de campo se monta directamente sobre la carcasa con una conexión de conductores eléctricos de repuesto, si esto no está disponible, se debe instalar en una caja de conexiones a no más de un metro de distancia. (Ver figura 9)

**Figura 9: protección contra sobretensiones tiene que ser instalado en ambos extremos de la red**



Fuente: <http://www.hartcomm.org/>

#### 1.5.4 Dispositivo de puesta en marcha

Los dispositivos Hart tienen dos direcciones, una dirección única de hardware y una dirección de sondeo. La dirección de hardware es exclusiva y consiste en un código del fabricante. Esto asegura que ningunas direcciones en el mundo

sean iguales, eliminando así la posibilidad de conflicto. La comunicación digital permite la puesta en marcha mucho más rápida de un dispositivo de campo.

Los instrumentos Hart tienen varias características que reducen significativamente el tiempo necesario para la puesta en marcha de una red Hart. Menos tiempo en la puesta en marcha del dispositivo puede dar lugar a ahorros sustanciales. Después de la puesta en marcha, los dispositivos deben ser objeto de configuración y calibración antes de su uso.

### **1.5.5 Dispositivo de verificación**

Antes de la instalación, se suele observar las etiquetas, datos identificativos y la configuración de cada instrumento de campo. Después de la instalación se verifica la identificación del instrumento, la etiqueta y el descriptor, ya sea en el banco de trabajo o en la sala de control usando un dispositivo configurador, el cual puede ser un comunicador portátil o PC. Algunos dispositivos de campo proporcionan información sobre su configuración física, los datos de configuración física se pueden comprobar en la sala de control.

El proceso de verificación es importante para la seguridad. El proceso de puesta en marcha se puede sistematizar aún más mediante la conexión de una aplicación de configuración basada en PC para cada lazo Hart. Esto se puede hacer mediante la integración con el sistema de control o mediante el uso de multiplexación Hart. Con este enfoque centralizado, no hay necesidad de mover el dispositivo de configuración del punto de terminación a otro lugar, mientras que se da la puesta en marcha todos los dispositivos en la red.

### **1.5.6 Bucle de control de integridad**

Una vez que un instrumento de campo se ha identificado y confirmado sus datos de configuración, la integridad del lazo analógico se puede comprobar con la función de prueba de lazo, que es apoyado por muchos dispositivos compatibles



con Hart. La prueba de bucle permite que la señal analógica de un transmisor Hart se fije en un valor específico.

Este valor fijo verifica la integridad del bucle y se asegura una buena conexión con dispositivos de apoyo tales como indicadores, registradores, DCS. Este enfoque asegura una buena conexión física entre todos los dispositivos de red.

## 2. AS-i

### 2.1 INTRODUCCIÓN

El bus de campo AS-i es un sistema de transmisión de datos y órdenes estándares para sensores y accionamientos. El concepto AS-i surgió y fue diseñado en 1990 como una alternativa económica al cableado tradicional.

La idea original fue crear una red simple para sensores y actuadores binarios, capaz de transmitir datos y alimentación a través del mismo bus, manteniendo una gran variedad de topologías que faciliten la instalación de los sensores y actuadores en cualquier punto del proceso con el menor esfuerzo posible, lo que estipulo la denominación AS-i (Actuator Sensor Interface).

AS-i es un bus de campo desarrollado inicialmente por Siemens, actualmente está recogido por el estándar IECTG17B. Dicho estándar permite una descentralización de las funciones de los sensores y actuadores, permitiendo un sencillo cableado con la unidad de Control.

### 2.2 CAPA FISICA

Los componentes básicos de la red AS-i son:

- **MaestroAS-i:** El maestro de AS-Interface (Ver figura 10) es el que se encarga de recoger los datos de la red y enviárselos al PLC correspondiente, y viceversa. El maestro ejecuta todas las funciones de manera automática, también realiza el diagnóstico del sistema, reconoce las fallas en cualquier punto de la red y determina qué esclavo lo originó.

**Figura 10: Maestro AS-i**



**Fuente:** <http://www.automation.siemens.com>

- **Esclavo:** El esclavo de AS-Interface (Ver figura 11) reconoce los bits de datos enviados por el maestro y le devuelve sus propios datos.

**Figura 11: Maestro AS-i**



**Fuente:** <http://www.automation.siemens.com>

- **Cable AS-i:** Transmite la información y la alimentación de 24 VDC para los sensores. Consta de dos hilos sin trenzar y sin apantallar, de sección de 1,5 mm<sup>2</sup> a 2,5 mm<sup>2</sup>. Pueden ser cables redondos o cables específicos AS-i, estos últimos permiten realizar un cableado más rápido y fiable de todos los componentes del bus. Existen tres tipos de cables disponibles: Cable AS-i, Cable redondo estándar, Cable de alimentación auxiliar negro AS-i.

- **Fuente de alimentación:** La fuente de alimentación (Ver figura 12) para la red AS-Interface suministra una tensión entre 29,5 VDC y 31,6 VDC. Utiliza el acoplamiento integrado de datos y alimentación, es decir, permite transmitir datos y suministra energía a los sensores conectados en la red.

**Figura 12: Fuente de alimentación para AS-Interface**



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

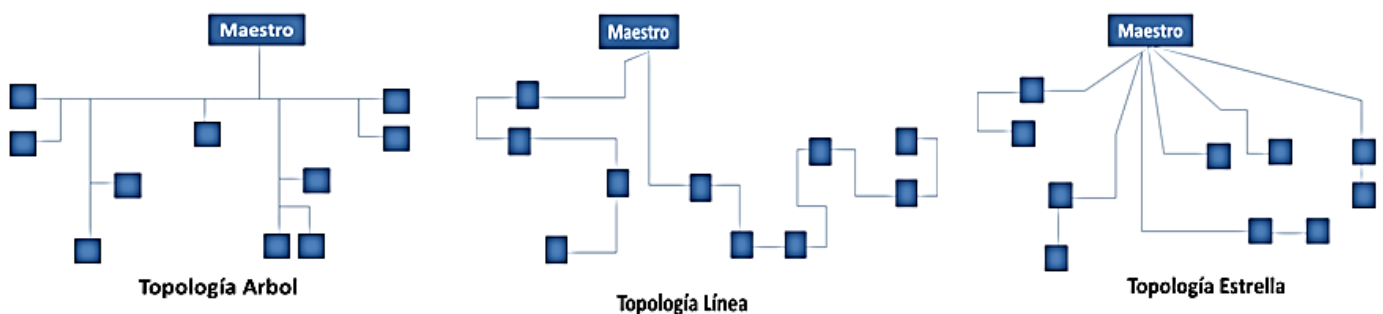
## 2.3 CAPA DE ENLACE

### 2.3.1 Topología de Red

La red puede adoptar cualquier tipo de topología: en árbol, en estrella o Línea (Ver figura 13), permite la interconexión de un máximo de 32 esclavos. La topología del bus AS-i es libre.

La falta de restricciones permite conexiones más directas entre el bus y los diferentes sensores y actuadores en una instalación. La longitud máxima del bus AS-i es de 328 pies (100 m) (incluyendo la derivación). Permite expandidos de cable de hasta 984 pies (300 m).

**Figura 13: Topología en línea, estrella o árbol.**



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

### 2.3.2 Acceso al medio

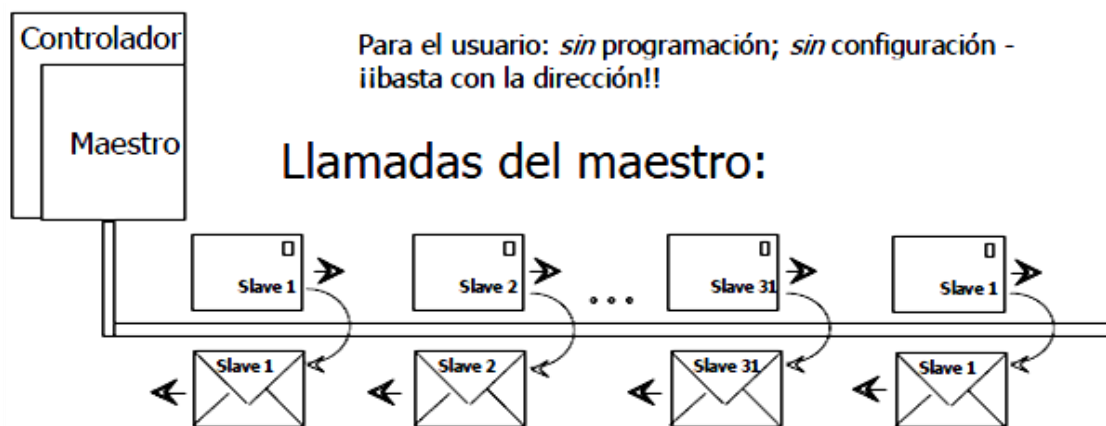
El método de acceso es maestro/esclavo: El maestro explora cíclicamente a todos los esclavos, a esta comunicación se le llama transacción, la duración del ciclo es de 5 ms para 31 esclavos.

#### Comunicación maestro/esclavo

Durante la comunicación maestro/esclavo:

- Los esclavos son direccionados por orden ascendente.
- Las direcciones inexistentes se saltan.
- Después de la dirección máxima existente se llama a la supervisión de la red o la transferencia de un valor de parámetro.
- Luego comienza un nuevo ciclo.
- Los telegramas incorrectos se detectan de manera segura y se repiten automáticamente.

Figura 14: Comunicación maestro/esclavo AS-i



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

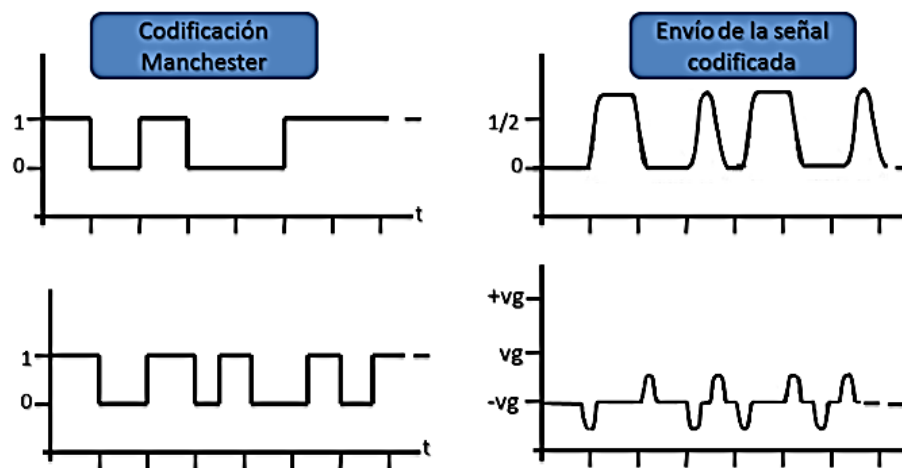
### 2.3.3 Formato de Trama

Como medio físico de transmisión, emplea un único cable que permite tanto la transmisión de datos como la alimentación de los dispositivos conectados a la red. Su diseño evita errores de polaridad al conectar nuevos dispositivos a la red.

Para lograr inmunidad al ruido, la transmisión se hace basándose en una codificación Manchester (Ver figura 15), en la cual la señal se traduce en pulsos de corriente, que producen pulsos positivos y negativos en la tensión de alimentación e indican las transiciones en la señal.

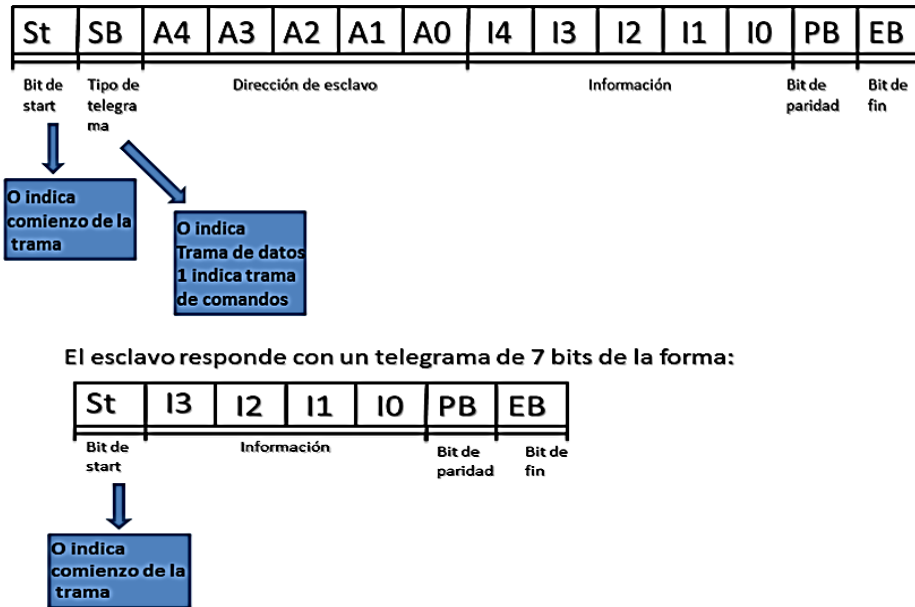
A partir de la detección de dichas transiciones se reconstruye la secuencia de bits transmitida. Cada esclavo dispone de hasta 4 entradas/salidas (E/S), lo que hace que la red pueda controlar hasta 124 E/S digitales. La comunicación sigue un esquema maestro/esclavo, en la cual el maestro examina las estaciones enviándoles mensajes (llamados telegramas) de 14 bits y el esclavo responde con un mensaje de 7 bits. (Ver figura 16).

**Figura 15: Codificación Manchester**



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

Figura 16: Formato de Trama AS-i



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

## 2.4 APLICACIONES

Una aplicación de AS-i es permitir una óptima transmisión de señales entre el cuarto de control y la maquinaria, sobre todo cuando se trata de máquinas de alta capacidad equipadas con aparatos de cortes extremadamente afilados y potentes para cortar productos frescos y congelados. En estos casos el riesgo de lesiones es muy alto. Además, en la industria alimentaria hay que cumplir normas de higiene muy exigentes y la maquinaria debe ser fácil de limpiar. Por tanto, los diferentes compartimentos de las máquinas deben poder ser controlados mediante sensores de seguridad ocultos.

## 2.5 COMISIONAMIENTO

El comisionamiento de AS-i se lleva a cabo mediante un Modulo de Protección formado por:

### **2.5.1 Detención del defecto a tierra**

Este módulo detecta las descendencias a tierra que pueden ocurrir en el bus AS-i. Es suficiente con disponer de un módulo por cada bus AS-i. El módulo detecta los siguientes tipos de defectos a tierra.

- Defecto a tierra en cable AS-i.
- Defectos a tierra en captadores alimentados por el cable AS-i.
- Defectos a tierra en accionadores alimentados por el cable AS-i.

Cuando se detecta el defecto a tierra un relé interno del módulo conmuta, esta salida puede servir para dejar sin alimentación todo el bus AS-i. El defecto a tierra es memorizado por el módulo, el cual puede ser reiniciado por dos métodos.

- Presionando el botón de reset durante dos segundos.
- Aplicando 24 voltios a la entrada de reset del módulo.

Nota: El reset solo se puede utilizar cuando el defecto a tierra ha desaparecido.

### **2.5.2 Protección contra sobretensiones**

Las sobretensiones eléctricas son unas de las causas por las que se dañan los sistemas eléctricos y electrónicos. Pueden provenir de descargas atmosféricas, de contactos con cable de potencia de los accionadores, o de sobretensiones producidas en las redes de transporte de energía eléctrica, por esto es necesario que el bus AS-i sea protegido contra sobretensiones.

Las sobretensiones son descendidas a tierra mediante un cable que está permanentemente fijado en el módulo y cuyo extremo se debe fijar a la tierra de la instalación eléctrica.



## **3. CAN**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

CAN (Controller Area Network o Red de Área de Controladores), fue establecido por Bosch en los años ochenta. Es el protocolo de comunicación serial entre controladores en la industria automotriz; se ha estado usando en vehículos desde 1992. La computarización en los vehículos se ha modificado cambiando de un solo computador que controlaba todo a un sistema de muchos computadores distribuidos, cada uno con su propia área de responsabilidad.

