

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**ESTUDIO DEL BUS DE CAMPO
PROFIBUS-PA**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

NEIL ANTONIO ALIAGA FALCÓN

**PROMOCIÓN
2000 - II**

**LIMA – PERÚ
2006**

**ESTUDIO DEL BUS DE CAMPO
PROFIBUS-PA**

*A mis padres y hermanas
por el apoyo brindado*

SUMARIO

El presente trabajo presenta un estudio completo del protocolo PROFIBUS-PA, un bus de instrumentos para Automatización de Procesos en industrias químicas y petroquímicas, papeleras y mineras y en toda ingeniería de procesos.

Se inicia con una breve definición lo que es un bus de campo: características y ventajas, explicación del modo de protección por seguridad intrínseca, clasificación de ambientes explosivos por zonas y grupos; seguido de un estudio del bus PROFIBUS del cual forma parte PROFIBUS-PA para finalmente abarcar en detalle las características y la arquitectura de protocolos de este tipo de bus. Asimismo su implementación en aplicaciones de seguridad intrínseca, por ejemplo en ambientes explosivos.

Por último, se presenta una variedad de productos y soluciones de la empresa Siemens: integración total desde el monitoreo del sensor hasta el nivel de control y dirección gracias al software PDM (Process Device Manager) así como transmisores, válvulas, posicionadores, analizadores de gases y otros.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

BUSES DE CAMPO

1.1	Introducción	3
1.2	Ventajas de los buses de campo	3
1.3	Buses de campo existentes	5
1.3.1	Buses de alta velocidad y baja funcionalidad	5
1.3.2	Buses de alta velocidad y funcionalidad media	5
1.3.3	Buses de altas prestaciones	6
1.3.4	Buses para áreas de seguridad intrínseca	7
1.4	Definición de seguridad intrínseca (“i”)	7
1.4.1	La norma EN 50020	8
1.4.2	Dispositivos de alimentación eléctrica	10

CAPÍTULO II

PROFIBUS

2.1	Introducción	12
2.2	Historia	12
2.3	Situación actual	13
2.4	Características de PROFIBUS	14
2.5	Variantes PROFIBUS	14
2.5.1	PROFIBUS-FMS (Field Message Specification)	15
2.5.2	PROFIBUS-DP (Decentralized Periphery)	15
2.5.3	PROFIBUS-PA (Process Automation)	16

CAPÍTULO III

PROFIBUS-PA

3.1	Introducción	18
3.2	Características de PROFIBUS-PA	18

3.3	Aplicaciones de PROFIBUS-PA	19
3.4	Especificaciones ISP	21
3.5	Certificación de Dispositivos	22
3.6	Componentes de una red típica PROFIBUS-DP/PA	23
3.6.1	El maestro clase 1 (DPM1)	23
3.6.2	Los maestros clase 2 (DPM2)	24
3.6.3	Los esclavos	24

CAPÍTULO IV

ARQUITECTURA PROFIBUS-PA

4.1	Introducción	26
4.2	Capa Física	28
4.2.1	Acoplador de segmentos	29
4.2.2	Seguridad intrínseca y alimentación de energía en el bus	30
4.2.3	Técnica de transmisión IEC 61158-2	31
4.2.4	Conexión de dispositivos y terminación de bus	35
4.2.5	Topología de red de un sistema PROFIBUS	36
4.3	Capa de Enlace	38
4.3.1	Estructura de los mensajes	39
4.3.2	Formato de los mensajes	41
4.3.3	Direccionamiento y Control de acceso al bus	43
4.3.4	Servicios de comunicación de la capa 2	45

CAPÍTULO V

INTERFAZ DE USUARIO

5.1	Introducción	56
5.2	DDL M e Interfaz de Usuario	56
5.3	Archivos GSD	58
5.3.1	Especificaciones generales	58
5.3.2	Especificaciones relacionadas con el maestro	58
5.3.3	Especificaciones relacionadas con el esclavo	59
5.4	EDD (Electronic Device Description)	60
5.5	Concepto de FDT	60
5.6	Perfiles de dispositivos	61
5.6.1	Clasificación de parámetros	62

5.6.2	Modelo de bloques de funciones	63
5.6.3	Perfiles A y B	65
5.7	Secuencia de comunicación y mecanismos de protección de error	67
5.8	Número de Identificación	68

CAPÍTULO VI

SOLUCIÓN SIMATIC PCS 7 DE SIEMENS

6.1	Ventajas de la automatización con PROFIBUS-PA	70
6.2	PROFIBUS-PA en el entorno SIMATIC PCS 7	70
6.3	SIMATIC PDM (Process Device Manager)	72
6.3.1	Interfaz de usuario	74
6.3.2	Enrutamiento	75
6.3.3	Comunicación	76
6.4	Diagnósticos con PROFIBUS-PA y SIMATIC PCS 7	77
6.4.1	Información de estado desde dispositivos PROFIBUS-PA	77
6.4.2	Compresión de información usando bloques de función SIMATIC PCS 7 estándar	78
6.4.3	Bloques de diagnóstico PCS 7 para dispositivos de campo Siemens	78
6.5	Acoplador DP/PA y DP/PA Link	79
6.5.1	DP/PA Link	79
6.6	Dispositivos de campo inteligentes compatibles con PROFIBUS-PA	81
6.6.1	Dispositivos de proceso	81
6.6.2	Analizadores	85
6.6.3	Sistemas de pesado	86
6.6.4	Instrumentos de Panel	87
6.6.5	Drivers	87
	CONCLUSIONES	89
	BIBLIOGRAFÍA	91

El capítulo II abarca una descripción breve de la familia PROFIBUS de la cual forma parte PROFIBUS-PA: inicios, situación actual, características y sus otras variantes: PROFIBUS-DP, -FMS.

En el capítulo III se define el bus en estudio, se describe sus características y aplicaciones, las especificaciones bajo las cuales se rige, el proceso de certificación de los dispositivos usados en este tipo de bus, asimismo, se define los términos maestro y esclavo.

En el capítulo IV se estudia la arquitectura de protocolos de PROFIBUS-PA, la capa física y la capa de enlace. En la capa física se describe el medio de transmisión usado según la norma IEC 61158-2 y las topologías de red existentes. En la capa de enlace se define la estructura de los mensajes de comunicación, los servicios y el modo de direccionamiento para los dispositivos del bus.

El capítulo V es sobre la interfaz de usuario en PROFIBUS: los archivos de configuración de dispositivos GSD, los perfiles usados para PROFIBUS-PA y mecanismos para protección de errores.

Finalmente el capítulo VI muestra una solución de la empresa Siemens para automatización con PROFIBUS-PA, se muestra la solución SIMATIC PCS 7 además de dispositivos de proceso inteligentes, analizadores, sistemas de pesado, instrumentos de panel y drivers.

CAPÍTULO I

BUSES DE CAMPO

1.1. Introducción

Un bus de campo es un término genérico que describe un conjunto de redes de comunicación para uso industrial, cuyo objetivo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20 mA. Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores y sensores. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de autodiagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.

El objetivo es reemplazar los sistemas de control centralizados por redes para control distribuido con las que mejorar la calidad del producto, reducir costos y mejorar la eficiencia. Para ello se basa en que la información que envían y/o reciben los dispositivos de campo es digital, lo que resulta mucho más preciso que si se recurre a métodos analógicos. Además, cada dispositivo de campo es un dispositivo inteligente y puede llevar a cabo funciones propias de control, mantenimiento y diagnóstico. De esta forma, cada nodo de la red puede informar en caso de fallo del dispositivo asociado y en general sobre cualquier anomalía asociada al dispositivo. Este monitoreo permite aumentar la eficiencia del sistema y reducir la cantidad de horas de mantenimiento necesarias.

1.2. Ventajas de los buses de campo

La principal ventaja que ofrecen los buses de campo y la que los hace más atractivos a los usuarios finales, es la **reducción de costos**. El ahorro proviene fundamentalmente de tres fuentes: ahorro en costo de instalación, ahorro en el costo de mantenimiento y ahorros derivados de la mejora del funcionamiento del sistema.

Una de las principales características de los buses de campo es una significativa reducción en el cableado necesario para el control de una instalación. Cada célula de proceso sólo requiere un cable para la conexión de los diversos nodos. Se estima que puede ofrecer una reducción de 5 a 1 en los costos de cableado. En comparación con otros tipos de redes, dispone de herramientas de administración del bus que permiten la reducción del número de horas necesarias para la instalación y puesta en marcha.

El hecho de que los buses de campo sean más sencillos que otras redes de uso industrial como por ejemplo MAP (Protocolo de Fabricación Automatizada), hace que las necesidades de mantenimiento de la red sean menores, de modo que la fiabilidad del sistema a largo plazo aumenta. Además, los buses de campo permiten a los operadores monitorear todos los dispositivos que integran el sistema e interpretar fácilmente las interacciones entre ellos. De esta forma, la detección de las fuentes de problema en la planta y su corrección resulta mucho más sencilla, reduciendo los costos de mantenimiento y el tiempo de parada de la planta.

Los buses de campo ofrecen mayor **flexibilidad** al usuario en el diseño del sistema. Algunos algoritmos y procedimientos de control que con sistemas de comunicación tradicionales debían incluirse en los propios algoritmos de control, radican ahora en los propios dispositivos de campo, simplificando el sistema de control y sus posibles ampliaciones.

También hay que tener en cuenta que las prestaciones del sistema mejoran con el uso de la tecnología de los buses de campo debido a la **simplificación** en la forma de obtener información de la planta desde los distintos sensores. Las mediciones de los distintos elementos de la red están disponibles para todos los demás dispositivos. La simplificación en la obtención de datos permitirá el diseño de sistemas de control más eficientes.

Con la tecnología de los buses de campo, se permite la **comunicación bidireccional** entre los dispositivos de campo y los sistemas de control, pero también entre los propios dispositivos de campo.