Can es un enlace de comunicación de datos de alta velocidad, es 50-100 (500Kbps a 1 Mbps) veces más rápido. Esta alta velocidad combinada con los nuevos parámetros definidos por Can tiene capacidades excelentes en la detección de fallas. El protocolo Can está especificado dentro de ISO11898 (Read vehicle – Controller Area Network) y definido dentro de los documentos ISO15765 (Vehicle Diagnostic System) SAE J2284-3.

### **3.2 CAPA FÍSICA**

En la especificación original de Can, la capa física no fue definida, permitiendo diferentes opciones para la elección del medio y niveles eléctricos de transmisión. Las características de las señales eléctricas en el bus fueron establecidas más tarde por el estándar ISO 11898.

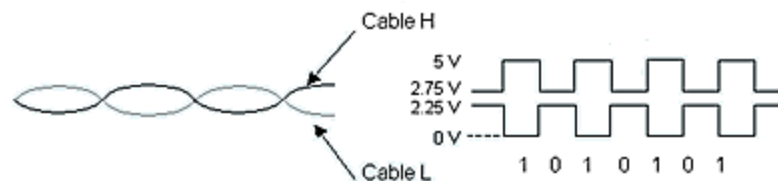
#### **3.2.1 Cables**

La información circula por dos cables trenzados (el trenzado entre ambas líneas sirve para anular los campos magnéticos) (Ver figura 17), que unen todas las unidades de control que forman el sistema. Esta información se trasmite por diferencia de tensión entre los dos cables, de forma que un valor alto de tensión

representa un 1 y un valor bajo de tensión representa un 0. La combinación adecuada de unos y ceros conforman el mensaje a transmitir.

En caso de que se interrumpa una de las líneas, el sistema trabajará con la otra señal, esta situación permite que el sistema siga trabajando con uno de los cables cortados o comunicados a masa, incluso con ambos comunicados también sería posible el funcionamiento, quedando fuera de servicio solamente cuando ambos cables se cortan.

**Figura 17: Cables para el bus CAN**



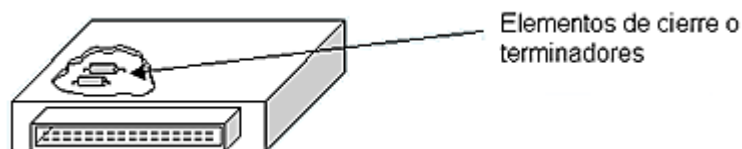
**Fuente:** <http://canbus.galeon.com>

### 3.2.2 Elemento de Cierre o Terminador

Son resistencias conectadas a los extremos de los cables, sus valores se obtienen de forma empírica y permiten adecuar el funcionamiento del sistema a diferentes longitudes de cables y número de unidades de control, ya que impiden fenómenos de reflexión que pueden perturbar el mensaje.

Estas resistencias están alojadas en el interior de algunas de las unidades de control del sistema por cuestiones de economía y seguridad de funcionamiento (Ver figura 18). El medio físico es una línea de bus de dos hilos con un retorno común que es terminada en ambos extremos por resistores que representan la impedancia característica de la línea.

**Figura 18: Elementos de cierre o terminador para el bus CAN**

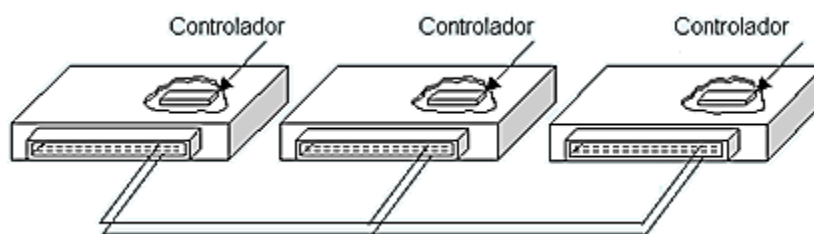


Fuente: <http://canbus.galeon.com>

### 3.2.3 Controlador

Es el elemento encargado de la comunicación entre el microprocesador de la unidad de control y el transmisor-receptor. Trabaja acondicionando la información que entra y sale entre ambos componentes. El controlador está situado en la unidad de control (Ver figura 19), este elemento trabaja con niveles de tensión muy bajos y es el que determina la velocidad de transmisión de los mensajes, que será más o menos elevada según el compromiso del sistema.

**Figura 19: Controlador para el bus CAN**



Fuente: <http://canbus.galeon.com>

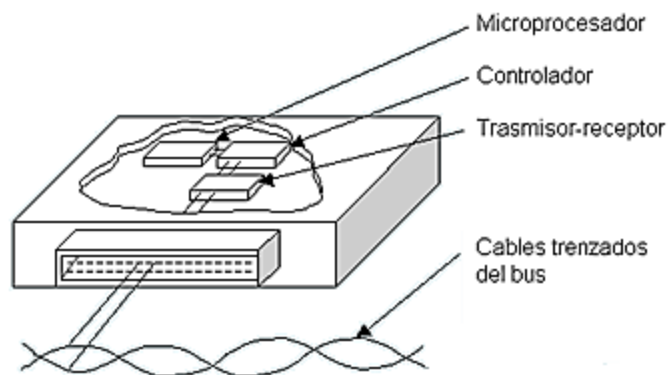
### 3.2.4 Transmisor/Receptor

El transmisor/receptor es el elemento que tiene la misión de recibir y de transmitir los datos, además de acondicionar y preparar la información para que pueda ser utilizada por los controladores.

Esta preparación consiste en situar los niveles de tensión de forma adecuada, amplificando la señal cuando la información se invierte en la línea y reduciéndola cuando es recogida de la misma y suministrada al controlador.

El transmisor-receptor es básicamente un circuito integrado que está situado en cada una de las unidades de control abonadas al sistema (Ver figura 20), trabaja con intensidades próximas a 0.5 A y en ningún caso interviene modificando el contenido del mensaje.

**Figura 20: Transmisor/ Receptor para el bus CAN**



Fuente: <http://canbus.galeon.com>

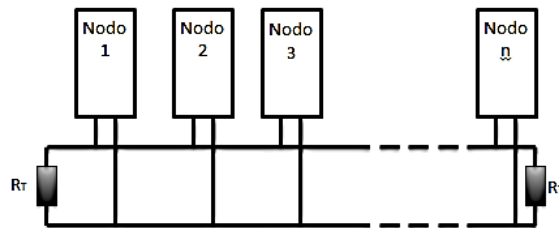
## 3.3 CAPA DE ENLACE

### 3.3.1 Topología de Red

La topología del cableado debe estar tan cerca como sea posible a una sola estructura de línea, para reducir al mínimo las reflexiones (Ver figura 21). Los

segmentos del cable para la conexión de los nodos del bus deben ser tan cortos como sea posible, los cables del bus pueden ser paralelos, trenzados y/o blindados, dependiendo de requerimientos de la capacidad electromagnética.

**Figura 21: Topología del bus CAN**



Fuente: <http://canbus.galeon.com/electronica/canbus.htm>

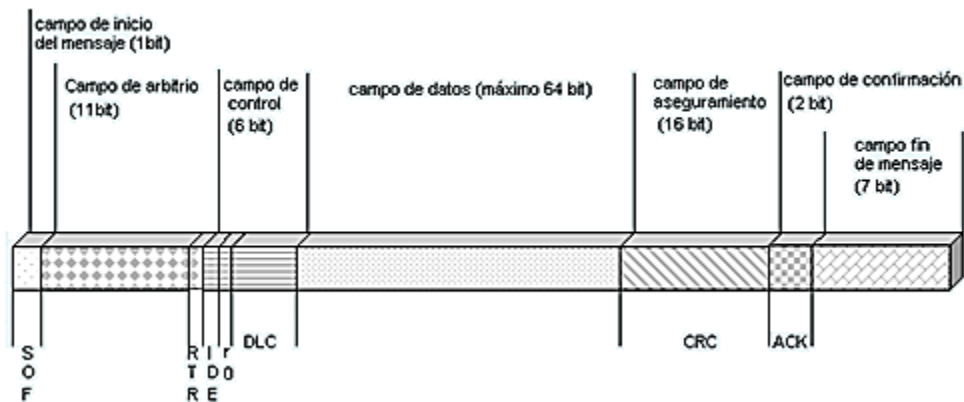
### 3.3.2 Formato de Trama

El formato de trama de CAN está formado por los siguientes campos (Ver figura 22):

- Campo de inicio del mensaje: El mensaje se inicia con un bit dominante, cuyo flanco descendente es utilizado por las unidades de mando para sincronizarse entre sí.
- Campo de arbitrio: Los 11 bit de este campo se emplean como identificador que permite reconocer a las unidades de mando la prioridad del mensaje.
- Campo de control: Este campo informa sobre las características del campo de datos.
- Campo de datos: En este campo aparece la información del mensaje con los datos que la unidad de mando correspondiente introduce en la línea Can-Bus. Puede contener entre 0 y 8 bytes (de 0 a 64 bit).
- Campo de aseguramiento (CRC): Este campo tiene una longitud de 16 bit y es utilizado para la detección de errores por los 15 primeros, mientras el último siempre es un bit recesivo (1) que delimita el campo CRC.

- Campo de confirmación (ACK): El campo ACK está compuesto por dos bits que son siempre transmitidos como recessivos
- Campo de final de mensaje (EOF): Este campo indica el final del mensaje con una cadena de 7 bits recessivos.

**Figura 22: Formato de Trama del bus CAN**



Fuente: <http://canbus.galeon.com/electronica/canbus.htm>

### 3.3.3 Acceso al medio

En una red Can, cualquier elemento de la red puede intentar transmitir un frame para la red en un determinado instante, en el caso que dos elementos intenten acceder a la red al mismo tiempo, conseguirá transmitir aquel que envíe el mensaje más prioritario. La prioridad de mensaje es definida por el identificador del frame Can, cuanto menor el valor de este identificador, mayor la prioridad del mensaje.

El método de acceso al medio utilizado es el de Acceso Múltiple por Detección de Portadora, con Detección de Colisiones y Arbitraje por Prioridad de Mensaje (CSMA/CD+AMP, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration Message Priority).

**Arbitraje Del Bus:** Cada vez que el bus está libre, cualquier unidad (nodo) puede comenzar a transmitir un mensaje. Si 2 o más unidades comienzan a transmitir un

mensaje en el mismo momento, el conflicto por el acceso al bus es resuelto por el mecanismo de bit-wise arbitration (o arbitraje de bit inteligente) usando el identificador, contenido en la trama. El mecanismo de arbitraje garantiza que ninguna información ni tiempo es perdido. El protocolo define dos estados para el bus: “recesivo” (1 lógico) y “dominante” (0 lógico), los nombres de los estados lógicos tienen que ver con el proceso de arbitraje. Durante el arbitraje todo transmisor compara el nivel del bit transmitido con el nivel de bit que es detectado en el bus. Si estos niveles son iguales la unidad puede continuar enviando. Cuando un nivel “recesivo” es transmitido y un nivel “dominante” es detectado, la unidad ha perdido el arbitraje y debe retirarse sin enviar ningún bit más.

### **3.4 APLICACIONES**

CAN (Controller Area Network) es un bus de comunicaciones serial para aplicaciones de control en tiempo real, con una velocidad de comunicación de hasta 1 Mbit por segundo, y tiene excelente capacidad de detección y aislamiento de errores. Es la mejor y más nueva tecnología actual en los vehículos, varios fabricantes de vehículos desde el 2003, incluidos Toyota, Ford, Mazda, Mercedes Benz , BMW y otros ya tienen instalado este sistema.

### **3.5 COMISIONAMIENTO**

#### **3.5.1 Control de la continuidad**

Para el comisionamiento de CAN se debe revisar el cableado, midiendo la impedancia en las líneas de datos, teniendo en cuenta lo siguiente:

- 60 ohm —————> Valor aceptado.
- 120 ohmios —————> Cable roto en un solo lugar.
- Alta impedancia —————> Cable roto al menos en dos lugares.

En las líneas de alta tensión y el escudo:

- Líneas cortas: comprobar la continuidad con un multímetro digital.
- Líneas largas: poner tensión conocida en un lado del cable y medir la tensión en el otro lado.
- Compruebe que la red se conecta a tierra en ambos lados del cable.

### **3.5.2 Herramientas para la puesta en marcha**

- Fuente de alimentación: ajustable de 15 V a 20 V, salida alrededor de 2A.
- Multímetro digital y Amperímetro.
- Una bornera que permite conectar la fuente de alimentación a las líneas de alimentación CanBus.
- Una bornera para tener acceso a todas las líneas del cable de bus CAN, utilizando un osciloscopio y un multímetro digital.

Una vez se ha comprobado el cableado y se tienen todas las herramientas necesaria se debe:

- Verificar los voltajes de entrada, y comprobar que alimenta correctamente el resto del sistema.
- Observar el tráfico de la línea de datos CanBus con el osciloscopio.
- Ejecutar el programa de control, utilizando un computador portátil.



## **4. PROFIBUS**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

Profibus es un estándar de comunicaciones para bus de campo, deriva de las palabras PROcessFieId BUS, fue desarrollado entre los años 1987-1990 por BMBF (Departamento Alemán de educación e investigación) y está basado en la norma DIN 19245. Profibus es el líder mundial en redes multifuncionales, es una red abierta y estándar, con una amplia gama de componentes y sistemas en el mercado red. Profibus ofrece una gran variedad de ventajas como lo son, alto nivel de seguridad de datos, flexibilidad y seguridad de inversión, reducción de costos de conexión y cableado, protección de personas y máquinas, transmite pequeñas cantidades de datos, cubre necesidades de tiempo real, tiene gran compatibilidad electromagnética y fácil configuración

### **4.2 CAPA FÍSICA**

#### **4.2.1 Conexiones Físicas**

Profibus tiene, conforme al estándar de las diferentes tecnologías de transmisión, que son identificadas como (Ver tabla 3):

- RS-485: Utiliza un par de cobre trenzado apantallado, y permite velocidades entre 9.6 kbps y 12 Mbps. Hasta 32 estaciones, o más si se utilizan repetidores.
- RS-485 IS: las versiones IS son intrínsecamente seguras, utilizadas en zonas peligrosas (explosivas).
- Fibra óptica. Incluye versiones de fibra de vidrio multimodo y monomodo, fibra plástica y fibra HCS.

**Tabla 3: Distancias máximas sin repetidor, según medio físico**

MEDIO FISICO	VELOCIDAD (Kbits/s)				
	9.6-93.75	167.5	500	1500	2000
RS 485 0.2 <sup>2</sup> (24 AWG)	1200m	600m	200m	100m	50m
RS 485 0.5 <sup>2</sup> (20 AWG)	2400m	1200m	400m	200m	100m
F.Opt. Cuarzo 62.5-125µm	1400m	1400m	1400m	1400m	1400m
F.Opt. Plástico 0-40°C	5-25m	5-25m	5-25m	5-25m	5-25m
F.Opt. Plástico 0-50°C	10-20m	10-20m	10-20m	10-20m	10-20m

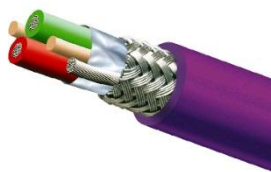
Fuente: <http://www.profibus.com/>

#### 4.2.2 Cables

Las ventajas que ofrece el cableado Profibus(Ver figura 23) son:

- Ahorro de tiempo mediante un rápido y fácil montaje.
- Diferentes aplicaciones.
- Alta seguridad ante interferencias mediante un buen apantallamiento.
- Fácil estimación de longitud.

**Figura 23: Cables para Profibus**



Fuente: <http://news.thomasnet.com>

## Cables para conexión

Las ventajas del cable para conexión (Ver figura 24) son:

- Cable preconfeccionado para una rápida y barata conexión de participantes de PROFIBUS.
- Cable preconfeccionado para la conexión de participantes PROFIBUS a los equipos de automatización.
- Posibilidad de conexión a PC.

**Figura 24: Cables de conexión para Profibus**



Fuente: <http://www.profibus.com/>

## SplitConnect

El SplitConnect (Ver figura 25) permite la conexión de segmentos de bus y la conexión de equipos.

**Figura 25: Split Connect para Profibus**



Fuente: <http://www.profibus.com/>

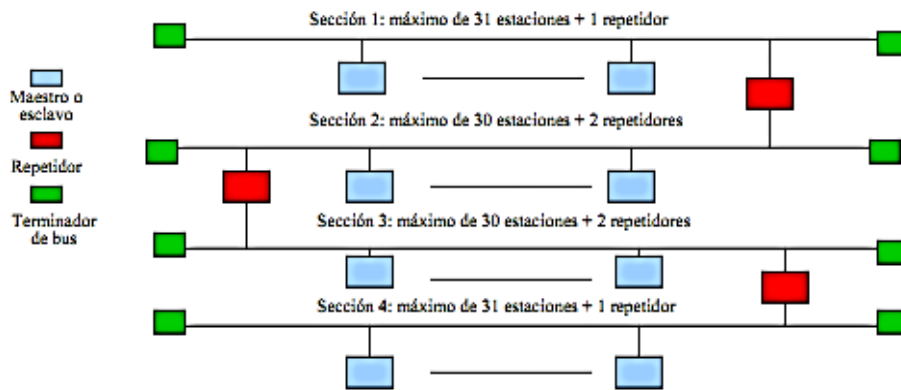
## 4.3 CAPA DE ENLACE

### 4.3.1 Topología de Red

La longitud del bus y el número de estaciones puede ser incrementado mediante el uso de repetidores, con un máximo de 32 estaciones (maestros, esclavos o repetidores) por segmento de bus. Admite dos tipos de topologías: Lineal y Árbol.

**Topología Lineal:** 3 repetidores y 122 estaciones (Ver figura 26)

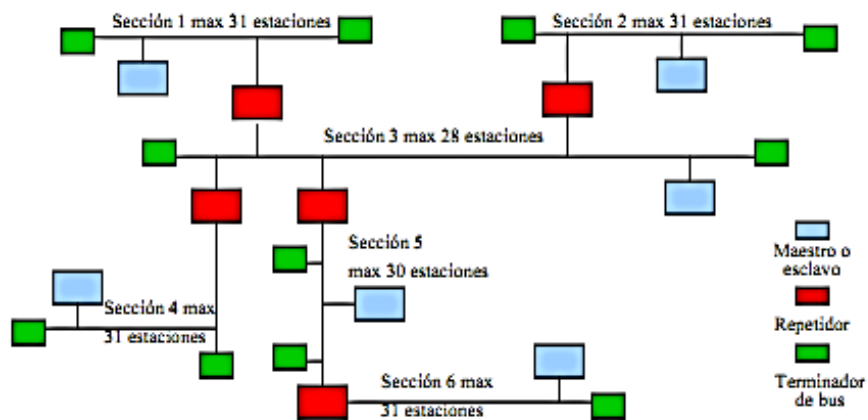
**Figura 26: Topología Lineal para bus de campo Profibus**



Fuente: <http://www.profibus.com/>

**Topología Árbol:** 127 estaciones y mínimo 3 repetidores (Ver figura 27)

**Figura 27: Topología Lineal para bus de campo Profibus**



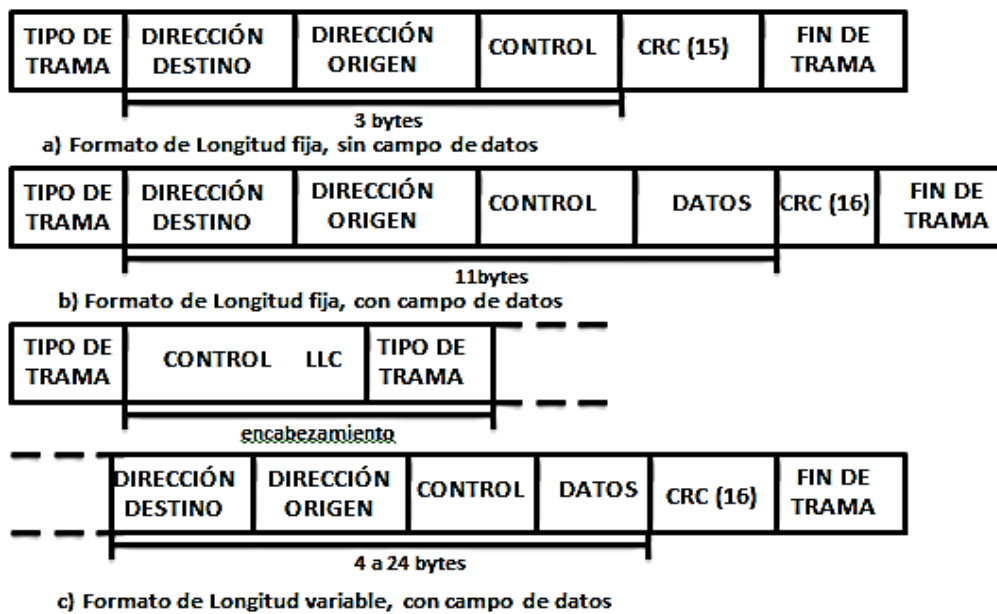
Fuente: <http://www.profibus.com/>

### 4.3.2 Formato de Trama

El formato de trama de Profibus admite 3 tipos (Ver figura 28):

- Tramas de longitud fija sin datos.
- Tramas de longitud fija con datos.
- Tramas de longitud variable.

**Figura 28: Topología Lineal para bus de campo Profibus**



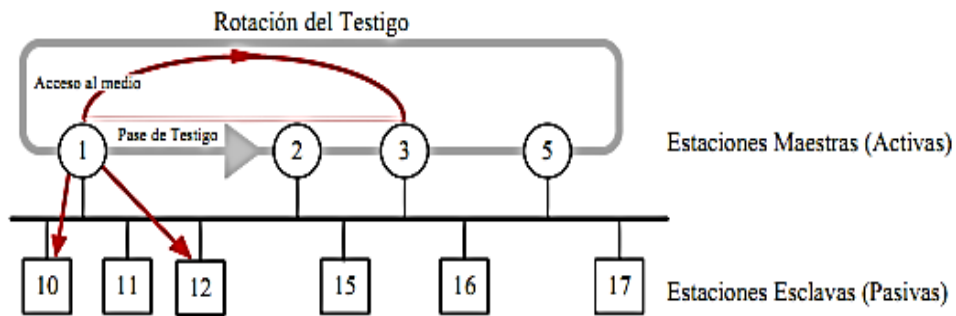
Fuente: <http://www.profibus.com/>

### 4.3.3 Acceso al medio

Método de Acceso al medio: híbrido

- Maestro/Esclavo por sondeo "Polling" (Operación de consulta constante).
- Pase de testigo entre las estaciones Maestras.(Ver figura 29).

**Figura 29: Método de acceso al medio para Profibus**



Fuente: <http://www.profibus.com/>

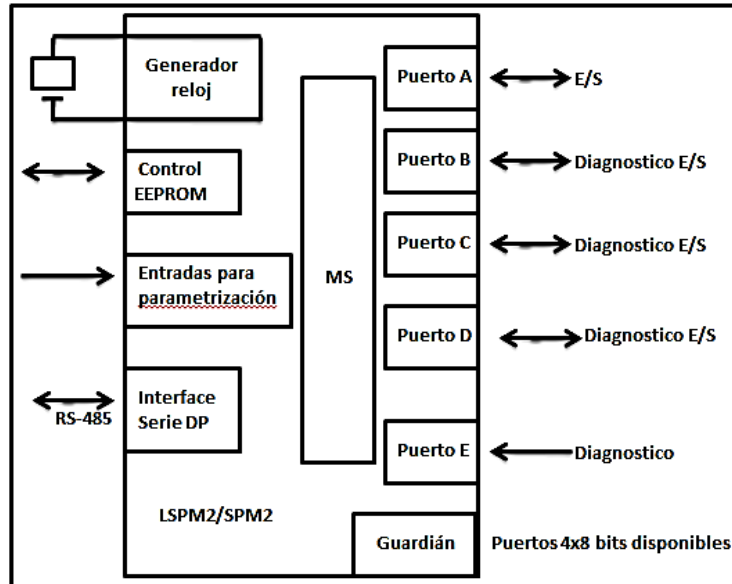
#### 4.4 APLICACIONES

La implementación del protocolo Profibus es sencilla y barata debido a la amplia gama de chips disponibles en la actualidad. Esto ahorra el tiempo de consumo, consiguiendo así una disponibilidad rápida de los productos.

En principio, el protocolo Profibus puede ser implementado en cualquier microprocesador equipado interna o externamente con una interface serie asíncrona (UART). A continuación algunos ejemplos de implementación:

- Implementación por Chip sencillo para esclavos: Es la forma más simple. Todas las funciones del protocolo están integradas en un único chip, sin necesidad de un microprocesador o software adicional. Sólo se necesita un director de interface y un reloj como componentes externos. (Ver figura 30)

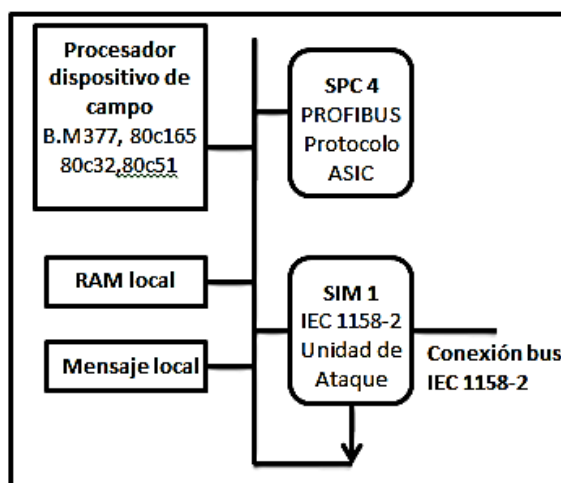
**Figura 30: Ejemplo de dispositivos creado por Siemens**



Fuente: <http://www.profibus.com/>

- Implementación de esclavos inteligentes: Las partes críticas en el tiempo del protocolo Profibus son implementadas en un chip protocolar y las partes restantes son implementadas bajo software en un microcontrolador.
- Implementación de maestros complejos: Se implementan de la misma forma que los explicados en el apartado anterior y presentan también una amplia oferta de dispositivos.
- Implementación de dispositivos de campo: Cuando se implementa un dispositivo de campo Profibus, es importante un bajo consumo de energía ya que generalmente sólo está permitido una circulación de corriente de 10mA. Los Chips especiales están diseñados para cumplir tales requisitos. En la **figura 31** se muestra la implementación de un dispositivo de campo Profibus mediante la utilización del chip SIM 1 de Siemens.

**Figura 31: Implementación de un dispositivo de campo PA mediante SIM1 y SPC4**



Fuente: <http://www.profibus.com/>

La aplicación de Profibus está orientada a una serie de servicios alineados a la conexión de dispositivos de distinta índole. Se pretende garantizar así la fácil integración del bus en la estructura de automatización jerárquica, manejando a nivel inferior el control del flujo de información y el estado de las conexiones.

## 4.5 COMISIONAMIENTO

**Bus De Prueba:** Después de la instalación de la red Profibus, esta se debe poner en marcha (comisionamiento), para ello se debe enviar la documentación de aceptación de instalación. El proceso de comisionamiento se divide en ocho pasos:

Paso 1: Inspección visual

Paso 2: Las mediciones de aceptación

Paso 3: Configuración del sistema

Paso 4: Verificar la configuración de la dirección de las estaciones Profibus.

Paso 5: La puesta en marcha de las estaciones Profibus



Paso 6: Prueba de las señales de entradas

Paso 7: Prueba de las señales de salidas

Paso 8: Crear lista de aceptación

Los pasos 1 y 2 forman parte de la aceptación del grupo encargado del comisionamiento.

#### 4.5.1 Configuración del Sistema

La configuración de los dispositivos Profibus generalmente implican el uso de una herramienta de configuración de software. Debido a que el equipo de programación y software varía de un fabricante a otro.

Antes de comenzar con la configuración del sistema debe estar familiarizado con el funcionamiento de la unidad de programación y el software asociado. Aquí se enumeran algunos puntos que debe tener en cuenta.

- **Tasa de datos:** La velocidad de datos Profibus es una consideración importante. Las tasas de bits requieren un estricto cumplimiento a las directrices de cableado. En la práctica, se recomienda que utilice la menor tasa de bits con la que puede alcanzar el tiempo de ciclo requerido. La tasa de bits se encuentra en los dispositivos maestros de Profibus; y los esclavos de Profibus se adaptan automáticamente a la tasa de bit del maestro.
- **Archivos de descripción de dispositivos:** Las estaciones Profibus están integradas en un proyecto a través de archivos de descripción de dispositivo. Esto implica un tipo de archivo normalizado en el que se describen las características de la estación Profibus. El archivo de descripción del dispositivo es generalmente abreviado como "archivo GSD", GSD es sinónimo de "Descripción de la Estación General". El archivo GSD de un dispositivo contiene información estandarizada sobre las características y las opciones disponibles para ese dispositivo, se compone

de un máximo de 8 caracteres. Muchos de los archivos pueden ser descargados desde el sitio web del usuario Profibus Organización en [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

**Nota:** Cuando se utiliza el archivo GSD, asegúrese de que la versión del archivo GSD coincide con la versión de la estación Profibus. De lo contrario, es posible que algunas funciones no estén disponibles.

- **Direccionamiento:** Es esencial que la dirección de la estación Profibus este correctamente configurada en la herramienta de configuración. Si se establece una dirección incorrecta, entonces el maestro no será capaz de comunicarse con la estación.
- **Parámetros del Bus:** Se utiliza para establecer los detalles dentro de un ciclo Profibus. Hay muchos parámetros involucrados, sin embargo, normalmente se puede utilizar el sistema estándar de configuración.
- **Guardar el proyecto:** Una vez terminada la configuración del sistema se deben guardar en los medios de comunicación de datos adecuados y enviarlo al cliente como parte del proceso de aceptación, además de una copia de seguridad.

#### 4.5.2 Verificación de direcciones de la estación Profibus

La dirección de una estación Profibus se puede establecer de tres maneras:

- Un conmutador local en el dispositivo (interruptor binario).
- Software de configuración de la dirección del dispositivo en la red Profibus con una herramienta de configuración.
- Algunos dispositivos pueden utilizar un software especial y una conexión serie o una herramienta de mano para establecer la dirección del dispositivo (por ejemplo, algunos maestros, unidades o dispositivos HMI).

### **4.5.3 La puesta en marcha de la estación Profibus**

Después de haber configurado el sistema principal, se puede iniciar la puesta en marcha de la estación Profibus. Es una buena práctica utilizar fuentes de alimentación separadas para las estaciones de Profibus y de sus productos, esto permite a la red operar sin peligro. Por razones de seguridad, las fuentes de alimentación para las salidas de la estación deben estar apagadas cuando la puesta en marcha de una red Profibus se inicie.

Primero se verifica que todas las estaciones Profibus se abastecen con el voltaje. Las estaciones principales tienen tres diferentes modos de funcionamiento:

- Off-line: No hay interacción con el bus.
- Modo de parada: No hay interacción con los esclavos configurados, pero el maestro forma parte en la comunicación del bus.
- Modo transparente: El maestro entra en el intercambio de datos con los esclavos configurados.

Muchas estaciones de esclavos Profibus disponen de un LED que indica "falla en el bus" (BF).

### **4.5.4 Prueba de la señal de entrada**

El siguiente paso es poner a prueba la señal de entrada de los esclavos; para ello, se comprueba primero la tensión de alimentación de los sensores, esta se encuentra especificada en la información del fabricante.

A continuación, se debe activar el sensor. A veces, esto puede hacerse manualmente o, a veces por medio de la simulación de la entrada de proceso en el sensor. Se debe rastrear la señal del maestro por todo el camino. Los leds de la estación Profibus que están conectados al transductor, y el mapa de E/S en el maestro, están disponibles para ayudar a hacer esto.