Otra ventaja de los buses de campo es que sólo incluyen 4 capas (Física, Enlace, Aplicación y Usuario) y un conjunto de **servicios de administración**. El usuario no tiene que preocuparse de las capas de enlace o de aplicación, sólo necesita saber cual es su funcionalidad. Al usuario sólo se le exige tener un conocimiento mínimo de los servicios de administración de la red, ya que parte de la información generada por dichos servicios puede ser necesaria para la reparación de averías en el sistema. De hecho, prácticamente, el usuario sólo debe preocuparse de la capa física y la capa de usuario.

1.3. Buses de campo existentes

Debido a la falta de estándares, diferentes compañías han desarrollado diferentes soluciones, cada una de ellas con diferentes prestaciones y campo de aplicación. En una primera clasificación podríamos dividirlos en los siguientes grupos:

1.3.1. Buses de alta velocidad y baja funcionalidad

Diseñados para integrar dispositivos simples como finales de carrera, fotocélulas, relés y actuadores simples funcionando en aplicaciones de tiempo real agrupados en una pequeña zona de la planta, típicamente una máquina. Suelen especificar las capas física y de enlace del modelo OSI, es decir, señales físicas y patrones de bits de las tramas. Algunos ejemplos son:

- CAN: Diseñado originalmente para su aplicación en vehículos;
- SDS: Bus para la integración de sensores y actuadores, basado en CAN;
- ASI: Bus serie diseñado por Siemens para la integración de sensores y actuadores.

1.3.2. Buses de alta velocidad y funcionalidad media

Se basan en el diseño de una capa de enlace para el envío eficiente de bloques de datos de tamaño medio. Estos mensajes permiten que el dispositivo tenga mayor funcionalidad de modo que permite incluir aspectos como la configuración, calibración o programación del dispositivo. Son buses capaces de controlar dispositivos de campo complejos, de forma eficiente y a bajo costo. Normalmente incluyen la especificación completa de la capa de aplicación, lo que significa que se dispone de funciones utilizables desde programas basados en PCs para acceder, cambiar y controlar los diversos dispositivos que constituyen

el sistema. Algunos incluyen funciones estándar para distintos tipos de dispositivos (perfiles) que facilitan la interoperabilidad de dispositivos de distintos fabricantes. Algunos ejemplos son:

- DeviceNet: Desarrollado por Allen-Bradley, utiliza como base el bus CAN, e incorpora una capa de aplicación orientada a objetos;
- LONWorks: Red desarrollada por Echelon;
- BitBus: Red desarrollada por INTEL;
- DIN MessBus: Estándar alemán de bus de instrumentación, basado en comunicación RS-232;
- InterBus-S: Bus de campo alemán de uso común en aplicaciones medias.

1.3.3. Buses de altas prestaciones

Son capaces de soportar comunicaciones a nivel de toda la factoría, en muy diversos tipos de aplicaciones. Aunque se basan en buses de alta velocidad, algunos presentan problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exigen. La capa de aplicación oferta un gran número de servicios a la capa de usuario, habitualmente un subconjunto del estándar MMS. Entre sus características incluyen:

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

Algunos ejemplos son:

- PROFIBUS,
- FIP,
- Fieldbus foundation.

1.3.4. Buses para áreas de seguridad intrínseca

Incluyen modificaciones en la capa física para cumplir con los requisitos específicos de seguridad intrínseca en ambientes con atmósferas explosivas. La **seguridad intrínseca** es un tipo de protección por la que el aparato en cuestión no tiene posibilidad de provocar una explosión en la atmósfera circundante. Un circuito eléctrico o una parte de un circuito tienen seguridad intrínseca, cuando alguna chispa o efecto térmico en este circuito producidos en las condiciones de prueba establecidas por un estándar (dentro del cual figuran las condiciones de operación normal y de fallo específicas) no puede ocasionar una ignición. Algunos ejemplos son:

- HART,
- PROFIBUS-PA,
- FIP.

1.4. Definición de seguridad intrínseca (“i”)

Seguridad intrínseca es un modo de protección que se basa en el hecho de que no es posible la inflamación de una atmósfera explosiva sin una energía mínima.

Todo el circuito intrínseco se diseña para que esta energía no esté nunca presente, ni en funcionamiento normal, ni en caso de determinadas anomalías. Esto se logra:

- Limitando la corriente máxima y la tensión en vacío;
- Limitando la acumulación de energía térmica o eléctrica

Contrariamente a los demás modos de protección existentes (d, e, m, n, o, p,q), que se aplican a los componentes unitarios, aquí se trata del conjunto del circuito. En la Figura 1.1 puede observarse un circuito de seguridad intrínseca.

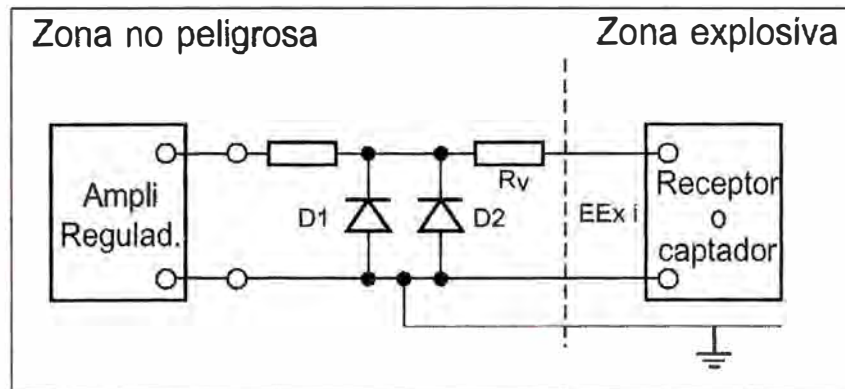


Fig. 1.1 Ejemplo de circuito de seguridad intrínseca

Se admite la posibilidad de que ciertos componentes presenten imperfecciones (fiabilidad). Los componentes de seguridad intrínseca se dividen en “ia” e “ib” según el número de fallos admitidos y su lugar correspondiente en las zonas peligrosas:

“ia” (zonas 0, 1 y 2) 2 fallos = seguridad asegurada

“ib” (zonas 1 y 2) 1 fallo = seguridad asegurada

1.4.1. La norma EN 50020

a) **Grupos de explosión:** IIA, IIB, IIC (ver Tabla 1.1 sobre clasificación de gases por grupos de explosión)

TABLA N° 1.1 Pertenencia de mezclas gaseosas por grupos

Grupos		Gases	Temperatura de inflamación (°C)
I		Metano (grisú)	
II	A	Acetona	540
		Ácido acético	485
		Amoniacó	630
		Etano	515
		Cloruro de metilo	556
		Metano (CH ₄)	595
		Óxido de carbono	605
		Propano	470
		N-butano	365
	N-butil	370	
	Sulfuro de hidrógeno	270	
	N-hexano	240	
	Acetaldehído	140	
	Éter etílico	170	
	Nitrito de etilo	90	
B	Etileno	425	
	Óxido de etileno	429-440	
C	Acetileno (C ₂ H ₂)	305	
	Sulfuro de carbono (CS ₂)	102	
	Hidrógeno (H ₂)	560	

La temperatura de inflamación es la temperatura de una superficie caliente a partir de la cual puede producirse la inflamación de la mezcla gaseosa.

b) Acumuladores de energía: Cuando se abre o se cierra un circuito, las inductancias o las capacitancias pueden liberar una parte de esta energía que se suma al potencial de inflamación ya existente. Entonces, se debe aplicar un coeficiente de seguridad.

c) Componentes: Se distingue entre el material cuyas partes son todas intrínsecas, del material llamado asociado, que incluye a la vez partes intrínsecas y no intrínsecas.

1.4.2. Dispositivos de alimentación eléctrica

a) Barrera

Consiste en limitar la potencia eléctrica disponible en un circuito a valores bien definidos. La tensión se limita con diodos Zener, mientras que la intensidad se limita mediante resistencias (barreras estándar) o con sistemas electrónicos (barreras particulares).

La barrera asegura la separación entre circuitos de seguridad intrínseca y no intrínseca, *sin separación galvánica*. Para que la barrera funcione correctamente es necesario que sea conectada a un potencial de referencia nulo (tierra equipotencial); esto representa una ventaja con respecto a las interfaces (ver debajo), que necesitan tener una masa común. La Figura 1.2 muestra un circuito de seguridad intrínseca por barrera.

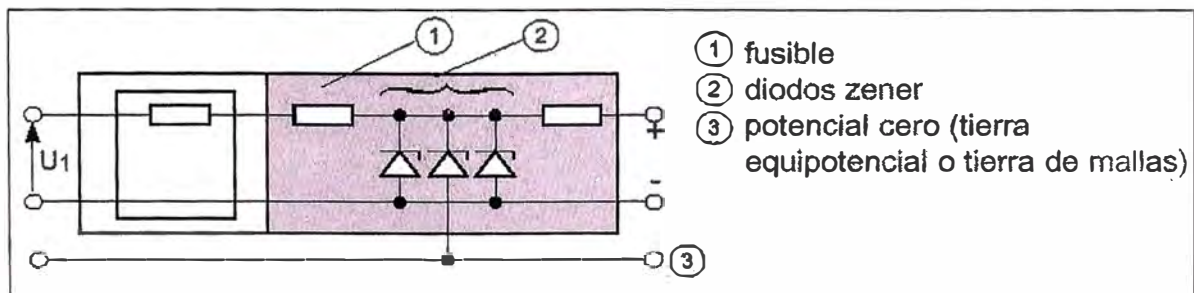


Fig. 1.2 Circuito de seguridad intrínseca por barrera

b) Separación galvánica (interface)

Hay otros circuitos de seguridad intrínseca por *separación galvánica*, adecuados para ciertas aplicaciones:

- Alimentación-transmisores para convertidores de 2 hilos;
- Transmisores
- Convertidores: de temperatura, electroneumáticos I/P o P/I;
- Relés amplificadores;
- Bloques de alimentación por separación galvánica.