El mapa de E/S a menudo se puede leer en el dispositivo usando el software de configuración o programación. Algunos sensores también tienen su propia pantalla.

#### **4.5.5 Prueba de la señal de salida**

Las señales de salida pueden ser probadas de una manera similar a las entradas; sin embargo, primero debe comprobar que es seguro activar las salidas y que se han tomado las medidas de seguridad adecuadas.

Después de comprobar que es seguro, debe aplicar el voltaje de control de salida, para esto la fuente de salida debe estar encendida. La tensión de alimentación de salida se especifica en la información del fabricante. Cada señal de salida se puede activar en el momento o forzado manualmente a través del software de configuración o programación.

Se debe revisar el mapa de E/S en el maestro, los leds en el esclavo, y la propia salida. Se realiza un chequeo la tensión de control con todas las salidas encendidas.

#### **4.5.6 Crear Lista de Aceptación**

El último paso es crear una lista de aceptación. Con esta lista se puede documentar que la aceptación ha sido satisfactoria.

## **5. FOUNDATION FIELDBUS**

### **5.1 INTRODUCCIÓN**

En 1994, la asociación sin ánimo de lucro Fieldbus Foundation se dedicó principalmente a la consecución de especificaciones orientadas a crear un bus de campo único y abierto para entornos peligroso.

Para el año de 1996 nació el bus de campo Foundation Fieldbus, en sus modalidades H1 y H2, baja y alta velocidad respectivamente, luego para el año 1998 nació la modalidad HSE, la cual reemplaza y mejora la modalidad H2.

Foundation Fieldbuses un sistema de comunicación digital, serial, y bidireccional, está diseñado para soportar aplicaciones críticas donde el tiempo, la transferencia de datos y el manejo de gran cantidad de información son esenciales.

El bus de campo Foundation Fieldbus puede ser utilizado con flexibilidad en las aplicaciones de automatización de procesos. La Norma ANSI/ISA S50.02, es la encargada de enumerar las especificaciones del bus de campo Foundation Fieldbus con un arreglo a 31,25 kbits/s.

### **5.2 CAPA FÍSICA**

En términos de características físicas, la implementación de Foundation Fieldbus tiene dos estándares: H1 y HSE. El estándar H1 tiene las siguientes características:

- Velocidad: 31.25 Kbps.
- Largo de cable total incluyendo derivaciones: 1900 m.
- La red es alimentada en 24 VDC, y soporta una corriente del orden de 120 mA.

- Dispositivos en la red pueden consumir entre 10 y 20 mA.
- Utiliza codificación Manchester.

El estándar HSE considera centralizar uno o más enlaces H1:  
Velocidad: 100 Mbps y Estándar Ethernet

### 5.2.1 Cables

Si bien existe una especificación detallada para las características del cable a utilizar, esta no está muy distante del cable utilizado comúnmente para conexiones de 4-20 mA.

Dependiendo de los requerimientos de la instalación, se pueden usar los siguientes tipos (Ver tabla 4):

**Tabla 4: Tipos de Cable para Foundation Fieldbus**

<b>Tipo de cable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Calibre</b>	<b>Distancia</b>
A	Par trenzado, apantallado	#18 AWG	1900m
B	Multipar, apantallado	# 22 AWG	1200m
C	Multipar, sin pantalla	#26 AWG	400m
D	Multicond, no trenz, con pantalla	#16 AWG	200m

**Fuente: <http://www.fieldbus.org/>**

Las derivaciones en general deben mantenerse cortas. El máximo es 120 metros, pero este máximo disminuye según aumenta el número de dispositivos totales por segmento o el número de dispositivos en la derivación. La siguiente tabla ilustra las diferencias.

**Tabla 5: Diferencia entre los diferentes dispositivos con sus respectivas derivaciones**

<b>Dispositivos totales</b>	<b>1 dispositivo / derivación</b>	<b>2 dispositivo / derivación</b>	<b>3 dispositivo / derivación</b>	<b>4 dispositivo / derivación</b>
1-12	120	90	60	30
13-14	90	60	30	1
15-18	60	30	1	1
19-24	30	1	1	1
25-32	1	1	1	1

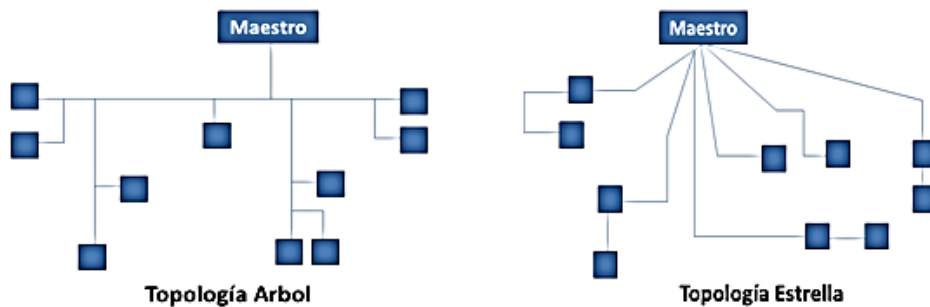
Fuente: <http://www.fieldbus.org/>

## 5.3 CAPA DE ENLACE

### 5.3.1 Topología de Red

Permite topologías de red en bus, árbol y mixto (para H1), y en estrella (para HSE)  
(Ver figura 32)

**Figura 32: Topologías de red para Foundation Fieldbus**



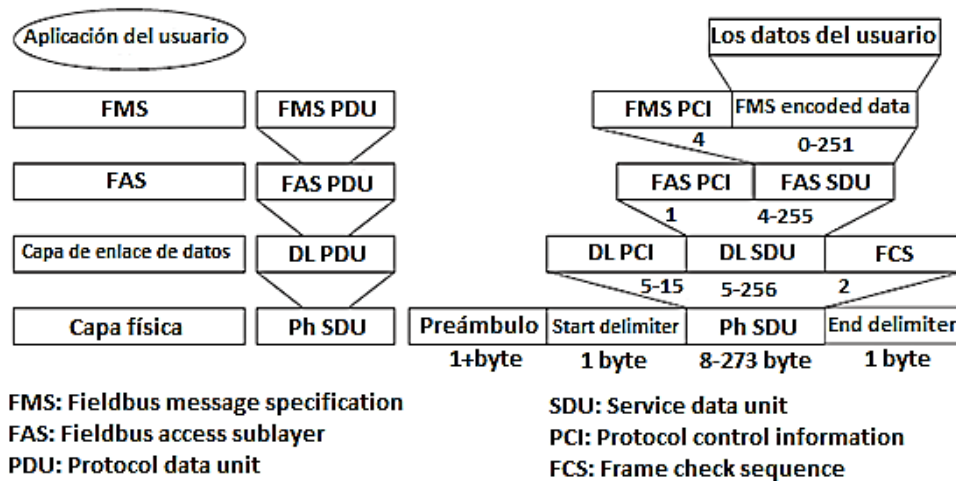
Fuente: <http://www.fieldbus.org/>

### 5.3.2 Formato de Trama

#### Trama H1

En el formato de trama H1 para Foundation Fieldbus (Ver figura 33), el preámbulo es usado por el receptor de la trama para sincronizar su reloj interno con la señal entrante en el bus de campo.

**Figura 33: Formato de Trama H1 para Foundation Fieldbus**



Fuente: <http://www.fieldbus.org/>

#### Trama HSE

Las tramas enviadas a través de la capa de usuario y aplicación son las mismas del formato H1. Cuando la trama entra en la capa de transporte, red y enlace de datos está es delimitada por una serie de campos de datos codificados para el control del transporte, direccionamiento, enrutamiento y errores (según TCP/IP e IEEE 802.3u), formando un paquete Ethernet.

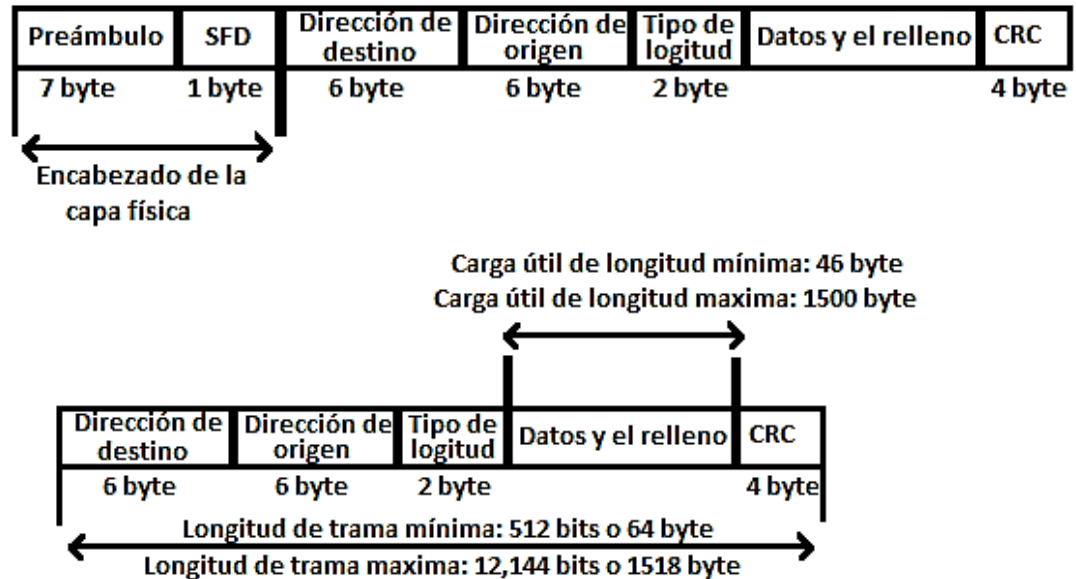
Dicho paquete en Foundation Fieldbus HSE se conoce como PDU, y es de una longitud variable (mínimo 64 bytes y máximo 1518 bytes). (Ver figura 34).



**Figura 34: Formato de Trama HSE Foundation Fielbus**

**Preámbulo:** 56 bits de alternancia de 1seg y 0seg

**SFD:** Inicio marco delimitador, flag (10101011)



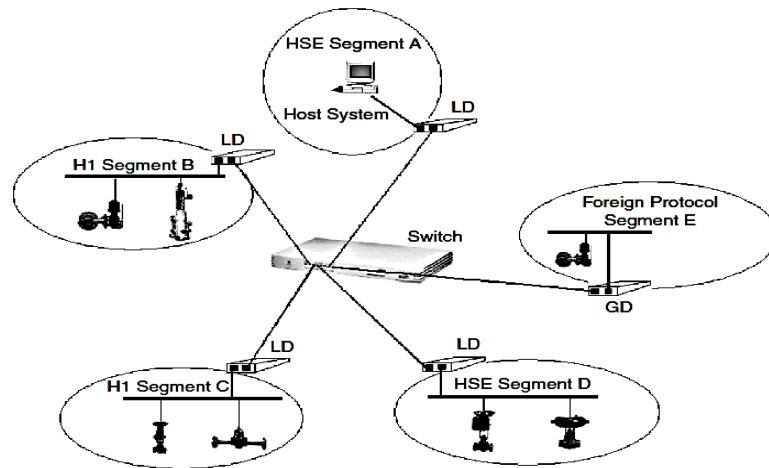
Fuente: <http://www.fieldbus.org/>

### 5.3.3 Acceso al medio

**H1** → Para el control del acceso al medio utiliza normalmente el paso de testigo, evitando pérdida de ancho de banda por el acceso programado cuando este no se necesita realmente, pero siempre dándole prioridad a dicho acceso programado sobre el paso de testigo cuando un conflicto surge.

**HSE** → Se encuentra desarrollada según la norma IEEE 802.3u (Ethernet), es decir utiliza la técnica de acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisión (CSMA/CD). Y también se maneja las funciones de enrutamiento y transporte en la capa de red y de transporte respectivamente, usando el protocolo TCP-UDP/IP (esto se consigue mediante el uso de un switch). (Ver figura 35)

Figura 35: Interconexión H1 y HSE para Foundation Fieldbus



Fuente: <http://www.fieldbus.org/>

## 5.4 APLICACIONES

**H1 → Especificación de mensajes de bus de campo:** Permite a las aplicaciones de usuario y a los dispositivos enviar mensajes a través del bus de campo utilizando un conjunto de formatos de mensajes estándar.

Los tipos de datos que pueden ser comunicados sobre el bus de campo se asignan a ciertos servicios de comunicaciones. Para una asignación uniforme, se emplean descripciones de objeto.

Las descripciones de objeto contienen definiciones de todos los formatos de mensaje estándar, y también incluyen datos específicos de aplicación.

**HSE → Acceso al dispositivo de campo:** Solo se usa en la modalidad HSE. Permite que los servicios de System and Network Management (SNM) y FMS usados por los dispositivos H1 sean transportados sobre Ethernet usando los estándares UDP y TCP.

Esto permite que dispositivos HSE se comuniquen con dispositivos H1 vía un LD, y que aplicaciones remotas accedan a los mismos. También permite enviar y recibir

mensajes de redundancia de red, para soportar la redundancia de las interfaces de los dispositivos HSE.

## 5.5 COMISIONAMIENTO

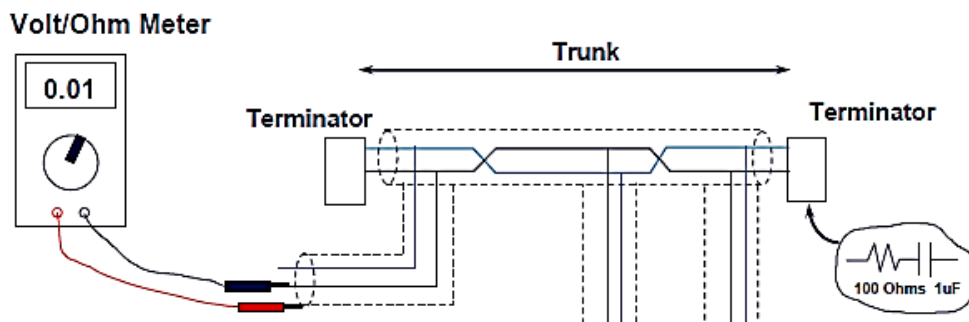
En el comisionamiento de Foundation Fieldbus, los dispositivos pueden ser conectados al bus con la misma dirección, una buena configuración del Host asigna una dirección válida para cada dispositivo, estas características permiten un rápido y seguro comisionamiento de la red de Foundation Fieldbus.

El comisionamiento de Foundation Fieldbus se lleva a cabo mediante los siguientes pasos:

### Chequeo de los cables

- Antes de suministrar energía a los segmentos compruebe el aislamiento entre los cables de bus de campo (Ver figura 36), para ello levante el escudo de tierra y compruebe el aislamiento entre la pantalla y tierra.

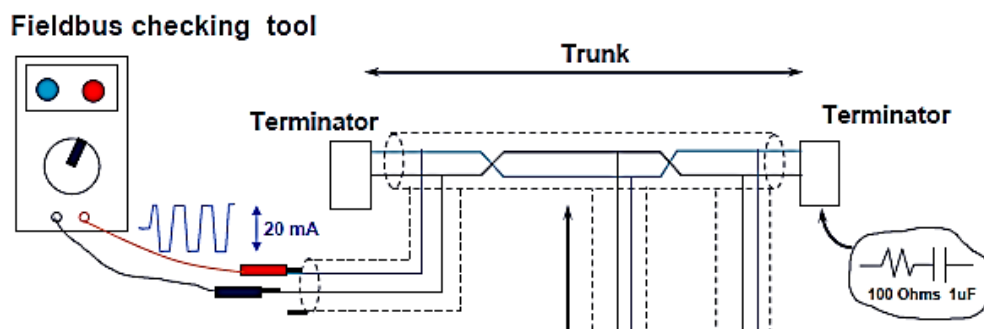
**Figura 36: Prueba de aislamiento de los cables**



Fuente: <http://www.fieldbus.org/>

- Antes de suministrar energía a los segmentos, compruebe las terminaciones y el acoplamiento capacitivo a tierra. ( Ver figura 37)

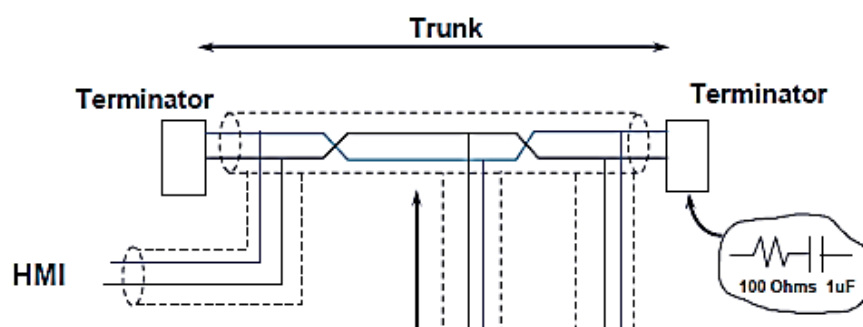
**Figura 37: Comprobación de las terminaciones de la red**



Fuente: <http://www.fieldbus.org/>

- Verificar la puesta a tierra.
- Se deben colocar cables adicionales para futuras expansiones.
- Verificar las conexiones (Ver figura 38).

**Figura 38: Verificación de las conexiones**



Fuente: <http://www.fieldbus.org/>

El poder de bus de campo, la instalación y la comprobación de puesta a tierra puede variar con los componentes seleccionados.

### **5.5.1 Cable de conexiones (Junction Box)**

- La instalación de la Junction Box es opcional.
- Se debe asegurar todas las terminaciones.
- Confirmación Pug and Play (Enchufar y usar) por parte de los técnicos.

### **5.5.2 Banco de pruebas**

- Verificar
  - ❖ El número de etiquetas
  - ❖ Mantenimiento del equipo.

El banco de pruebas es opcional para los dispositivos cuando se hace el comisionamiento en forma automática.

### **5.5.3 Calibración**

Foundation Fieldbus es elaborado en fabrica por esta razón no requiere calibración.

### **5.5.4 Campo de Instalación**

Se debe tener una buena localización y una correcta ubicación de las salidas a campo de la Junction Box

### **5.5.5 Comprobación del Bucle**

Esta comprobación debe ser realizada por máximo dos personas y se deben revisar los siguientes ítems: las terminaciones, el número de etiquetas y se debe corregir todo aquello que no cumpla con las especificaciones establecidas.

Nota: Comprobar la instalación de acuerdo a las prácticas de cableado estándar y el límite en el número de los dispositivos en el segmento de acuerdo con el consumo de energía y la longitud del cable.

## 6. PROFINET

### 6.1 INTRODUCCIÓN

Profinet es el estándar abierto para la automatización industrial basada en el Ethernet Industrial, permite sin problemas la realización de la automatización distribuida, integración de dispositivos de campo existente y operación, aplicaciones de tiempo crítico (control de movimiento). Además de la utilización de la tecnología informática, la protección de la inversión también juega un papel importante, ya que protege las inversiones de los operadores de instalaciones, maquinaria / plantaempresas constructoras y fabricantes de dispositivos.

Profinet utiliza el protocolo de normas TCP / IP y TI, y es, en efecto, Ethernet en tiempo real. El concepto de Profinet cuenta con una estructura modular, de modo que los usuarios pueden seleccionar las funciones en cascada por sí mismos. Comercializado por primera vez en 2005, Profinet ofrece más nodos (casi un número ilimitado), más datos (un marco Profinet tiene un máximo de E/S de 1.440 bytes), más velocidad (100 Mbits/s, Ethernet dúplex completo)

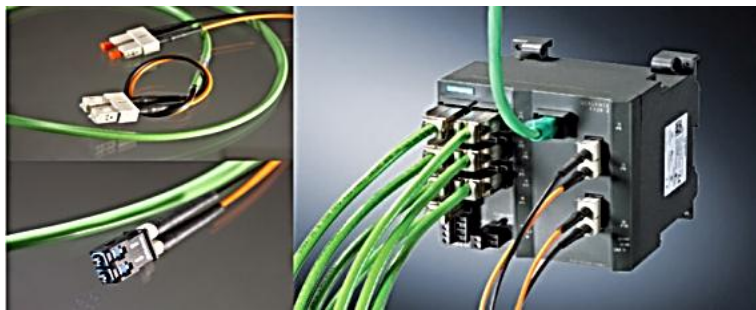
### 6.2 CAPA FÍSICA

#### 6.2.1 Cables de Fibra Óptica

- Se distinguen 4 tipos de fibras ópticas: Plastic optical fiber (POF), Plastic cladsilica optical fiber (PCF), All-silica multimode fiber (fibra multimodo), All-silica monomode fiber (fibra monomodo).(Ver figura 39)
- Se definen dos categorías (todas ellas de 2 hilos):
  - ❖ Tipo B: para montaje estacionario o flexible.
  - ❖ Tipo C: para aplicaciones especiales (vibración, trailing).

- Diámetros:
  - ❖ POF – 900/1000  $\mu\text{m}$
  - ❖ PCF – 200/230  $\mu\text{m}$
  - ❖ Fibra Multimodo – 50/125  $\mu\text{m}$  o 62,5/125  $\mu\text{m}$
  - ❖ Fibra Monomodo – 9/125  $\mu\text{m}$  o 10/125  $\mu\text{m}$
- El tipo de conectores varía en función del tipo de fibra y estándar Ethernet utilizado (1000BaseSX, 1000BaseLX) entre SC, BFOC y SC-RJ.
- También se puede utilizar el conector “M12 OF Connector” para conexiones en exteriores.
- La distancia máxima varía en función del tipo de cable:
  - ❖ POF – 50 metros
  - ❖ PCF – 100 metros
  - ❖ Fibra Monomodo – 3000 metros
  - ❖ Fibra Multimodo – 26000 metros

**Figura 39: Cables de Fibra Óptica para Profinet**



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

### 6.2.2 Conectores para Profinet

Los conectores han de ser de tipo M12 o RJ45, en IP20 o IP65/IP67 en función de la aplicación (Ver figura 40). Dada la importancia de una buena conexión, y del montaje del conector, en lo que respecta a la malla, se recomienda sistemas de cableado FC (FastConnect).

**Figura 40: Conectores para Profinet**



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

## **6.3 CAPA DE ENLACE**

### **6.3.1 Topología de Red**

Profinet permite que la red se instale sin ningún conocimiento especializado, permite la configuración simple de las topologías de red habituales, tales como estrella, árbol, línea y anillo, para aumentar la disponibilidad, mediante cables estándar de la industria y también soporta estructuras de anillo redundante.

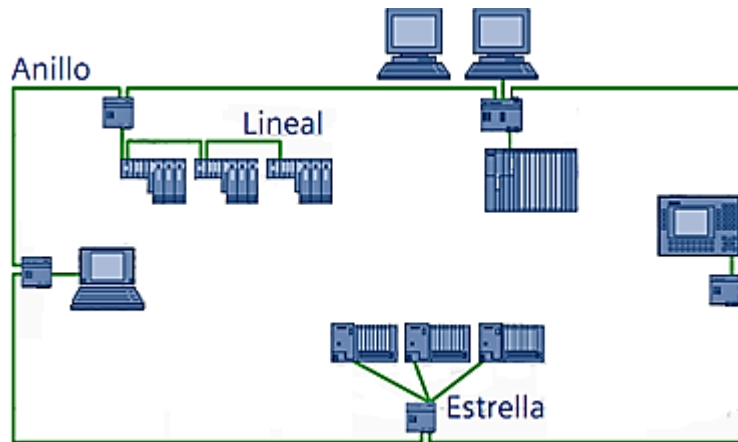
Las topologías de red se eligen en función de las necesidades de los equipos conectados. Entre las más comunes encontramos la topología en estrella, lineal, en árbol o en anillo (Ver figura 41). En la práctica, la mayoría de las instalaciones están compuestas por estructuras mixtas. Estas topologías se pueden realizar tanto con cables de cobre como de fibra óptica.

- **Estrella:** La topología en estrella se caracteriza por tener un switch central con conexiones a los distintos terminales de la red. Las estructuras en forma de estrella se utilizan en zonas con gran densidad de aparatos y poca extensión longitudinal.
- **Árbol:** La topología en árbol se forma agrupando varias estructuras en estrella en una red, dado el caso, combinando cables de fibra óptica y de par trenzado. Se suele utilizar para dividir instalaciones complejas en segmentos.



- Lineal: Esta topología la encontramos cuando un switch está cerca del terminal al que se conecta o cuando el terminal está integrado en el propio switch. La topología lineal es recomendable en instalaciones que cubren grandes distancias, por ejemplo, en sistemas de transporte y manutención o para la conexión de células de producción.
- Anillo (redundancia): Si los extremos de una línea se unen por medio de una conexión adicional, obtendremos una estructura en anillo. Se utiliza en instalaciones con grandes requisitos de disponibilidad para así protegerse en caso de rotura de un cable o de fallo de un componente de red.

**Figura 41: Topología de red Profinet**



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

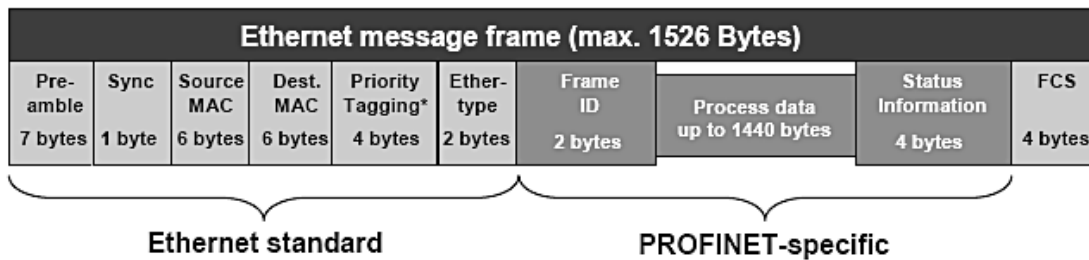
### 6.3.2 Formato de Trama

La Trama Profinet está formada por (Ver figura 42):

- Preámbulo: 7 bytes.
- Sync: 1 byte.
- Fuente MAC: 6 bytes.
- Destino MAC: 6 bytes.
- Prioridad de Etiquetado: 4 bytes.

- Tipo Ether: 2 bytes.
- Frama ID: 2 bytes.
- Proceso de datos: Con un tamaño de hasta 1440 bytes.
- Estado de la Información: 4 bytes.
- Frame Check Sequence: 4 bytes.

**Figura 42: Formato de la Trama Profinet**



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

### 6.3.3 Acceso al medio

Trabaja con CSMA/CD como método de acceso al medio; este método CSMA/CD opera de la siguiente manera:

- Una estación que tiene un mensaje para enviar escucha al medio para ver si otra estación está transmitiendo un mensaje.
- Si el medio está tranquilo (ninguna otra estación está transmitiendo), se envía la transmisión.
- Cuando dos o más estaciones tienen mensajes para enviar, es posible que transmitan casi en el mismo instante, resultando en una colisión en la red.
- Cuando se produce una colisión, todas las estaciones receptoras ignoran la transmisión confusa.
- Si un dispositivo de transmisión detecta una colisión, envía una señal de expansión para notificar a todos los dispositivos conectados que ha ocurrido una colisión.

- Las estaciones transmisoras detienen sus transmisiones tan pronto como detectan la colisión.
- Cada una de las estaciones transmisoras espera un periodo de tiempo aleatorio e intenta transmitir otra vez.

## **6.4 APLICACIONES**

Profinet satisface todos los requerimientos de la tecnología de automatización. Los muchos años de experiencia con Profibus y el uso generalizado de Industrial Ethernet han sido incorporados en Profinet.

El desarrollo continuo de Profinet ofrece a los usuarios una visión a largo plazo para la ejecución de sus tareas de automatización. Para los fabricantes de máquinas e instalaciones, el uso de Profinet minimiza los costos de instalación, ingeniería y puesta en marcha.

Ofrece beneficios a los operadores de la planta como la facilidad de expansión de la planta y una alta disponibilidad gracias a las unidades de la planta de forma autónoma en funcionamiento.

El uso de los perfiles definidos por el usuario hasta el momento significa que Profinet se puede utilizar en prácticamente todos los sectores de la automatización.

Los perfiles Profinet para la industria de proceso y para aplicaciones de tren están actualmente en desarrollo. La industria del automóvil, la industria de alimentación y bebidas como en la logística, son ejemplos de utilización del estándar de comunicación Profinet.

## 6.5 COMISIONAMIENTO

### 6.5.1 Instalación de la red

El cableado Profinet se caracteriza por:

- Alto rendimiento y sistema de reservas.
- Fácil planificación e instalación.
- Óptima adaptación a las aplicaciones industriales.

Para lograr estos objetivos, se deben clasificar las condiciones ambientales y definir el canal (El canal conecta dos dispositivos activos), ya sea un recinto interior o recinto exterior.

Siempre se utilizan cables prefabricados y sistema con extremos idénticos; además de los cables del sistema, existen conectores pasivos que se utilizan para pasar a través del armario de control o como un acoplamiento. Esto permite que todas las líneas de transmisión sean fáciles de implementar.

### 6.5.2 Enfoque de componentes Profinet

Para el cableado, Profinet utiliza un enfoque de componentes definidos con las reglas de selección simple.

**Conectar y ensamblar cuidadosamente para formar una red Profinet:** Los factores a considerar son la longitud total del cableado y el número de transiciones entre el cable y conector.

Este enfoque se traduce en líneas de transmisión que cumplen con los requisitos para el cableado Profinet de una manera fiable, es decir, con reservas significativas del sistema. El Tiempo de planificación, los cálculos y las mediciones no son necesarios en este caso.

### **6.5.3 Topologías de red**

A continuación se muestran en síntesis las distintas posibilidades de configurar e instalar una red Profinet.

- Estrella: Conectando las estaciones a un switch se obtiene automáticamente una topología en forma de estrella. En caso de que falle un solo dispositivo Profinet, no se producirá necesariamente un fallo de toda la red. El fallo de un solo switch provoca tan solo el fallo de una parte de la red.
- Árbol: Interconectando varias estructuras en forma de estrella, se crea un topología en forma de árbol.
- Línea: Todas las estaciones que intervienen en la comunicación se conectan una tras otra en línea. Cuando falla un elemento acoplador (por ejemplo un switch), ya no es posible la comunicación a través de dicho elemento acoplador. Entonces se divide la red en dos segmentos parciales. En Profinet, la estructura en línea se realiza mediante switches que ya están incorporados en los dispositivos Profinet. Por ello, la estructura en línea de Profinet no es más que una variante de la estructura en árbol o en estrella y requiere menos cableado.
- Subred: Todos los aparatos interconectados se encuentran en la misma red. Todos los dispositivos de una subred pueden comunicarse directamente unos con otros. La máscara de subred es idéntica en todos los dispositivos que están conectados a la misma subred. La subred se limita físicamente mediante un router.

### **6.5.4 Clases De Medio Ambiente**

Profinet ha dividido las condiciones ambientales en dos clases:

- Clase de protección interior en ambientes protegidos.

- Clase de protección en el exterior y fuera de armarios de control para las aplicaciones directamente en el campo.

### **6.5.5 Instalación Profinet**

La interconexión de dispositivos Profinet en plantas industriales se puede realizar básicamente de dos maneras físicas diferentes:

- Por cable:
  - ❖ Con pulsos eléctricos a través de cables de cobre
  - ❖ Con pulsos ópticos a través de cables de fibra óptica
- Sin cable, por el aire mediante ondas electromagnéticas.

### **6.5.6 Optimizar Profinet**

Profinet permite una comunicación de altas prestaciones y sin discontinuidades. Las siguientes directivas de montaje permiten aumentar todavía más las prestaciones.

1. Colocar un router entre la red de las oficinas y el sistema Profinet. A través del router se puede establecer con exactitud quién está autorizado para acceder a su sistema Profinet.
2. Montar el sistema Profinet con una topología de estrella.
3. Mantener reducida la profundidad de encadenamiento de los switches.
4. Conectar la unidad de programación (PG) cerca del interlocutor.