La tensión U_2 , aplicada a la entrada de una interfaz, es inferior a la de U_1 de la barrera ($U_2 < U_1$).

La Figura 1.3 muestra un circuito de seguridad intrínseca por separación galvánica.

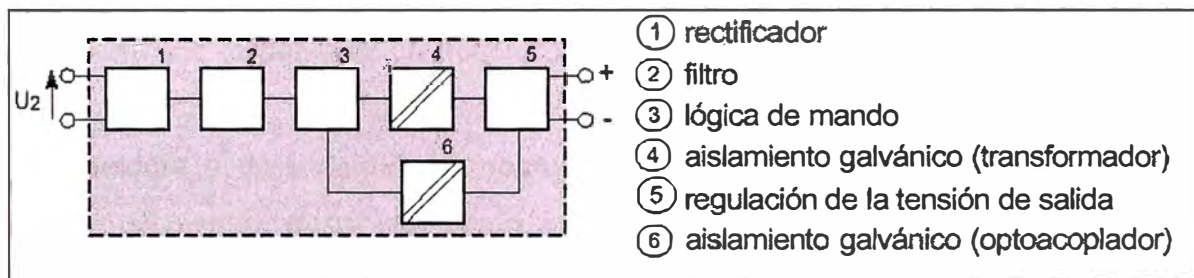


Fig. 1.3 Circuito de seguridad intrínseca por separación galvánica

CAPÍTULO II

PROFIBUS

2.1. Introducción

PROFIBUS es una especificación de bus de campo para una amplia gama de aplicaciones dentro de los campos de fabricación, industria de procesos o automatización de edificios. PROFIBUS puede ser usado tanto en aplicaciones en las que el tiempo de respuesta de las comunicaciones es crítico, como en redes de comunicaciones complejas que involucren un gran número de necesidades de comunicación.

PROFIBUS es un sistema de bus abierto independiente del vendedor, es decir, que dispositivos de diferentes fabricantes se pueden utilizar en la misma red PROFIBUS. Para ello, basta con disponer de un fichero de configuración GSD donde está la información de dicho dispositivo. Esta información es leída por la herramienta de configuración (una computadora o un terminal de programación), para posteriormente transferir todos los datos al elemento maestro que controlará la red (pueden ser varios elementos maestros en el caso de sistemas multimaestro).

2.2. Historia

En el año 1987, las firmas alemanas Bosch, Klöckner Möeller y Siemens iniciaron un proyecto de desarrollo de una arquitectura de comunicaciones industriales que permitiera la interconexión de equipos de distintos fabricantes. Esta fue la base de un grupo de trabajo al que se integraron otras grandes empresas tales como ABB, AEG, Landis & Gir, etc., algunas universidades y organizaciones técnicas estatales, entre ellas la propia VDE y el Ministerio Federal de Investigación Alemán.

Se formaron varios grupos de trabajo en distintas áreas, cuya tarea esencial fue la de desarrollar un sistema abierto de comunicaciones apto para integrar desde los sencillos transductores y elementos de campo, pasando por los autómatas y controles numéricos hasta llegar al nivel de las computadoras para diseño y gestión de la producción.

El primer objetivo fue sólo el diseño de un bus de campo con una estructura abierta y un protocolo compatible que permitiera enlazar con una red adoptada como base en los niveles superiores (MAP), con lo que resultó el proyecto de normas y protocolos que se detallará mas adelante.

A partir del año 1990 se abrió la posibilidad para cualquier usuario o empresa de integrarse en un consorcio denominado PROFIBUS Nutzerorganisation, que a través de diversos comités sigue desarrollando y dando soporte al nivel de aplicación y certificación de productos.

PROFIBUS fue estandarizado en Alemania con la norma DIN 19245. En marzo de 1996, este estándar fue incluido sin modificaciones en el estándar europeo EN 50170 Volumen 2. PROFIBUS-PA es una de las tres variantes de la familia PROFIBUS, las cuales son compatibles entre si. Las especificaciones de PROFIBUS-PA han sido incluidas en el DIN E 19245 Parte 4. Luego el comité de estandarización CENELEC TC 65 CX integró las nuevas especificaciones en el EN 50170 como un apéndice.

2.3. Situación actual

PROFIBUS es actualmente uno de los líderes de los sistemas basados en buses de campo en Europa y goza de una aceptación mundial. Sus áreas de aplicación incluyen manufacturación, automatización y generación de procesos. La norma EN 50170 asegura una protección óptima tanto a los clientes como a los vendedores y asegura independencia de estos últimos.

Hoy en día, todos los fabricantes líderes de tecnología de automatización ofrecen interfaces PROFIBUS para sus dispositivos. La variedad de productos existentes incluye más de 1600 elementos y servicios, de los cuales 400 están certificados, asegurando un funcionamiento sencillo y correcto incluso en redes de diferentes fabricantes. PROFIBUS ha sido usado satisfactoriamente en alrededor de 200 000 aplicaciones en todo el mundo y se han instalado más de 2 000 000 dispositivos.

2.4. Características de PROFIBUS

Las principales características de PROFIBUS, según describe la norma EN 50170 son:

- Abierto. PROFIBUS no pertenece a ninguna compañía, está controlado por un comité de estandarización, por lo tanto permite la comunicación entre equipos de diferentes marcas sin la necesidad de un gateway de protocolos;
- Independiente de fabricantes, los equipos para PROFIBUS son ofrecidos por muchos vendedores los cuales deberán estar certificados;

Transmisión digital. La comunicación bidireccional entre sistemas de control de procesos y dispositivos de campo es soportada a través de par trenzado, de forma común;

- Exactitud, gracias al reconocimiento de comandos y mensajes, PROFIBUS es un sistema de comunicación altamente seguro puesto que los mensajes defectuosos son repetidos hasta que la confirmación de recepción es enviada;
- Multifuncional, PROFIBUS se adapta a todas las tareas de automatización, permitiendo el intercambio de datos entre controladores como entre elementos de campo;
- De probada funcionalidad;

Capacidad de diagnóstico. El estándar PROFIBUS define múltiples formas de diagnósticos entre el sistema de control de procesos y los dispositivos de campo;

Expansión del sistema. Un equipo adicional puede ser incorporado en cualquier momento al bus sin necesidad de reformar la estructura existente, incluso sin alterar la comunicación existente;

- Bajo costo. Reduce cableado y simplifica en consecuencia la planificación de estos, competencia de precios entre vendedores al ser independiente, etc.;
- En constante renovación gracias a PROFIBUS Internacional (PI).

2.5. Variantes PROFIBUS

PROFIBUS ofrece protocolos de comunicaciones según la aplicación tanto para alta velocidad como para grandes cantidades de direccionamiento, caso de los sensores y actuadores, tanto para buses con largos tiempos de respuesta como para aplicaciones de comunicación compleja. Los tres perfiles compatibles que ofrece PROFIBUS son (Figura 2.1):

- PROFIBUS-FMS (Field Message Specification),
- PROFIBUS-DP (Decentralized Periphery),
- PROFIBUS-PA (Process Automation).

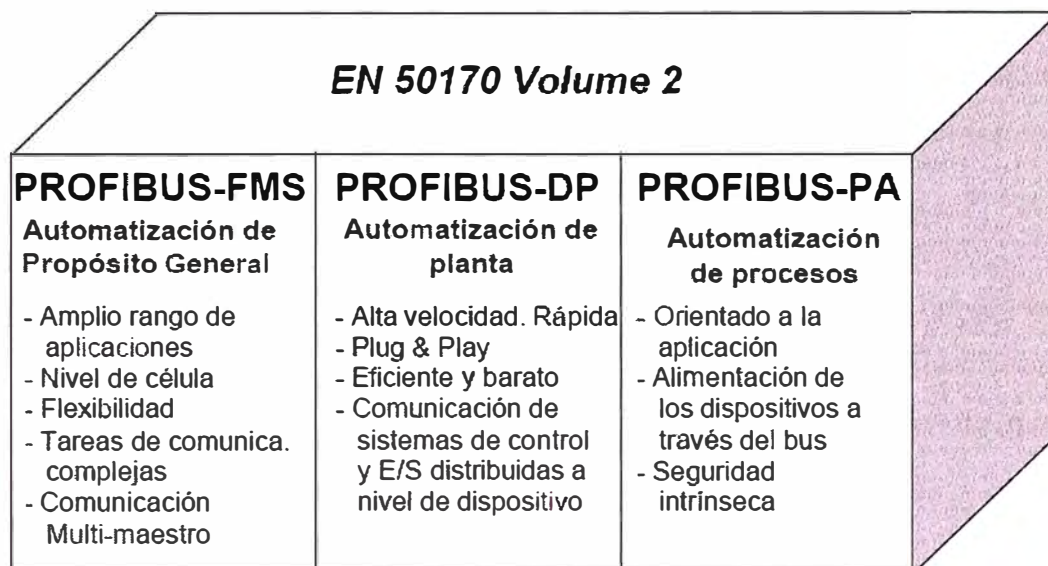


Fig. 2.1 Variantes PROFIBUS

2.5.1. PROFIBUS-FMS (Field Message Specification)

Es la solución de propósito general para tareas de comunicación a nivel de control. Los potentes servicios FMS abren un amplio rango de aplicaciones y proveen gran flexibilidad. También puede ser empleado para tareas de comunicaciones extensas y complejas. En PROFIBUS-FMS la funcionalidad es más importante que conseguir un sistema con tiempo de reacción pequeño. En la mayor parte de aplicaciones, el intercambio de datos es fundamentalmente acíclico en base a la demanda del proceso del usuario.

2.5.2. PROFIBUS-DP (Decentralized Periphery)

Optimizado para aplicaciones de alta velocidad y bajo costo. Se diseñó específicamente para cubrir la comunicación entre sistemas automáticos de control y Entradas/Salidas distribuidos a nivel de campo (periferia descentralizada). Puede ser empleado para reemplazar transmisiones paralelas de señales con 24V o 4-20 mA. El intercambio de datos es cíclico. El tiempo de ciclo del bus ha de ser menor que el tiempo de ciclo del programa del controlador central.

2.5.3. PROFIBUS-PA (Process Automation)

Está especialmente diseñado para automatización de procesos. Permite que sensores y actuadores puedan ser conectados a un bus común en áreas de especial seguridad calificadas como Ex. Permite comunicación de datos y transporte de energía sobre el mismo bus empleando tecnología de dos hilos, acorde con el estándar internacional IEC 61158-2. Básicamente, es la ampliación de PROFIBUS-DP compatible en comunicación con una tecnología que permite aplicaciones para la automatización de procesos en recintos expuestos al peligro de explosiones (áreas clasificadas Ex).

También existen diversos perfiles orientados a aplicaciones concretas donde se definen elementos específicos como perfiles de automatización de edificios, aplicaciones seguras ante fallos (PROFISafe), control numérico y robots, encoders, drivers de motores de velocidad variable o interfaces Hombre-máquina.

La Figura 2.2 muestra como es posible la utilización de PROFIBUS dentro de los diferentes niveles de la pirámide de automatización y su posible uso conjunto con redes corporativas basadas en Ethernet (TCP/IP) con el empleo de las tres versiones PROFIBUS existentes.

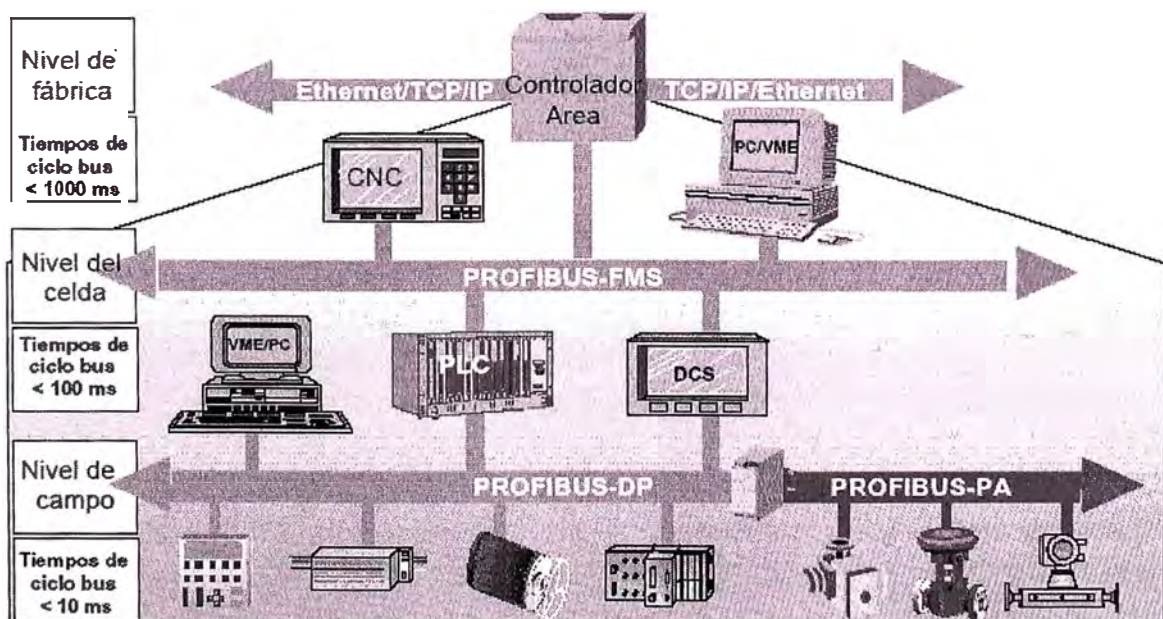


Fig. 2.2 Estructura de una pirámide de automatización

Las tres variantes PROFIBUS operan sobre un método de acceso de bus estandarizado. Ellos pueden también usar la misma técnica de transmisión (RS 485) y operar simultáneamente sobre la misma línea del bus. El medio de transmisión incluye par trenzado, cable blindado –Para FMS o DP, fibra óptica – u ondas de radio.

Los datos que se desplazan por el canal físico son de cinco tipos diferentes:

- Datos de entrada y de salida del proceso,
- Funciones de diagnóstico y verificación,
- Configuración de dispositivos,
- Programas entre los controladores,
- Parámetros de control.

CAPÍTULO III

PROFIBUS-PA

3.1. Introducción

PROFIBUS-PA es la solución PROFIBUS a los procesos de automatización. PROFIBUS-PA conecta los sistemas de automatización y los sistemas de control de procesos con los dispositivos de campo, como son los transmisores de presión, nivel y temperatura. PROFIBUS-PA puede ser usado como sustituto para la tecnología analógica de 4-20 mA. PROFIBUS-PA produce un ahorro del 40% en planeamiento, cableado y mantenimiento y ofrece un significativo incremento en funcionalidad y seguridad.

En un sistema de control con el método convencional, cada línea individual de señal debe estar conectada al módulo Entrada/Salida del sistema de control del proceso. Para cada dispositivo se requiere una fuente de energía distinta. Como contraste, cuando se usa PROFIBUS-PA, sólo se necesita un cable simple de dos hilos. También permite la alimentación de los dispositivos de campo incluso en áreas de seguridad intrínseca. Permite el mantenimiento y la conexión/desconexión de los aparatos durante la operación sin afectar a otras estaciones, incluso en áreas potencialmente explosivas.

3.2. Características de PROFIBUS-PA

La comunicación PA está basada en los servicios proveídos por DP y está implementado como un sistema parcial incluido en un sistema de comunicación DP de alto nivel. A diferencia de las aplicaciones en ingeniería de manufacturación que requieren tiempos de ciclo cortos de pocos milisegundos, hay otros factores de importancia en automatización de procesos, como son:

- Técnicas de transmisión intrínsecamente seguras;
Los dispositivos de campo son alimentados usando el mismo cable del bus;
- Transmisión de datos confiable;
- Interoperabilidad (estandarización de las funciones de los dispositivos).

El Perfil PROFIBUS-PA fue desarrollado en cerrada cooperación con usuarios de procesos industriales, con las siguientes características:

- Perfiles de aplicación únicos para el proceso de automatización y la capacidad de cambio de los dispositivos de campo para diferentes proveedores;
- La adición o sustracción de estaciones del bus incluso en áreas intrínsecamente seguras sin influencia en otras estaciones;
- Comunicación transparente por medio de parejas de segmentos entre los segmentos del PROFIBUS-PA en procesos de automatización de la fabricación;
- Alimentación a distancia y transmisión de datos a lo largo de los mismos dos cables basándose en la tecnología IEC 61158-2;
- Uso en áreas potencialmente explosivas con protección a explosión tipo “seguridad intrínseca” o “seguridad no intrínseca”.

Los aspectos “intrínsecamente seguro” y “alimentación desde el bus” fueron descuidados la primera vez que PROFIBUS fue estandarizado. Solamente cuando el estándar internacional IEC 61158-2 fue publicado en Octubre de 1994, fue especificado internacionalmente una técnica de transmisión apropiada para esta área de aplicación e implementado en el estándar europeo EN 50170. Las especificaciones de PROFIBUS-PA publicadas en marzo de 1995 incluyeron esta técnica de transmisión para instalaciones intrínsecamente seguras y dispositivos de campo alimentados por medio de los cables del bus.

3.3. Aplicaciones de PROFIBUS-PA

En el área de automatización de procesos, PROFIBUS-PA conecta las estaciones de control de procesos y sistemas automatizados con dispositivos de campo, reemplazando así la técnica de transmisión analógica de 4-20 mA. En adición a la simple puesta en marcha y funciones de autodiagnóstico, la rápida comunicación del bus de campo provee a los usuarios con la opción de realizar sistemas de control en tiempo real asimismo monitoreo de estados y mensajes de error paralelos al proceso.

Un estudio conducido por NAMUR (Standardization Committee of the Instrumentation and Control Industry, AK 3.5) mostró que PROFIBUS-PA comparado a los sistemas

convencionales, produce un ahorro del 40% en proyecto, cableado y mantenimiento, y ofrece un incremento significativo en funcionalidad y seguridad. Esto puede observarse en las Figuras 3.1 y 3.2.