## **7. DEVICENET**

### **7.1 INTRODUCCIÓN**

DeviceNet fue originalmente desarrollado por la compañía americana Allen-Bradley (ahora firma de Rockwell Automation). DeviceNet se adapta la tecnología de ControlNet, y se aprovecha de la CAN, lo que hace es bajar los costos y la robustez en comparación con los demás. Con el fin de promover el uso de todo el mundo DeviceNet de Rockwell Automation ha adoptado el concepto de ser un protocolo "abierto" y compartir la tecnología para proveedores de terceros

DeviceNet es un protocolo de comunicación usado en la industria de la automatización para interconectar dispositivos de control para intercambio de datos y para el control en tiempo real de dispositivos en los primeros niveles de automatización. Éste usa Bus CAN como tecnología. Las aplicaciones típicas incluyen dispositivos de intercambio, dispositivos de seguridad grandes redes de control con E/S.

DeviceNet, una red de aplicación internacional, y por supuesto europea: cumple con el Estándar Europeo Oficial EN 50323-2, que asegura la interconectividad con una gran variedad de equipos de otros fabricantes.

### **7.2 CAPA FÍSICA**

DeviceNet utiliza una línea troncal / línea de derivación como tipo de topología de red, que permite compartir el mismo cable, tanto para el cableado de la señal como para la fuente de poder. La energía suministrada por una fuente conectada directamente a la red tiene la siguiente descripción:

- 24Vdc.
- La capacidad actual es compatible con los equipos instalados.

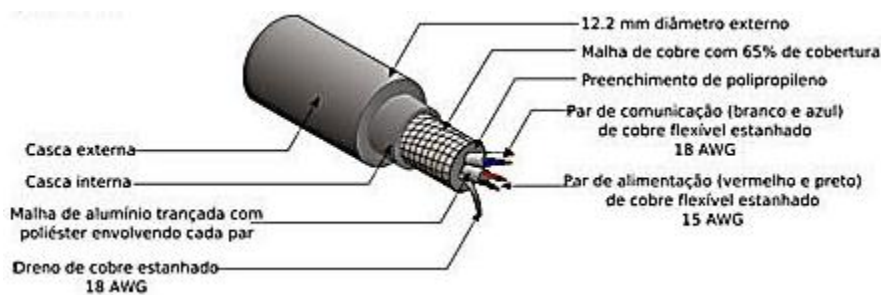
- La longitud total de la red varía en función de la velocidad de transmisión (125 250, 500Kbps).

### 7.2.1 Cables

Hay 4 tipos de cables estándar: grueso, mediano, delgado, plano. (Ver figuras 43,44 y 45)

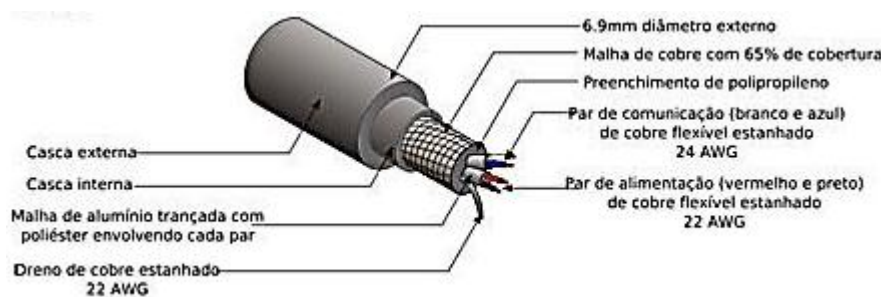
Los más utilizados son el cable grueso de la línea troncal y el cable fino para el dropline

**Figura 43: Cable Grueso para DeviceNet**



Fuente: <http://www.smar.com/>

**Figura 44: Cable Delgado para DeviceNet**



Fuente: <http://www.smar.com/>



**Figura 45: Anatomía de cable estándar DeviceNet**



Fuente: <http://www.smar.com/>

La mayoría de los cables utilizados por DeviceNet tienen 5 conductores identificados y utilizados (Ver tabla 6):

**Tabla 6: Combinación de colores de los cables DeviceNet**

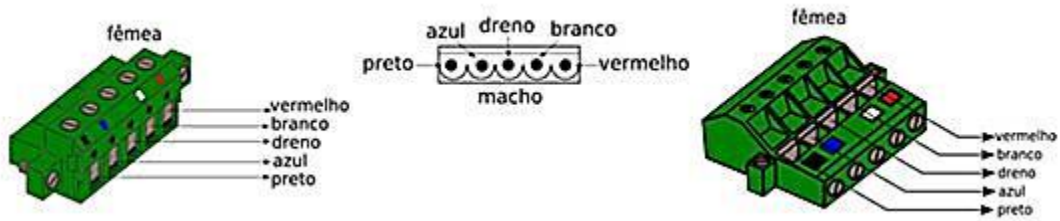
Color de cable	Señal	Cable redondo	Cable plano
Blanca	CAN_H	DN señal	DN DN señal
Azul	CAN_L	DN señal	DN señal
Alam. Desnudo	Drenaje	Escudo	No se utiliza
Negro	V-	Potencia	Potencia
Roja	V+	Potencia	Potencia

Fuente: [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)

### 7.2.2 Conectores

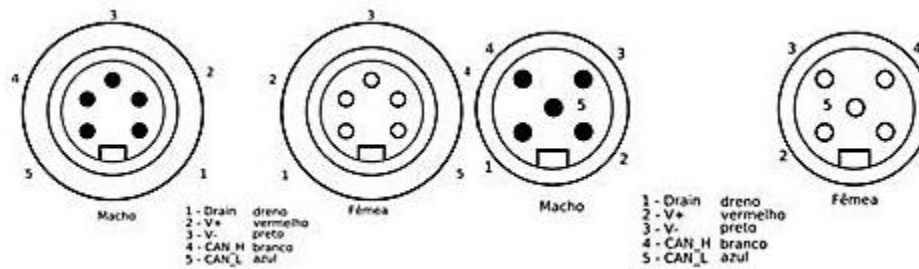
Hay tres tipos de conectores de base: abierto, cerrado mini y micro sellados (Ver figuras 46 y 47). La elección depende de la aplicación y las características del equipo o la conexión necesaria.

**Figura 46: Estilo de conector abierto**



Fuente: <http://www.smar.com/>

**Figura 47: Sellado conector Mini y Micro**



Fuente: <http://www.smar.com/>

### 7.2.3 Terminaciones de Red

Las terminaciones de red DeviceNet ayudan a minimizar los reflejos y la comunicación. Las resistencias de terminación deben estar ubicadas en la línea troncal, entre los cables blanco y azul (CAN\_H y CAN\_L).

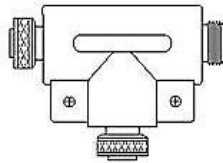
- No coloque la terminación dentro de un equipo o un conector, porque al retirarlas, también quita el terminador causando una falla general en la red. Deje el terminador siempre independiente y aislado de la línea troncal, preferiblemente dentro de las cajas de protección o las cajas de paso.
- Para comprobar las terminaciones de la red, mida la resistencia entre los cables blanco y azul, con la red apagada: la resistencia medida debe estar entre 50 y 60 ohmios.

## 7.2.4 Tap Derivators

Hay varios tipos de TAP derivators para ser conectado en un tipo de red DeviceNet. Se clasifican como:

- T-Port TAP" Derivación: El derivador T-Port (Ver figura 48) se conecta un dispositivo simple o una derivación de la línea de caída a través de un conector de tipo de conexión rápida.

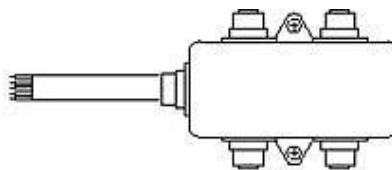
**Figura 48: T-Port Tap**



**Fuente: [www.rockellautomation.com](http://www.rockellautomation.com)**

- Derivación Devicebox: Son elementos pasivos que se conectan directamente a los dispositivos DeviceNet y a la red pública a través de terminales de conexión de hasta 8 nudos. Tienen cubierta desprendible, y sellados que permiten la fijación sobre la máquina o la planta (Ver figura 49)

**Figura 49: T-Port Tap**



**Fuente: [www.rockellautomation.com](http://www.rockellautomation.com)**

- **Indicadores LED:** Aunque un producto DeviceNet no requiere indicadores, si este es el caso, deben cumplir con las especificaciones de DeviceNet. Un indicador LED de estado y un LED de estado de red, o una combinación de ambos se recomiendan.

- ❖ El indicador (s) consistirá en un LED verde-rojo que puede mostrar On, Off y señales de parpadeo.
- ❖ El indicador LED de estado indica si el dispositivo está encendido y funciona correctamente.
- ❖ El estado de la red LED indica el estado del enlace de comunicación.

## 7.3 CAPA DE ENLACE

### 7.3.1 Topología de Red

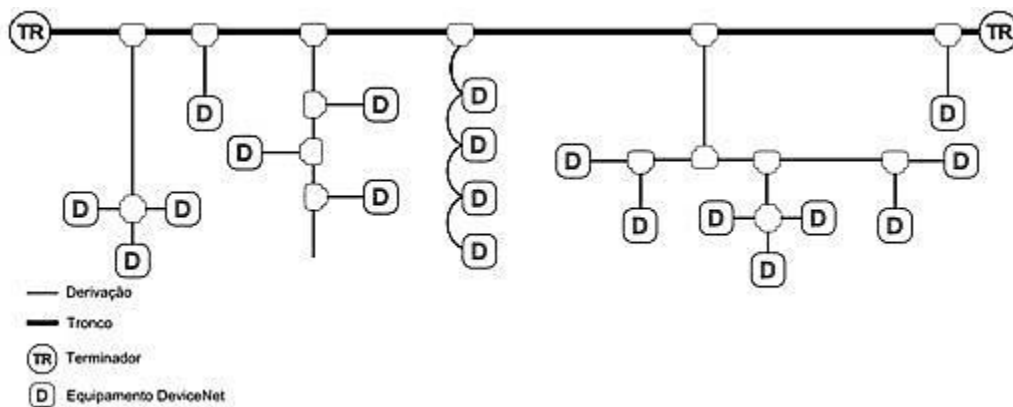
DeviceNet define variaciones de topología y componentes (Ver figura 50). El cable Grueso puede ser usado para líneas troncales o líneas verticales. La distancia entre los extremos de la red varía con la velocidad de datos y la longitud del cable. (Ver tabla 7)

**Tabla 7: Velocidad de datos con respecto a la longitud del cable**

<b>TASA DE DATOS</b>	<b>125Kbps</b>	<b>250Kbps</b>	<b>500Kbps</b>
Longitud de la barra principal con cable grueso tronco	500m	250m	100m
Longitud de la barra principal con cable delgado tronco	100m	100m	100m
Longitud máxima de un máximo de autobuses	6m	6m	6m
Longitud acumulada de una autobús principal acumulado	156m	78m	39m

**Fuente: [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)**

**Figura 50: Topología de red para DeviceNet**



Fuente: <http://www.smar.com/>

### 7.3.2 Acceso al Medio

El método de acceso al medio utilizado es el de Acceso Múltiple por Detección de Portadora, con Detección de Colisiones y Arbitraje por Prioridad de Mensaje (CSMA/CD+AMP, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration Message Priority). De acuerdo con este método, los nodos en la red que necesitan transmitir información deben esperar a que el bus esté libre (detección de portadora); cuando se cumple esta condición, dichos nodos transmiten un bit de inicio (acceso múltiple). Cada nodo lee el bus bit a bit durante la transmisión de la trama y comparan el valor transmitido con el valor recibido; mientras los valores sean idénticos, el nodo continúa con la transmisión; si se detecta una diferencia en los valores de los bits, se lleva a cabo el mecanismo de arbitraje

### 7.3.3 Formato de Trama

Cada campo de la trama tiene una responsabilidad específica (Ver figura 51):

- Campo de Control: entrega la información acerca de cuántos bytes de datos son contenidos dentro del Campo de Dato, que le sigue después. El Campo Control consiste de 6 bits.
- Campo de Dato: contiene los datos a transferir. Puede contener desde 0 hasta 8 bytes, lo cual es indicado previamente en el Campo de Control. Cada byte es de 8 bits los cuales son transmitidos desde el MSB al LMS.
- Campo de CRC: tiene una longitud de 16 bits, divididos en la Secuencia CRC de 15 bits, seguida por el Delimitador CRC de 1 bit.
- Campo ACK: también llamado Campo de Reconocimiento. Se compone de 2bits, la ranura ACK, y Delimitador ACK.
- Fin de Trama: indica el fin de la trama y consiste de una secuencia de 7 bits “recesivos”

**Figura 51: Formato de trama DeviceNet**

1bit	11 bits	1 bit	6 bits	0-8 bytes	15 bits	1 bit	1 bit	1 bit	7 bits	3 bits
Início da Frame	Identificador	RTR bit	Campo de Controle	Campo de DADOS ( Variável de 0 a 8 bytes )	Sequenciador CRC	Delimitador de CRC	Bit de Ack	Delimitador de Ack	Final da Frame	Espaço entre Frames
Campo de Arbitração										

Fuente: <http://www.smar.com/>

## 7.4 APLICACIONES

Los mercados y aplicaciones más significativas para este tipo de tecnología son: líneas de ensamblaje de automóviles; líneas de alimentación y bebidas, líneas de fabricación semiconductores, manipulado de material y empaquetado, papeleras, cementeras y canteras, clasificación y tratamiento de R.S.U., y líneas de productos de consumo, entre otros.

## **Aplicaciones típicas**

La red DeviceNet es ideal para aplicaciones tales como:

- Líneas de transferencia del automóvil, talleres de pintura, y las líneas de montaje.
- Procesamiento de alimentos / embalaje.
- Las aplicaciones que requieren tiempos de respuesta rápidos.
- Las aplicaciones que requieren sistemas de seguridad tales como los medios de comunicación robusta, automática, duplicados de cheques dirección del nodo, una función de reintentos en los datos de enlace, basado en la conexión de mensajes, contadores de error.
- La mayoría de otras aplicaciones de alta velocidad que requieren un alto rendimiento y velocidad, gran número de E / S, la distribución a través de grandes distancias geográficas, y el rendimiento en tiempo real.

## **7.5 COMISIONAMIENTO**

Los pasos que se deben seguir para planificar e instalar una red DeviceNet (Rockwell).

- Entender los medios físicos.
- Efectuar terminaciones en la red.
- Suministrar alimentación.
- Conectar la red a tierra.
- Usar la lista de comprobación.

### **7.5.1 Entender los medios físicos**

Entender las opciones de cable: Usted puede conectar componentes utilizando tres opciones de cable (Ver tabla 8 y 9):

**Tabla 8: Opciones de Cable para DeviceNet**

<b>Utilice este cable</b>	<b>Para</b>
Redondo (Grueso)	La línea troncal de la red DeviceNet con un diámetro externo de 12.2mm (0.48 pulgadas). También puede usar este cable para líneas de derivación
Redondo (Delgado)	La línea de derivación que conecta dispositivos a la línea principal con un diámetro exterior de 6.9 mm (0.27 pulgadas). Este cable tiene un diámetro más pequeño y es más flexible que el cable grueso. Usted puede utilizar este cable para la línea troncal.
Plano	La línea troncal de la red DeviceNet, con dimensiones de 19.3 mm x 5.3 mm (0.76 pulg x 0.21 pulg). Este cable no tiene longitudes predeterminadas y es posible poner conexiones libremente donde se necesitan.
Cable de derivación Kwiklink	Este es un cable de derivación de 4 conductores no blindado para uso exclusivo en sistemas Kwiklink.