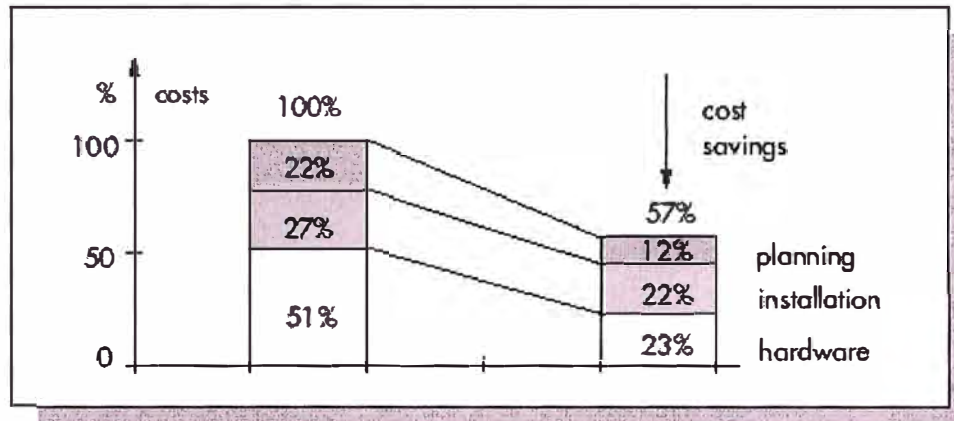


Fig. 3.1 Ahorro gracias al uso de sistemas de bus de campo

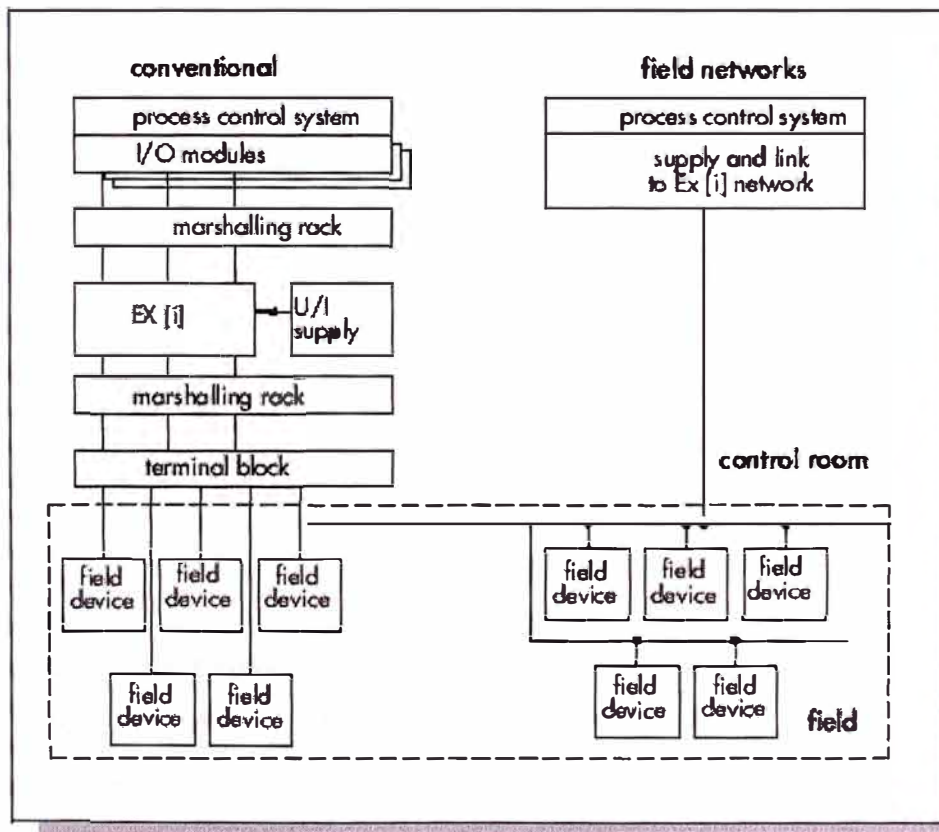


Fig. 3.2 Comparación de técnicas de transmisión

3.4. Especificaciones ISP

El Bus de campo PROFIBUS-PA está basado esencialmente en las especificaciones ISP 3.0 las cuales fueron resueltas por el consorcio ISP (Interoperable Systems Project). Este grupo de compañías con miembros alrededor del mundo fue formado con la intención de crear un estándar de bus de campo uniforme e internacional. Este trabajo no fue completado debido a que las compañías participantes se re-orientaron debido a razones técnicas y de entorno. Debido al acuerdo de cooperación con ISP, la Organización de Usuarios de PROFIBUS (PNO) tomó los resultados obtenidos por el proyecto ISP para finalizar el trabajo, ellos integraron esto resultando la solución en la familia de productos PROFIBUS (Figura 3.3).

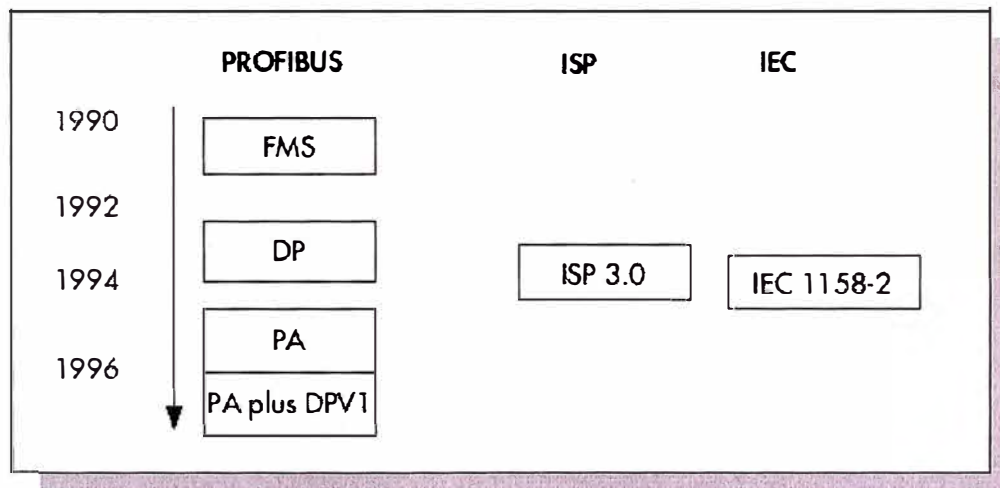


Fig.3.3 Desarrollo Cronológico de los diferentes perfiles

También en el futuro, la PNO y el Fieldbus Foundation (FF) apuntarán hacia un acuerdo de cooperación para asegurar la creación de soluciones de interfaces de usuarios, ejemplo: bloques de funciones, perfil de dispositivos, descripción de dispositivos, que estén internacionalmente estandarizados. La meta es asegurar la compatibilidad con un bus de campo IEC internacionalmente estandarizado. La transición de PROFIBUS a un posible bus de campo IEC estándar no debe tener consecuencias negativas para el usuario.

Esta forma de proceder ya ha mostrado resultados positivos. Algunos vendedores importantes (Endress + Hauser, Hartmann & Braun, Krohne, Pepperl + Fuchs, SAMSON, Siemens, etc) venden productos PROFIBUS-PA, y se han realizado con éxito varias instalaciones (ejemplo: Bitbürger brewery, Cerestar, DEA, Wacker Chemie).

3.5. Certificación de dispositivos

La Organización de usuarios de PROFIBUS (PNO) ha establecido una certificación cualificada de los sistemas mediante pruebas de interoperabilidad. La interoperabilidad permite que los dispositivos de diferentes fabricantes compatibles con PROFIBUS puedan trabajar juntos correctamente en un sistema.

Una certificación de bus abierto es entregada solamente cuando los dispositivos usados cumplen los requerimientos según el estándar aplicado. Todo producto certificado aparece en la guía de productos PROFIBUS con su número de certificado.

Para garantizar que los dispositivos están conforme el estándar respectivo, los fabricantes pueden tener certificados de los dispositivos. La certificación es realizada por fabricantes independientes con pruebas de laboratorios que son oficialmente autorizados por la Organización de Usuarios de PROFIBUS. Los laboratorios de pruebas están establecidos tanto en Europa como en USA. Las pruebas comprenden mediciones de hardware, prueba de funciones y, finalmente, pruebas de interoperabilidad. El proceso de certificación puede observarse en la Figura 3.4.

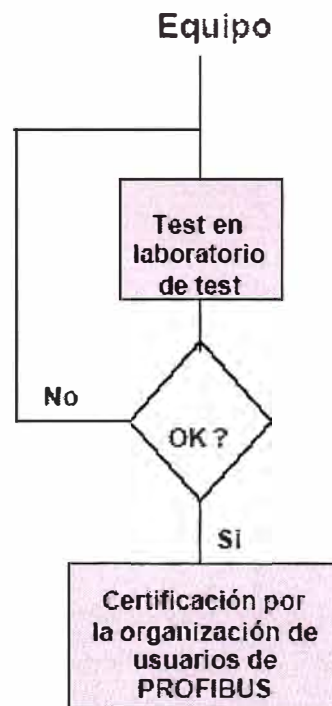


Fig. 3.4 Proceso de certificación PROFIBUS

3.6. Componentes de una red típica PROFIBUS-DP/PA

La estructura de automatización mostrada en la Figura 3.5 ilustra uno de un número de posibles interconexiones.

Con PROFIBUS-PA –como con DP- pueden ser diferenciados tres tipos de dispositivos:

- El maestro clase 1 (DPM1),
- Los maestros clase 2 (DPM2),
- Los esclavos.

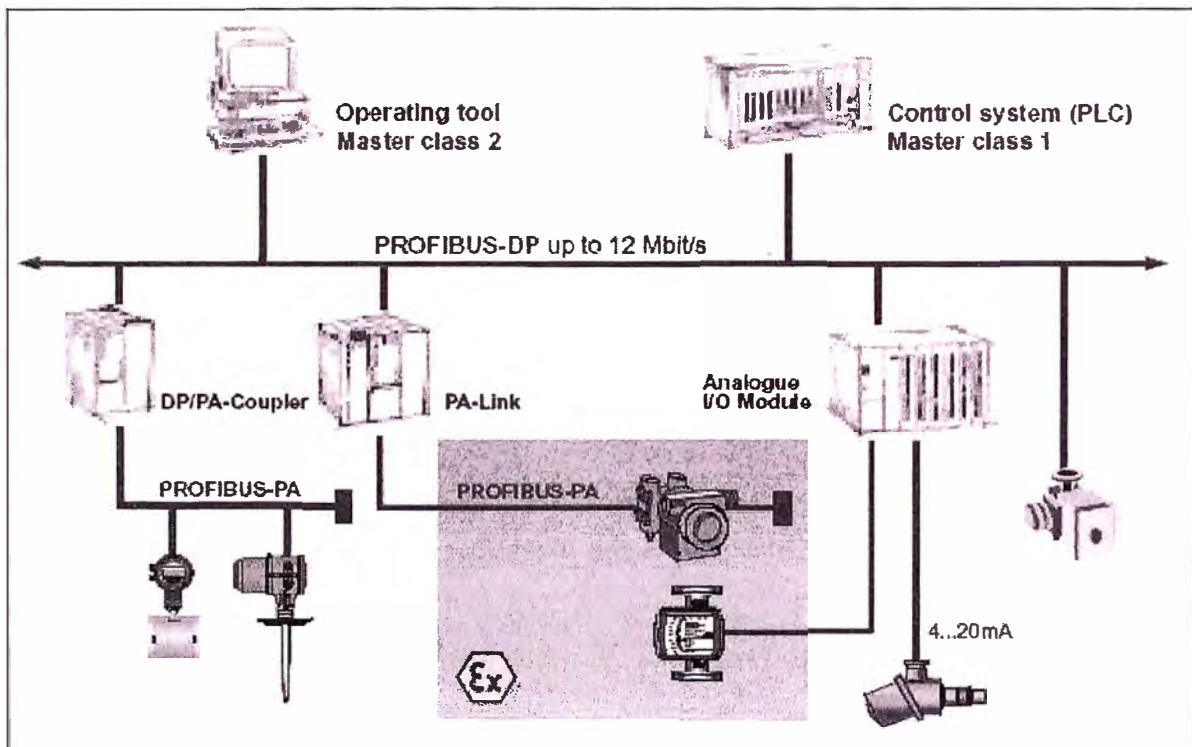


Fig. 3.5 Red típica PROFIBUS-DP/PA

3.6.1. El maestro clase 1 (DPM1)

Es la unidad de control central del sistema, ejemplo un PLC, el cual intercambia datos con los dispositivos de campo (Entrada/Salida) dentro de un ciclo de mensaje especificado. Todos los valores de medición y valores de referencia requeridos para controlar el sistema asimismo los datos de estado de los dispositivos son transmitidos. Cuando es comparado con las técnicas convencionales, la comunicación cíclica de un maestro clase 1 asume las tareas de las señales analógicas estandarizadas de 4-20 mA y adicionalmente activa el intercambio de datos bidireccional.