**Fuente: [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)**

**Tabla 9: Opciones de Color de Cable para DeviceNet**

<b>Color del cable</b>	<b>Identidad del cable</b>	<b>Uso del cable Redondo</b>	<b>Uso del cable plano</b>
Blanco	CAN_H	Señal	Señal
Azul	CAN_L	Señal	Señal
Sin forro	Tierra	Blindado	n/a
Negro	V-	Alimentación	Alimentación
rojo	V+	Alimentación	Alimentación

**Fuente: [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)**



- El cable redondo (grueso y delgado) contiene cinco conductores: un par trenzado (rojo y negro) para alimentación de corriente continua de 24 V, un par trenzado (azul y blanco) para señal y un cable de tierra (sin forro).
- El cable plano contiene cuatro conductores: un par (rojo y negro) para alimentación de corriente continua de 24 V; un par (azul y blanco) para señal.
- El cable de derivación KwikLink es un cable gris de 4 conductores sin blindaje. Sólo se utiliza con sistemas de cable plano KwikLink.

Determinar la longitud máxima de la línea troncal: La distancia entre dos puntos cualesquiera no debe superar el recorrido máximo del cable en función de la velocidad de transmisión de datos. (Ver tabla 10)

**Tabla 10: Longitud del cable en función de la velocidad de transmisión para DeviceNet**

Velocidad de transmisión de datos	Longitud máxima (cable plano)	Longitud máxima (cable grueso)	Longitud máxima (cable delgado)
125 Kbit/s	420 m (1378 pies)	500 m (1640 pies)	100 m (328 pies)
250 Kbit/s	200 m (656 pies)	260 m (820 pies)	100 m (328 pies)
500 Kbit/s	75 m (246 pies)	100 m (328 pies)	100 m (328 pies)

**Fuente: [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)**

En la mayoría de los casos el recorrido máximo debe ser igual a la distancia entre las resistencias de terminación.

Determinar la longitud acumulativa de la línea de derivación: La longitud acumulativa de la línea de derivación se refiere a la suma de todas las líneas de derivación, cable grueso o delgado, del sistema de cables. Esta suma no puede

superar la longitud acumulativa máxima que se determina en función de la velocidad de transmisión de datos (Ver tabla 11).

**Tabla 11: Longitud del cable en función de la velocidad de transmisión de datos para DeviceNet**

Velocidad de transmisión de datos	Longitud acumulativa de la línea de derivación
125 Kbit/s	156 m (512 pies)
250 Kbit/s	78 m (256 pies)
500 Kbit/s	39 m (128 pies)

**Fuente: [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)**

Información sobre la conexión directa: Conectar los dispositivos directamente a la línea troncal sólo si después es posible retirar los dispositivos sin que las comunicaciones del sistema de cable resulten afectadas

Usar conectores: Los conectores conectan cables a dispositivos y otros componentes del sistema de cables DeviceNet.

Las conexiones instalables en el campo se realizan con conectores sellados o abiertos (Ver tabla 12).

**Tabla 12: Tipos de Conectores para DeviceNet**

Conector	Descripción
Sellado	Tipo Mini: se conecta a tomas y a cable grueso y Delgado Tipo Micro: Se conecta únicamente a cable delgado-tiene una capacidad nominal d corriente reducida.

Abierto	<p>Enchufable: los conductores del cable se conectan a un conector extraíble</p> <p>Fijo: los conductores del cable se conectan directamente a terminales de tornillo no extraíbles (o equivalentes) en el dispositivo.</p>
---------	---

**Fuente: [www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)**

### **7.5.2 Efectuar terminaciones de red**

La resistencia de terminación reduce las reflexiones de las señales de comunicación en la red. Elija la resistencia en función del tipo de cable (redondo o plano) y del conector (abierto o sellado) que se vaya a utilizar.

Para cable redondo:

- La resistencia puede sellarse cuando el nodo terminal utiliza una toma T-port sellada.
- La resistencia puede dejarse abierta cuando el nodo terminal utiliza una toma de tipo abierto.

Para cable plano:

- La resistencia es una cubierta encajable para el conector base KwikLink, disponible en versiones selladas y sin sellar.

### **7.5.3 Suministro de Alimentación**

El sistema de cables requiere que el tiempo de elevación de la fuente de alimentación sea inferior a 250 milisegundos hasta el 5 % de su voltaje de salida nominal. Deberá verificar lo siguiente:

- La fuente de alimentación tiene su propia protección limitadora de corriente.
- Cada segmento del sistema de cables dispone de protección por fusible
  - ❖ Cualquier sección que salga de la fuente de alimentación debe disponer de protección.
- La fuente de alimentación está dimensionada correctamente para proporcionar a cada dispositivo la alimentación necesaria.
- Reducir el régimen de alimentación según la temperatura utilizando las normas del fabricante.

Elegir una fuente de alimentación: El conjunto de todos los siguientes factores, no debe superar en 3.25 % los 24 V nominales necesarios para un sistema de cables DeviceNet.

- Selección inicial de fuente de alimentación – 1.00 %
- Regulación de línea – 0.30 %
- Deriva de temperatura – 0.60 % (total)
- Deriva de tiempo – 1.05 %
- Regulación de carga – 0.30 %

Utilice una fuente de alimentación con protección de límite de corriente según las normas nacionales. Si se utiliza una sola fuente de alimentación, se añaden los requisitos de corriente de todos los dispositivos que consumen corriente en la red.

Esta es la capacidad nominal mínima indicada en la placa del fabricante que debe tener la fuente de alimentación. Se recomienda utilizar la fuente de alimentación de corriente continua de 24 V Allen-Bradley (1787-DNPS) para cumplir las especificaciones de la fuente de alimentación Open DeviceNet Vendor Association (ODVA).

Colocar la fuente de alimentación eléctrica: Las redes DeviceNet con líneas troncales largas o con dispositivos que consumen gran cantidad de corriente a grandes distancias experimentan en ocasiones dificultades con el voltaje del terminal común.

Para resolver estas dificultades, se añade una fuente de alimentación adicional o se acerca una fuente de alimentación existente a las cargas de corriente mayores.

**Conectar la fuente de alimentación eléctrica:** Para suministrar alimentación se debe instalar y conectar a tierra las fuentes de alimentación, mediante los siguientes pasos:

1. Se monta la fuente de alimentación eléctrica bien segura y se provee una ventilación apropiada, conexión a la fuente de alimentación CA y protección contra las condiciones ambientales, según las especificaciones de la fuente de alimentación eléctrica.
2. Se conecta la fuente de alimentación eléctrica usando:
  - Un cable que tenga un par de conductores de calibre 12 AWG o su equivalente o dos pares de conductores de calibre 15 AWG.
  - Una longitud de cable máxima de 3 m (10 pies) a la toma de alimentación eléctrica.
  - Las recomendaciones del fabricante para conectar el cable a la fuente de alimentación eléctrica.

#### **7.5.4 Conectar la Red a Tierra**

Se debe conectar a tierra la red DeviceNet en un solo punto, siguiendo las normas que se describen a continuación:

- Conecte el blindaje y el cable de tierra de la red a una toma de tierra mediante un cable de cobre de 25 mm (1 pulg.) o un cable #8 AWG de hasta 3 m (10 pies) de longitud máxima.
- Utilice la misma toma de tierra para el conductor V– del sistema de cables y para la toma a tierra del chasis de la fuente de alimentación.

### **7.5.5 Usar La Lista de Comprobación**

Utilice esta lista al instalar la red DeviceNet. Deberá completar esta lista de comprobación antes de aplicar alimentación eléctrica a la red.

- El consumo total de corriente de los dispositivos de la red no supera el límite de corriente de la fuente de alimentación.
- El descenso del voltaje del terminal común no supera el límite.
- El número de nodos de DeviceNet no supera los 64 en una red. El límite práctico de nodos DeviceNet puede ascender a 61 dispositivos, puesto que debe dejarse un nodo para el escáner, uno para el módulo de interface del ordenador y un nodo abierto en el nodo 63.\*
- No existe una sola derivación mayor que 6 m (20 pies).
- La provisión de la línea de derivación acumulativa no supera el límite de la velocidad en baudios de la red.
- La longitud troncal total de la red no supera el máximo que permite la velocidad de transmisión de datos de dicha red.
- Las resistencias de terminación se hallan en cada extremo de la línea troncal.
- Conexión a tierra en un solo punto, preferiblemente en el centro de la red
  - ❖ V– para medio plano.
  - ❖ V– de tierra y blindaje para medio redondo.
- Todas las conexiones se han revisado para ver si hay cables o tuercas de acoplamiento sueltos.

- Comprobar si hay circuitos abiertos o cortocircuitos.
- Comprobar si las resistencias de terminación son apropiadas.
- Tanto el controlador programable como el módulo del escáner de DeviceNet se encuentran en modo de marcha.

## **8. ETHERNET/IP**

### **8.1 INTRODUCCIÓN**

EtherNet/IP (“Ethernet™ Industrial Protocol”) fue diseñado por el centro de investigación de Xerox en Palo Alto (California) en los años setenta, principalmente como tecnología de red de área local (LAN) para entornos de oficina. En 1979, Digital Equipment Corporation e Intel establecieron una alianza con Xerox para promocionar esta red, y en 1980 publicaron la primera especificación de Ethernet.

La propiedad de la especificación de Ethernet fue transferida al Institute for Electrical and Electronic Engineers (IEEE), que la aprobó y la publicó como estándar IEEE 802.3 en 1983.

Ethernet/IP es una solución abierta estándar para la interconexión de redes industriales que aprovecha los medios físicos y los chips de comunicaciones comerciales Ethernet.

Ethernet/IP ha sido diseñada para satisfacer la gran demanda de aplicaciones de control compatibles con EtherNet. Ethernet/IP ofrece interoperabilidad entre productos de diferentes fabricantes. Hoy en día, EtherNet / IP es más comúnmente utilizado en los entornos de automatización industrial como; plantas de tratamiento de agua, instalaciones de fabricación, servicios públicos.

EtherNet / IP es un protocolo de capa de aplicación y considera todos los dispositivos de la red como una serie de "objetos", se basa en el ampliamente utilizado CIP (Protocolo Común Industrial), que hace que el acceso a los objetos sea transparente.



## 8.2 CAPA FÍSICA

### 8.2.1 Elementos de Red

**Encaminadores:** Los encaminadores (Ver figura 52) sirven principalmente como una conexión a Internet. Interconecta todas las redes de una empresa

**Figura 52: Encaminadores para Ethernet/IP**



Fuente: <http://literature.rockwellautomation.com>

**Puentes:** Un puente (Ver figura 53) es un dispositivo que conecta dos segmentos de red. Los segmentos pueden ser de tipos similares o diferentes.

**Figura 53: Puentes para Ethernet/IP**



Fuente: <http://literature.rockwellautomation.com>

**Conectores:** Un conector es un dispositivo de conexión central en una red que une líneas de comunicación en una configuración de estrella (ver figura 54). Los conectores desempeñan un papel importante en el rendimiento asociado con el sellado y vibración. Se seleccionó la tecnología del conector RJ45 para EtherNet/IP porque ya es aceptada como estándar.

**Figura 54: Conectores para Ethernet/IP**



**Fuente:** <http://literature.rockwellautomation.com>

**Interruptores Ethernet:** Los interruptores son básicamente puentes multipuertos que pueden transferir simultáneamente marcos entre parejas de puertos a plena velocidad del cable.

**Segmentos:** Un segmento es una sección de una red de área local (LAN) usada por un grupo de trabajo o departamento particular y separado del resto de la LAN por un puente, encaminador o interruptor.

### 8.2.2 Cables

El medio de transmisión utilizado por Ethernet/IP son:

- Eléctrico: Cable coaxial, Par trenzado Industrial.
- Óptico: Fibra óptica.

Características:

- Separación de potencial.

- Inmune a interferencias electromagnéticas.
- Seguro ante escuchas.
- Grandes distancias (Multimodo: 4,5 km; Monomodo: 42 Km.)

Tabla 13: Características de cables para Ethernet/IP

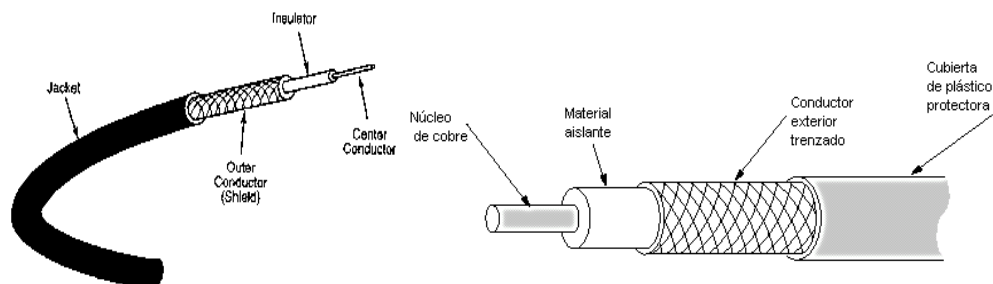
CARACTERISTICA	IEEE 802.3 VALORES				
	10BASE5	10BASE2	10BASET	100BASET	10BASEFL
VELOCIDAD DE DATOS(MBPS)	10 Banda base	10 Banda base	10 Banda base	100 Banda base	10 Banda base
LONGITUD MAXIMA(M)	500	200	100	100	2000
MEDIA	Coaxial grueso	Coaxial delgado	Par trenzado	Sin blindaje de cable par trenzado	Fibraóptica
TOPOLOGIA	Bus	Bus	Estrella	Bus	Punto a punto

Fuente: <http://literature.rockwellautomation.com>

Figura 55: Tipos de cable para Ethernet/IP

CABLE 10-BASE

210BASE5



Fuente: <http://literature.rockwellautomation.com>

## 8.3 CAPA DE ENLACE

### 8.3.1 Topología de Red

Una red EtherNet/IP utiliza una topología de estrella activa (Ver figura 56) en la que los grupos de dispositivos están conectados punto a punto con un conmutador. Cuando se aplica a una red basada en la topología estrella el concentrador central reenvía todas las transmisiones recibidas de cualquier nodo periférico a todos los nodos periféricos de la red, algunas veces incluso al nodo que lo envió.

Todos los nodos periféricos se pueden comunicar con los demás transmitiendo o recibiendo del nodo central solamente. Un fallo en la línea de conexión de cualquier nodo con el nodo central provocaría el aislamiento de ese nodo respecto a los demás, pero el resto de sistemas permanecería intacto.

La ventaja de una topología en estrella radica en la compatibilidad con productos de 10 y 100 Mbps, la topología de estrella le ofrece conexiones fáciles de cablear, o en las que resulta fácil detectar fallos y llevar a cabo tareas de mantenimiento. La desventaja radica en la carga que recae sobre el nodo central.

**Figura 56: Topología en Estrella para Ethernet/IP**



Fuente: <http://literature.rockwellautomation.com>

### 8.3.2 Acceso al Medio

El estándar Ethernet/IP trabajaba con CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones) como método de Acceso al medio.

- **Detección de portadora:** Es utilizada para escuchar al medio, si esta libre, los datos son pasados a la capa física para su transmisión. Si la portadora está ocupada, se monitorea hasta que se libere.
- **Detección de colisiones:** Luego de comenzar la transmisión, continúa el monitoreo del medio de transmisión. Cuando dos señales colisionan, las estaciones afectadas detienen su transmisión y envían una señal de expansión. Esta señal asegura que todas las demás estaciones de la red se enteren de que ha ocurrido una colisión.

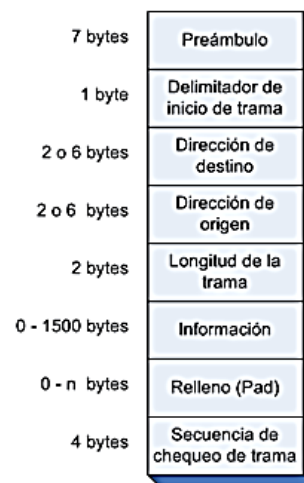
### 8.3.3 Formato de Trama

Los componentes de la trama(ver figura 57) son responsables de las siguientes tareas:

- El preámbulo es responsable de proveer sincronización entre los dispositivos emisor y receptor.
- El delimitador de inicio de trama indica el comienzo de una trama de datos, y está formado de la siguiente secuencia de 8 bits, 10101011.
- Cada campo de dirección, dirección de origen y dirección de destino, puede tener una longitud tanto de 2 bytes como de 6 bytes. Ambas direcciones, origen y destino, deben tener la misma longitud en todos los dispositivos de una red dada.
- El campo dirección de destino especifica la estación o estaciones a las cuales están dirigidos los datos.
- La dirección de origen identifica a la estación que está haciendo la transmisión.

- El campo longitud indica la longitud del campo de datos que se encuentra a continuación.
- El campo información contiene realmente los datos transmitidos. Es de longitud variable, por lo que puede tener cualquier longitud entre 0 y 1500 bytes.
- Un campo pad o campo de relleno es usado para asegurar que la trama alcance la longitud mínima requerida, para que las estaciones puedan detectar las colisiones con precisión.
- Una secuencia de chequeo de trama es utilizada como mecanismo de control de errores.
- Este mecanismo de control de errores funciona de la siguiente forma: Cuando el dispositivo emisor ensambla la trama, realiza un cálculo en los bits de la trama, este cálculo siempre genera como salida un valor de 4 bytes. El dispositivo emisor almacena este valor en el campo de chequeo, cuando el receptor recibe la trama, realiza el mismo cálculo y compara el resultado con el del campo de chequeo. Si los dos valores coinciden, la transmisión se asume como correcta. Si los dos valores son diferentes, el dispositivo de destino solicita una retransmisión de la trama.

**Figura 57: Formato de Trama para Ethernet/IP**



Fuente: <http://literature.rockwellautomation.com>

## **8.4 APLICACIONES**

- Procesamiento de alimentos.
- Aplicaciones de alta velocidad que requieren un alto rendimiento, distribución a través de grandes distancias geográficas, y el rendimiento en tiempo real.
- Ethernet/IP es un protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial.
- Aplicaciones de redes de célula y de gestión.

## **8.5 COMISIONAMIENTO**

En la mayoría de las implementaciones de EtherNet/IP se siguen estos pasos:

- Encender y definir la aplicación y las necesidades de los usuarios y determinar el nivel de capacidad EtherNet/IP que se necesita.
- Tipos de servicios de comunicación, tipos de dispositivo y consideraciones adicionales de los dispositivos.
- Seleccionar un método de implementación –construir o comprar, hardware o software.
- Desarrollar la aplicación de EtherNet/IP.
- Pruebas de implementación.

### **8.5.1 Entender y definir la aplicación y las necesidades de los usuarios**

El punto de partida para cualquier esfuerzo de desarrollo exitoso de EtherNet/IP es entender la solicitud y los requisitos del cliente. Se puede crear un dispositivo simple o uno complejo, estos dispositivos tienen diferentes niveles de capacidad de comunicación, el nivel de capacidad determina los requisitos adecuados de aplicación.

### **8.5.2 Tipos de servicios de comunicación, Tipos de dispositivos y Consideraciones adicionales de los dispositivos**

Para saber qué tipo de dispositivo y qué tipo de comunicación se necesita, en primer lugar, debe tener en cuenta que todos los dispositivos EtherNet/IP deben tener un mínimo de capacidad de servidor explícito, con el fin de poder responder a la identificación de dispositivos y a la configuración de las solicitudes. Debe considerar también los otros dispositivos con los va a comunicarse, y en qué tipo de comunicación debe apoyarse.

#### **Tipos de comunicaciones EtherNet / IP**

EtherNet / IP define dos tipos principales de comunicación: explícitos e implícitos, estos son:

- **Mensajes explícitos:** Tiene naturaleza de petición/respuesta (o cliente/servidor). Este tipo de comunicación se utiliza en tiempo no real, normalmente para obtener información. Los mensajes explícitos incluyen una descripción de su significado (expresado de forma explícita), por lo que la transmisión es menos eficiente, pero muy flexible.
- **Mensajería implícita:** También es a menudo referido como "E/S" y la naturaleza del tiempo es crítico. Por lo general este tipo de comunicación se utiliza para datos en tiempo real, donde la velocidad es importante. Mensajes implícitos dan muy poca información acerca de su significado, por lo que la transmisión es más eficiente, pero menos flexible.

#### **Tipos de dispositivos EtherNet /IP**

Existen varias clasificaciones de dispositivos, en función de su comportamiento general y los tipos de comunicaciones EtherNet/IP que soportan:

- **Servidor de mensajes explícitos:** Responde a la petición/respuesta de comunicación orientada, iniciado por los clientes de mensajes explícitos.



- **Ciente de mensajes explícitos:** Un cliente de mensajería explícita inicia petición/respuesta de comunicación orientada con otros dispositivos. Los cargos por mensajes no suelen ser demasiado exigente.
- **Adaptador E/S:** Recibe las solicitudes de conexión de comunicación implícita de un escáner de E/S y se produce un E/S de datos a la velocidad requerida.
- **Escáner E/S:** Inicia la comunicación implícita, con los dispositivos de E/S del adaptador. Un escáner suele ser el tipo de dispositivo más complejo de EtherNet/IP, ya que debe lidiar con cuestiones tales como la configuración de las conexiones y cómo configurar el dispositivo adaptador.

### **Consideraciones adicionales de los dispositivos**

Más allá del núcleo de capacidad de comunicación de Ethernet/IP, se deben tener en cuenta varias características adicionales para su implementación:

- **Capa física Ethernet:** La especificación de Ethernet/IP define los requisitos para un diseño de la capa física de grado industrial. La especificación define los requerimientos ambientales, cables, conectores, y otros factores.
- **Topología lineal:** Algunos usuarios quieren una topología alternativa a la tradicional estrella de Ethernet conmutada. Una topología lineal tiene ventajas para ciertas aplicaciones. Algunos usuarios también pueden tener una preferencia por la tradicional topología de bus de campo, simplificando el cableado de red y eliminando el costo de los interruptores.
- **Indicadores de diagnóstico:** Los indicadores de diagnóstico son una buena herramienta para solucionar problemas de aplicación, y debe considerarse siempre que sea posible.
- **Rendimiento:** El buen desempeño, en relación con la aplicación, es una característica de una buena implementación. El rendimiento depende de varios factores, incluyendo la velocidad del procesador y la eficiencia de su ejecución.

### **8.5.3 Selección de un método de implementación – Construir ó comprar, hardware o software**

Hay varias formas de implementar EtherNet/IP; ya sea software o hardware, desarrollar uno propio, o comprar todo o parte de una implementación.

Un buen punto de partida es determinar cuál de estos es el más adecuado, las razones y requisitos específicos para la aplicación de Ethernet/IP. Además se deben tener en cuenta los antecedentes y la experiencia en varias áreas que pueden ser relevantes para el proyecto:

- Desarrollo de hardware.
- Comunicaciones Ethernet.
- Protocolo TCP/IP.
- Desarrollo de los dispositivos integrados.
- Conocimiento CIP y EtherNet/IP.

Lo que se necesita saber acerca de Ethernet/IP depende de qué tipo de desarrollos se están llevando a cabo.

### **8.5.4 Desarrollar la aplicación de Ethernet/IP**

Después de determinar las necesidades de aplicación, seleccionar un método de implementación, y saber lo que usted necesita saber acerca de EtherNet / IP:

- **Seleccione un perfil de dispositivo:** Los perfiles definen los objetos necesarios y formatos de comunicación en los dispositivos. Se debe seleccionar un perfil adecuado para el tipo de dispositivo que se va a utilizar.
- **Seleccione un dispositivo de identidad:** Se necesita la información del dispositivo de identidad para las herramientas de configuración de Ethernet / IP.

- **Interoperabilidad con otros dispositivos:** Debe entender las capacidades y los puntos de la interoperabilidad con otros dispositivos o aplicaciones con las que debe comunicarse.
- **Definir los datos de aplicación:** Un paso importante en el proceso de desarrollo es la definición de los datos de aplicación. Qué datos deben ser intercambiados con los compañeros de comunicación.

### 8.5.5 Pruebas de implementación

- **Pruebas internas:** Debe probar su implementación en los sistemas y los escenarios que son relevantes para la aplicación. Si es posible debe probar la interoperabilidad con los equipos y software que los usuarios van a utilizar. Considere la posibilidad de realizar pruebas como, la del cable de red desconectado y la operación con carga en la red, ya que los problemas se encuentran a menudo en estos escenarios.
- **Pruebas de conformidad:** Es obligatoria de acuerdo con los Términos de Contrato de uso de ODVA. Los vendedores están obligados a mantener la conformidad y corregir cualquier falta de conformidad cuando se produzcan. Las pruebas son realizadas a un proveedor de prueba ODVA autorizado de servicio.
- **Prueba de Interoperabilidad:** Las pruebas de interoperabilidad también incluye las pruebas de seguridad.
- **Pruebas de rendimiento:** ODVA ofrece pruebas de rendimiento del dispositivo. Se recomienda realizar pruebas de rendimiento durante el ciclo de desarrollo del producto.

## 9. CONCLUSIONES

- El Protocolo HART permite la comunicación digital bidireccional con instrumentos inteligentes sin perturbar la señal analógica de 4-20mA, es de fácil implementación sobre los sistemas de control existentes y está diseñado para funcionar con voltajes de hasta 45VDC.
- El bus de campo AS-i es un sistema de transmisión de datos y órdenes estándar para sensores y accionamientos. Para su comisionamiento se utiliza un modulo de Protección que incluye la detección de defecto de tierra y la protección contra sobretensiones.
- CAN es el protocolo de comunicación serial entre controladores en la industria automotriz. Es un enlace de comunicación de datos de alta velocidad; es 500Kbps a 1 Mbps veces más rápido, esta alta velocidad le ofrece capacidades excelentes en la detección de fallas.
- Profibus es una red abierta y estándar, con una amplia gama de componentes y sistemas en el mercado red. Ofrece un alto nivel de seguridad de datos, flexibilidad, protección de personas y máquinas, transmite pequeñas cantidades de datos, cubre necesidades de tiempo real. Es de fácil configuración, ya que su proceso de comisionamiento se divide en ocho pasos: Inspección visual, Mediciones de aceptación, Configuración del sistema, Verificar la configuración de la dirección de las estaciones Profibus, Puesta en marcha estaciones Profibus, Prueba de las entradas de señal, Prueba de las salidas de señal y Crear lista de aceptación.
- Foundation Fieldbus es un bus de campo único y abierto, diseñado especialmente para entornos peligrosos. Es un sistema de comunicación digital, serial, y bidireccional, está diseñado para soportar aplicaciones críticas donde el tiempo, la transferencia de datos y el manejo de gran cantidad de información son esenciales. Para su comisionamiento se utiliza

un software que ayuda a configurar todo el sistema y ponerlo en marcha de forma correcta.

- Profinet permite sin problemas la realización de la automatización distribuida, integración de dispositivos de campo existente y operación, aplicaciones de tiempo crítico (control de movimiento). Para su comisionamiento se realiza primero la instalación de la red, Luego el enfoque de los componentes, la topología de red, la clase de medio ambiente donde se va a realizar la instalación y por último se optimiza la red.
- DeviceNet es un protocolo de comunicación usado en la industria de la automatización para interconectar dispositivos de control para intercambio de datos y para el control en tiempo real de dispositivos en los primeros niveles de automatización, es una red de aplicación internacional. Para su comisionamiento se recomienda seguir los siguientes pasos: entender los medios físicos, efectuar terminaciones en la red, suministrar alimentación, conectar la red a tierra y por ultimo usar la lista de comprobación.

## 10. ANEXOS

Tabla 14: Características principales de los buses de campo tratados en la monografía

	Hart	As-i	Can	Profinet	DeviceNet	Ethernet/IP	Profibus	Foundation Fieldbus
<b>Topología</b>	Punto a punto y Multipunto	Árbol, lineal, estrella	Lineal con derivaciones	Lineal, estrella, árbol y anillo	Bus con derivación	Bus, estrella, punto a punto	Lineal y árbol	Estrella, línea troncal, bus
<b>Medio de transmisión</b>	Par trenzado con blindaje, Par trenzado con pantalla única	Cable redondo estándar	Par trenzado con blindaje	Fibra óptica, par trenzado de cobre apantallado	Par trenzado, fibra óptica	Par trenzado sin blindaje, cable coaxial delgado y grueso, fibra óptica	cable de cobre de par trenzado apantallado, fibra óptica	Par trenzado, multipar pantallado y sin pantallar
<b>Longitud</b>	≤2800 m	≤100 m	≤1000m	≤100m	≤ 100m	≤ 2000m	≤100m	≤ 1900m
<b>Numero de estaciones</b>	17	32	64	32	64	32	32	16
<b>Velocidad</b>	≤1200bit/s	≤167kbit/s	≤1Mbit/s	≤100Mbit/s	≤500kbit/s	≤1000Mbit/s	≤12Mbit/s	≤31,25kbit/s
<b>Aplicaciones</b>	Monitoreo de equipos y procesos, Control de circuito cerrado	Industria de los plásticos	Diseño para su aplicación en vehículos, control de plantas industriales	Industria Automotriz, funciones de seguridad	Procesamiento de alimentos, Líneas de transferencia del automóvil, las líneas de montaje	Procesamiento de alimentos	Automatización de factorías, Automatización de procesos	Convertidores de señales, procesamiento de gas natural
<b>Comisionamiento</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seguridad Intrínseca.</li> <li>2. Host y Terminal portátil.</li> <li>3. Protección contra sobretensiones.</li> <li>4. Dispositivo de puesta en marcha.</li> <li>5. Dispositivo de verificación.</li> <li>6. Bucle de control de integridad.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Detención del defecto a tierra.</li> <li>2. Protección contra sobretensiones.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Control de la continuidad.</li> <li>2. Herramientas para la puesta en marcha.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalación de la red.</li> <li>2. Enfoque de componentes Profinet.</li> <li>3. Topologías de red.</li> <li>4. Clases De Medio Ambiente.</li> <li>5. Instalación Profinet.</li> <li>6. Optimizar Profinet.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entender los medios físicos.</li> <li>2. Efectuar terminaciones en la red.</li> <li>3. Suministrar alimentación.</li> <li>4. Conectar la red a tierra.</li> <li>5. Usar la lista de comprobación.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Encender y definir la aplicación y las necesidades de los usuarios.</li> <li>2. Tipos de servicios de comunicación, tipos de dispositivo.</li> <li>3. Seleccionar un método de implementación –construir o comprar, hardware o software.</li> <li>4. Desarrollar la aplicación de EtherNet/IP.</li> <li>5. Pruebas de implementación.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspección visual.</li> <li>2. Las mediciones de aceptación.</li> <li>3. Configuración del sistema.</li> <li>4. Verificar la configuración de la dirección de las estaciones Profibus.</li> <li>5. La puesta en marcha de las estaciones Profibus.</li> <li>6. Prueba de las señales de entradas.</li> <li>7. Prueba de las señales de salidas.</li> <li>8. Crear lista de aceptación.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Chequeo de los cables.</li> <li>2. Cable de conexiones (Junction Box).</li> <li>3. Banco de pruebas.</li> <li>4. Calibración.</li> <li>5. Campo de Instalación.</li> <li>6. Comprobación del Bucle.</li> </ol>

## 11. BIBLIOGRAFIA

- VERHAPPEN, IVAN Y PEREIRA, AUGUSTO. Foundation Fieldbus. Estados Unidos: ISA, 2009. Monografía (Descripción de características e instalación de buses de campo). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- PIEDRAFITA, RAMÓN. Ingeniería de La Automatización Industrial. México D.F: Alfaomega Ra-ma, 2001. Monografía (Descripción de características e instalación de buses de campo). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- CARO, DICK. Automation Network Selection. Estados Unidos: ISA, 2004. Monografía (Descripción de características e instalación de buses de campo). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- LOUNSBURY, ROBERT. Industrial ethernet on the plant floor: a planning and installation guide. Carolina del Norte: ISA,, 2008. Monografía (Descripción de características e instalación de buses de campo). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- THOMPSON, LAWRENCE. Industrial data communications. New York: ISA, 2008. Monografía (Descripción de características e instalación de buses de campo). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- BERGE, JONAS. Fieldbuses for process control: engineering, operation and maintenance. New York: ISA, 2004. Monografía (Descripción de características e instalación de buses de campo). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.