Los servicios DPV1 también habilitan al maestro clase 1 para tener acceso cíclico a los dispositivos de campo. Sin embargo, los maestros disponibles en el mercado con especificaciones de corriente GSD todavía no soportan esta función.

3.6.2. Los maestros clase 2 (DPM2)

Se encargan de poner en marcha, mantener y hacer el diagnóstico de posibles errores del bus; así como de configurar los dispositivos conectados si fuera necesario, evaluar los datos adquiridos por las entradas y los parámetros de las estaciones, como de monitorizar el estado de estos.

El intercambio de datos asociado tiene lugar si es requerido. Por lo tanto, los maestros de clase 2 requieren exclusivamente servicios de comunicación acíclico.

3.6.3. Los esclavos

Un esclavo es un dispositivo periférico o dispositivo de campo, tal como: Entradas/Salidas, convertidores de frecuencia de motores, válvulas, transductores, etc; pudiendo haber dispositivos que proporcionan o sólo entradas o sólo salidas. La información de Entrada/Salida que pueden suministrar depende del tipo de dispositivo que son, pudiendo proveer un máximo de 246 bytes de entrada y otros 246 bytes de salida. El esclavo comunica solamente cuando es requerido por el maestro

- Los actuadores reciben información de entrada desde el maestro y actúan sobre el proceso;
- Los sensores recogen datos del proceso y proveen al maestro con esta información.

En sistemas monomaestro, sólo un maestro está activo en el bus durante el periodo de operación del bus. En sistemas multimaestro se deben configurar varios maestros conectados a un mismo bus. Esos maestros representan cada uno un subsistema independiente, cada uno consiste en un DPM1 al que se le asigna unos determinados esclavos y unos dispositivos de diagnóstico.

Todos los maestros del bus pueden leer la imagen de las Entradas/Salidas de todos los esclavos, pero sólo pueden acceder a los esclavos que les hayan sido asignados en el periodo de configuración.

CAPÍTULO IV

ARQUITECTURA PROFIBUS-PA

4.1. Introducción

PROFIBUS está basado en normas internacionalmente reconocidas. La arquitectura protocolar está orientada al sistema OSI (Open System Interconnection), modelo de referencia de acuerdo con la norma internacional SO 7498. En este modelo cada capa de la transmisión realiza diferentes tareas definidas de forma precisa (Figura 4.2):

- **La Capa 1 o Capa Física** define las características de la transmisión;

- **La Capa 2 o Capa de Enlace (FDL – Fieldbus Data Link)** define el protocolo de acceso al bus y se encarga de establecer el orden de circulación del testigo una vez inicializado el bus, adjudicando el testigo en el arranque, en caso de pérdida del mismo, o en caso de adición o eliminación de estaciones activas;

- **La Capa 7 o Capa de Aplicación** define las funciones de aplicación.

La capa 2 es la que ofrece el enlace de datos con las aplicaciones y/o las funciones de mensajes (en caso de FMS). Esta capa ofrece cuatro servicios de comunicaciones que son solicitados por los niveles superiores a través de los puntos de acceso al servicio (SAP) del nivel 2.

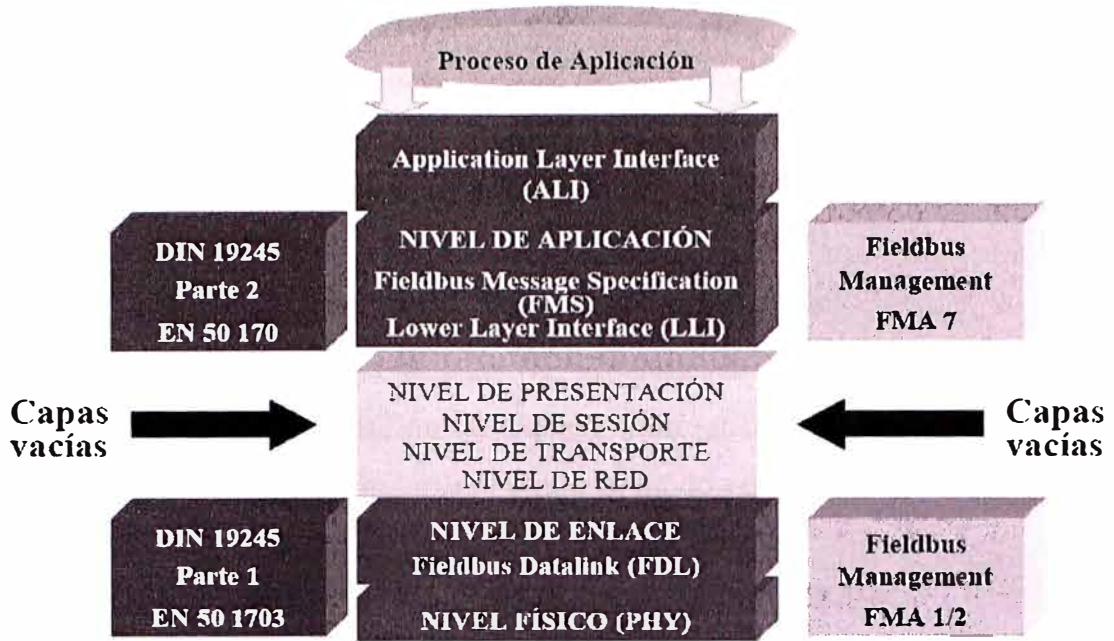


Fig. 4.1. Estructura de capas de PROFIBUS

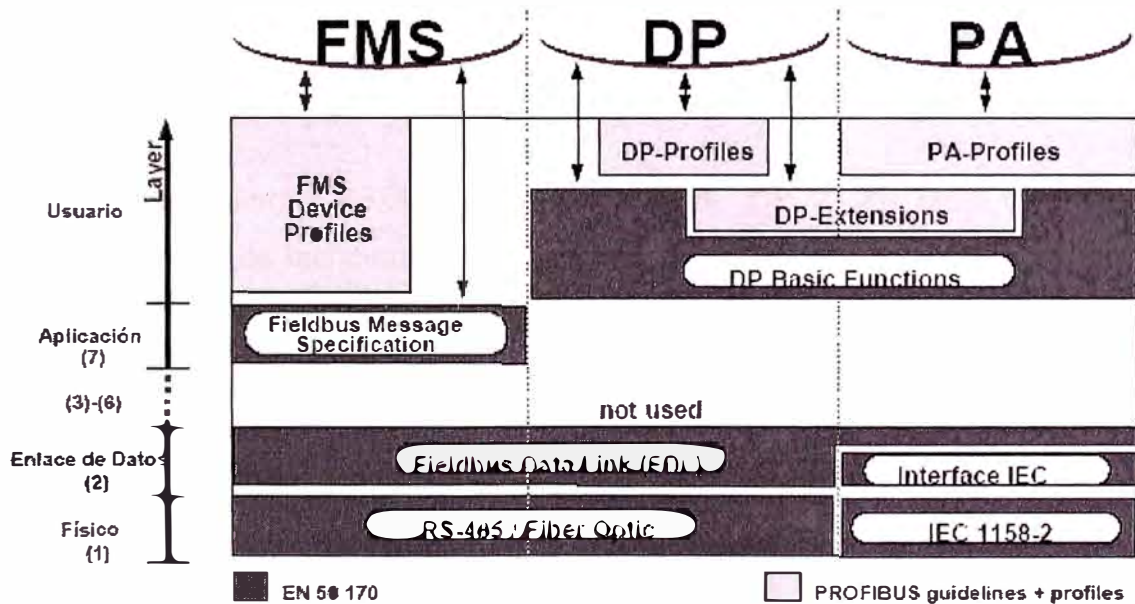


Fig.4.2. Estándar europeo EN 50170

La especificación de las dos capas inferiores está descrita en DIN 19245 parte 1, mientras que la capa de aplicación lo está en DIN 19245, parte 2. Las capas 3 a 6 del modelo de referencia OSI no están implementadas en el modelo PROFIBUS, estando su funcionalidad transferida a la capa de aplicación.

4.2. Capa Física

Aquí se especifican las condiciones físicas de la red o bus: niveles de tensión y de corriente, tipo de cable y conectores, codificación de tramas de datos. Existe diferentes caminos para realizar la técnica de transmisión en PROFIBUS- PA (ver Tabla 4.1):

El estándar **RS 485**, o

- Conforme con **IEC 61158-2** el cual fue especificado especialmente para áreas con peligro de explosión y alimentación de energía sobre el bus. Hay cuatro variantes IEC 61158-2, pero PROFIBUS-PA solamente utiliza el modo voltaje a 31,25 kbit/s.

TABLA N° 4.1 Capa Física de PROFIBUS-PA

PROFIBUS-PA		
Técnica de transmisión	RS 485	IEC 61158-2
Velocidad de transmisión	9,6 a 1 200 kbit/s	31,25 kbit/s
Seguridad intrínseca	-	Opcional
	-	Opcional

Cuando se usa la interfaz RS 485, PROFIBUS-FMS, -DP y -PA pueden ser operados juntos en una línea de bus común. La transmisión intrínsecamente segura en áreas con peligro de explosión, sin embargo, requiere que la instalación esté conforme con el IEC 61158-2.

Los maestros de un sistema PA (las estaciones de operación y control) siempre operan en una línea de bus DP en un área segura. Para el cableado resultante de una red PROFIBUS-PA ver la Figura 4.3.

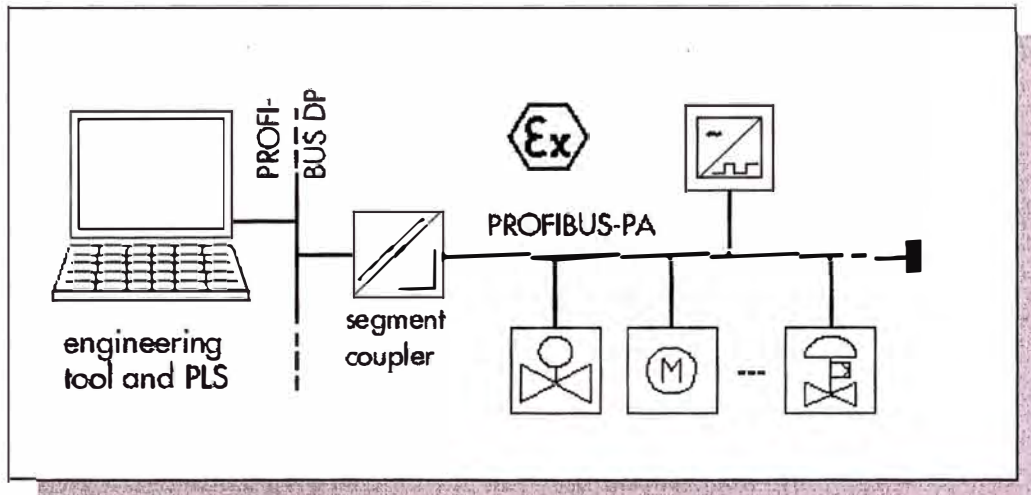


Fig.4.3. Acoplador de segmento PROFIBUS-PA a sistema de bus DP

4.2.1. Acoplador de segmentos

El nombre de acoplador de segmentos deriva de su función para enlazar o acoplar dos segmentos diferentes PA y DP. Este adapta las diferentes técnicas de transmisión y alimenta con energía los dispositivos del segmento PA. Adicionalmente alimenta la barrera IS.

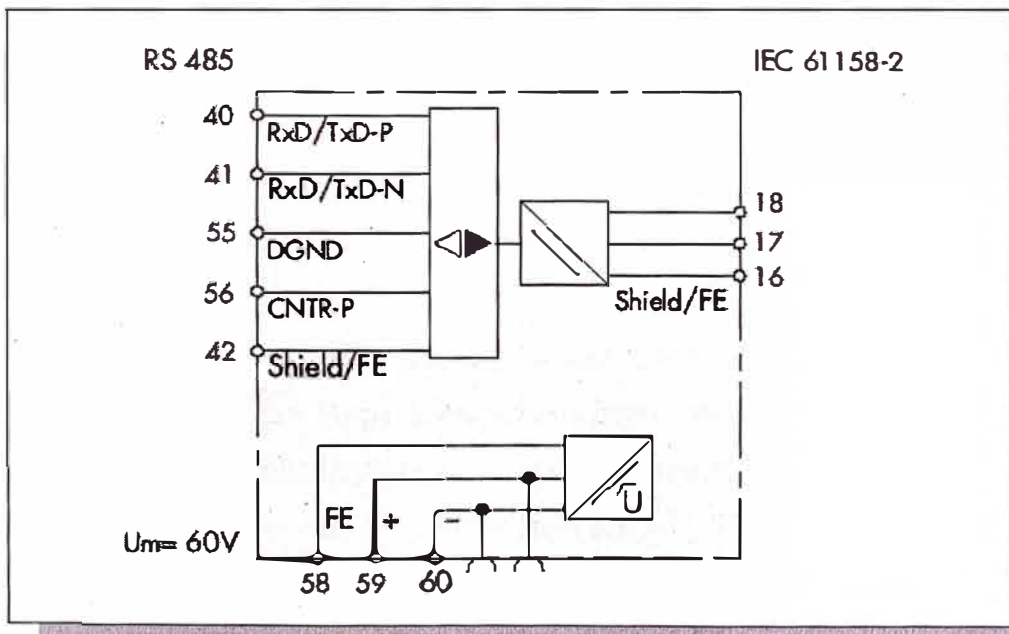


Fig. 4.4. Diagrama de bloques de un acoplador de segmentos Pepperl+Fuchs

La Figura 4.4 muestra el diagrama de bloques de un acoplador de segmentos. Este realiza las siguientes tareas:

- Aislamiento eléctrico entre los segmentos de bus seguro e intrínsecamente seguro;
- Alimentación de energía para el segmento de bus PA;
- Adaptación de las técnicas de transmisión de RS 485 a IEC 61158-2;
- Adaptación de la velocidad de transmisión (ejemplo: 93,75 kBaud \leftrightarrow 31,25 kBaud) y
- Conversión entre mensajes UART asíncronos y mensajes de 8 bit/caracter síncronos, es decir, simplemente convierten un byte de 11 bits del protocolo DP asíncrono a un byte de 8 bits del protocolo PA síncrono (ver 4.3.1, “Estructura de los mensajes”).

Respetando la asignación de direcciones, los acopladores de segmentos operan de forma totalmente transparente, ejemplo los dispositivos PA y DP no deben poseer direcciones de dispositivo idénticas. Adicionalmente, debe considerarse que los acopladores de segmentos de diferentes fabricantes operan con diferentes velocidades de transmisión de datos en el lado de PROFIBUS-DP (ejemplo Pepperl+Fuchs: 93,75 kbit/s; Siemens: 45,45 kbit/s).

Adicionalmente, existen componentes de red para acoplamiento DP/PA que soportan velocidades de transmisión de hasta 1 200 kbit/s, ejemplo el PA-Link de Siemens.

Este PA-Link es tratado como un esclavo en el bus DP, recibe su propia dirección de dispositivo y alimenta hasta cinco segmentos PA con sus propios acopladores. En el lado PA, el PA-Link trabaja como un maestro y direcciona un máximo de 30 dispositivos de campo. Sin embargo, debe ser parametrizado como dispositivo usando una herramienta de configuración antes de su inicio de operación.

4.2.2. Seguridad intrínseca y alimentación de energía en el bus

PROFIBUS-PA aplica las especificaciones del modelo FISCO para operación intrínsecamente segura. Cada dispositivo tiene un mínimo consumo de corriente de 10 mA. Debido a que la potencia eléctrica en los segmentos está limitada en áreas con peligro de explosión por los requerimientos de seguridad intrínseca, el número de dispositivos de campo que se pueden conectar está limitado (ver Tabla 4.2)

TABLA N° 4.2 Máxima potencia y número de dispositivos por segmento PA en áreas peligrosas

	EEx ia IIC	EEx ia/ib IIB
Máxima potencia	1,8 W	4,2 W
Máxima corriente	110 mA	250 mA
Max. num. dispositivos (*)	10	22
(*) Depende del consumo de corriente de cada dispositivo		

La corriente de entrada total que consumen todos los dispositivos juntos debe ser menor que la corriente proporcionada por el acoplador de segmentos.

Adicionalmente, deben ser considerados la modulación de corriente de la codificación Manchester así como la protección contra falla de corriente “FDE” (Fault Disconnection Electronic).

El FDE en dispositivos de campo asegura que la comunicación del segmento de bus no falle en caso ocurriera un cortocircuito en un dispositivo.

El FDE ha sido definido para evitar que ante una falla de un dispositivo de campo, el bus entero sea inmovilizado. Este limita la máxima entrada de corriente continua.

Para proveer una respuesta FDE máxima, las siguientes condiciones deben ser cumplidas:

$\text{Corriente proporcionada} \geq \text{Suma de corrientes individuales (Por dispositivo} \geq 10 \text{ mA)} + \text{Señal de corriente Manchester (9 mA)} + \text{corriente de falla FDE (0 a 9 mA)}$

(4.1) Cálculo de la corriente total de un segmento PA

4.2.3. Técnica de transmisión IEC 61158-2

La tecnología de transmisión IEC 61158-2 cumple los requerimientos de las industrias químicas y petroquímicas. Posee una seguridad intrínseca que permite a los dispositivos de campo ser conectados al bus. Es una tecnología principalmente usada por PROFIBUS-PA y suele conocerse como H1.

La transmisión se basa en los siguientes principios:

- Cada segmento tiene sólo una fuente de energía;
- No se produce ningún tipo de alimentación cuando una estación está enviando datos;
- Los dispositivos actúan como sumideros pasivos de corriente;
- Se permiten redes con estructura lineal, en árbol y estrella;
- Para incrementar la fiabilidad, se pueden diseñar segmentos de bus redundantes.

Las especificaciones físicas de este tipo de transmisión son:

- Transmisión de datos digital, asíncrona;
- Velocidad de transmisión de datos: 31,25 kbit/s;
- Codificación Manchester sin valores medios, con una modulación de corriente/amplitud de ± 9 mA (Figura 4.5) utilizando de portadora a la línea de corriente básica;
- Fuente de alimentación de voltaje DC remota: hasta 32 voltios (con EEx ia IIC: 14 a 20 V). Cada segmento tiene sólo una fuente de alimentación;
- Transmisión de señal y alimentación remota de energía sobre el par de hilos trenzados (ver Tabla 4.3 para especificaciones);
- Cada dispositivo de campo consume un nivel de corriente constante mientras funciona, no menos de 10 mA, actuando como un sumidero pasivo de corriente;
- 126 dispositivos direccionables;
- Posible topología árbol o lineal
- Longitud total de línea hasta 1 900 m (con EEx ia IIC: 1 000 m),
- Longitud de "stub": hasta 120 m; en áreas peligrosas máximo 30 m (ver Tabla 4.4),
 Conexión de 32 estaciones por segmento como máximo (en áreas peligrosas dependiendo de la fuente de corriente: ver Tabla 4.3 y Fórmula 4.1)
- La red se puede expandir usando como máximo 4 repetidores (amplificadores de línea).

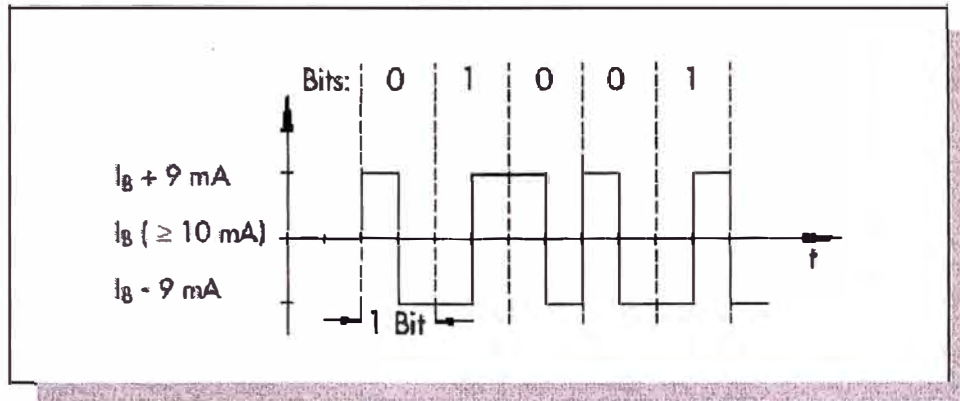
Fig. 4.5 Codificación Manchester con $\pm 9 \text{ mA}$

TABLA N° 4.3 Cables para transmisión IEC 61158-2

	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Diseño del cable	Par trenzado, apantallado	Pares trenzados o normales, totalmente apantallados	Par trenzado no apantallado	Líneas no trenzadas, no apantalladas
Diámetro del alambre	0,8 mm ² (AWG 18)	0,32 mm ² (AWG 22)	0,13 mm ² (AWG 26)	1,25 mm ² (AWG 16)
Longitud del cable, incluido stub	1 900 m	1 200 m	400 m	200 m

Las propiedades de un bus de campo están también determinadas por las especificaciones eléctricas del cable de transmisión. Aunque IEC 61158-2 no especifica un cable en particular, se recomienda el uso de un cable de referencia (Tipo A como en la Tabla 4.3). Solamente este tipo de cable habilita la transmisión de datos hasta 1 900 m de distancia.

Para una óptima compatibilidad electromagnética (EMC), las líneas del bus deben estar apantalladas. Esta pantalla, así como las cubiertas metálicas de los dispositivos de campo tienen que ser conectadas a tierra. El procedimiento para esto está descrito con más detalle en la guía técnica “PROFIBUS-PA User and Installation Guideline” (Orden 2.091).

TABLA N° 4.4 Valores máximos para longitudes de stub

Número de cables como líneas stub	Máxima longitud de los stub (áreas peligrosas)	Máxima longitud de los stub
1-12	30 m	120 m
13-14	30 m	90 m
15-18	30 m	60 m
19-24	30 m	30 m

Para trabajar en zonas peligrosas es necesario que todos los componentes usados hayan sido aprobados y certificados de acuerdo al modelo FISCO y al IEC 61158-2 por agencias autorizadas como PTB, BVS (Alemania), UL, FM (USA).

En IEC 61158-2 se utiliza una técnica de transmisión asíncrona, en la que los relojes del emisor y receptor no están sincronizados, y la transmisión está orientada a caracteres. Cada carácter consiste de un total de 11 bits (Figura 4.6):

- 1 bit de comienzo ('Start bit', ST) que es siempre un '0' lógico;
- 1 bit de parada ('Stop bit', SP) que es siempre un '1' lógico;
- 1 bit de paridad ('Parity bit', P);
- 8 bits de datos ($2^0 \dots 2^7$).

Para asegurar la correcta recepción de los datos, los bits transmitidos deben ser muestreados en la mitad del periodo de duración del bit después de su comienzo. Esto requiere que el reloj del receptor duplique como mínimo el del transmisor. El estándar PROFIBUS permite desviaciones en las frecuencias de los relojes menores del 0,3%.

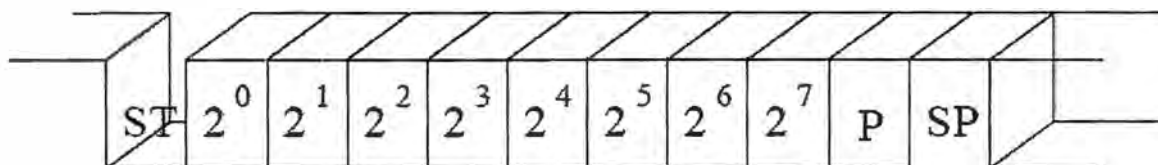


Fig. 4.6. Estructura de un carácter UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)

Entre dos mensajes transmitidos debe esperarse un tiempo definido en la norma como **Idle Time**. Este tiempo se caracteriza por la presencia de un '1' lógico en el bus. Su duración mínima ha de ser la equivalente al envío de tres caracteres, esto es, 33 periodos de bit.

La utilización de un **Idle Time** presenta dos ventajas importantes:

- Las estaciones pasivas activarán sus receptores sólo cuando haya transcurrido este tiempo de espera. Tras de él, chequearán la dirección de destino del siguiente mensaje y desconectarán el receptor si no va dirigido a ellas. Este mecanismo de escucha 'selectiva'

reduce la carga del protocolo, de modo que se libera mayor capacidad de procesamiento para el programa de aplicación de dichas estaciones.

- Las estaciones que acaban de transmitir pueden deshabilitar su transmisor durante este tiempo de espera. Tras la desconexión, la resistencia terminadora de bus se encarga de mantener éste en el '1' lógico.

Todas las estaciones activas monitorizarán el Idle Time por medio de temporizadores controlados por hardware. Un '0' lógico detectado en este periodo (causado, por ejemplo, por ruidos) será interpretado como un error que hará que el temporizador se redispere.

4.2.4. Conexión de dispositivos y terminación de bus

Para líneas de bus IEC intrínsecamente segura, todavía no está disponible un conector estándar, sin embargo, un grupo de trabajo ya está en proceso de resolver esta tarea.

La línea del bus tiene que ser equipada con una terminación de línea pasiva en ambas terminaciones. Esta terminación consiste de un capacitor y un resistor conectados en serie como muestra la Figura 4.7c:

$$C = 1 \mu\text{F} \text{ y } R = 100 \Omega$$

Con el cableado RS 485, la línea del bus está terminando conectado con un resistor de 220 Ω , asimismo resistores conectados como resistores pull-up y pull-down (Figura 4.7b). Estos determinan el potencial de la línea del bus y pueden ser conectados a una fuente de voltaje por medio de un conector Sub-D de 9 pines. (pin 5 y 6).

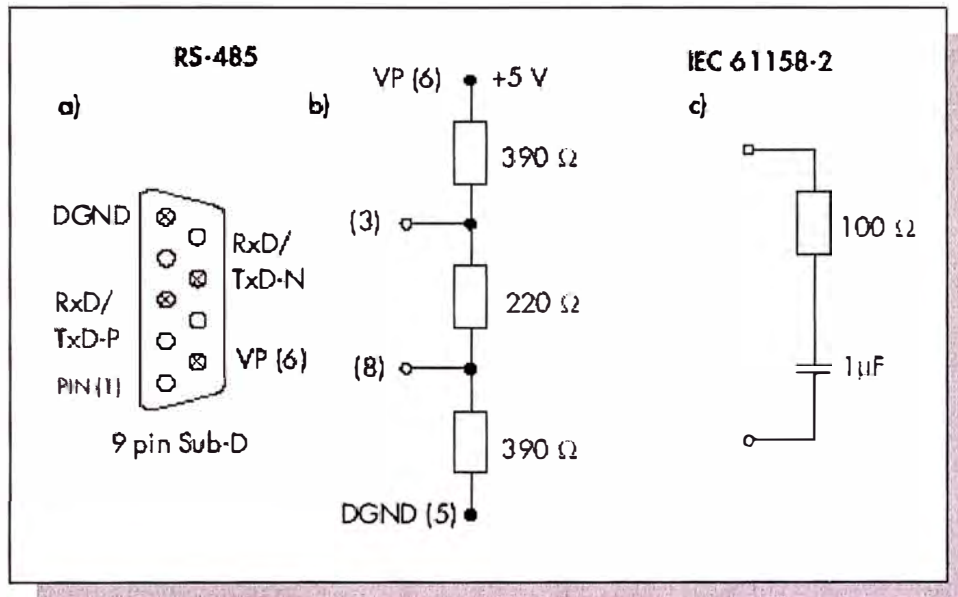


Fig. 4.7 Conector y terminación de bus

4.2.5. Topología de red de un sistema PROFIBUS

PROFIBUS-PA intrínsecamente seguro es usualmente parte de una topología de red estructurada jerárquicamente (Figura 4.8). Esto está conectado a un sistema de bus DP en el cual operan esclavos no intrínsecamente seguros y maestros de bus PA vía un acoplador de segmentos.

Con PROFIBUS-PA, la topología de red puede ser estructura árbol, lineal o una combinación de ambos (Figura 4.9). Esta combinación permite optimizar la longitud del bus para ser optimizado y adaptado a una estructura de sistema dado.

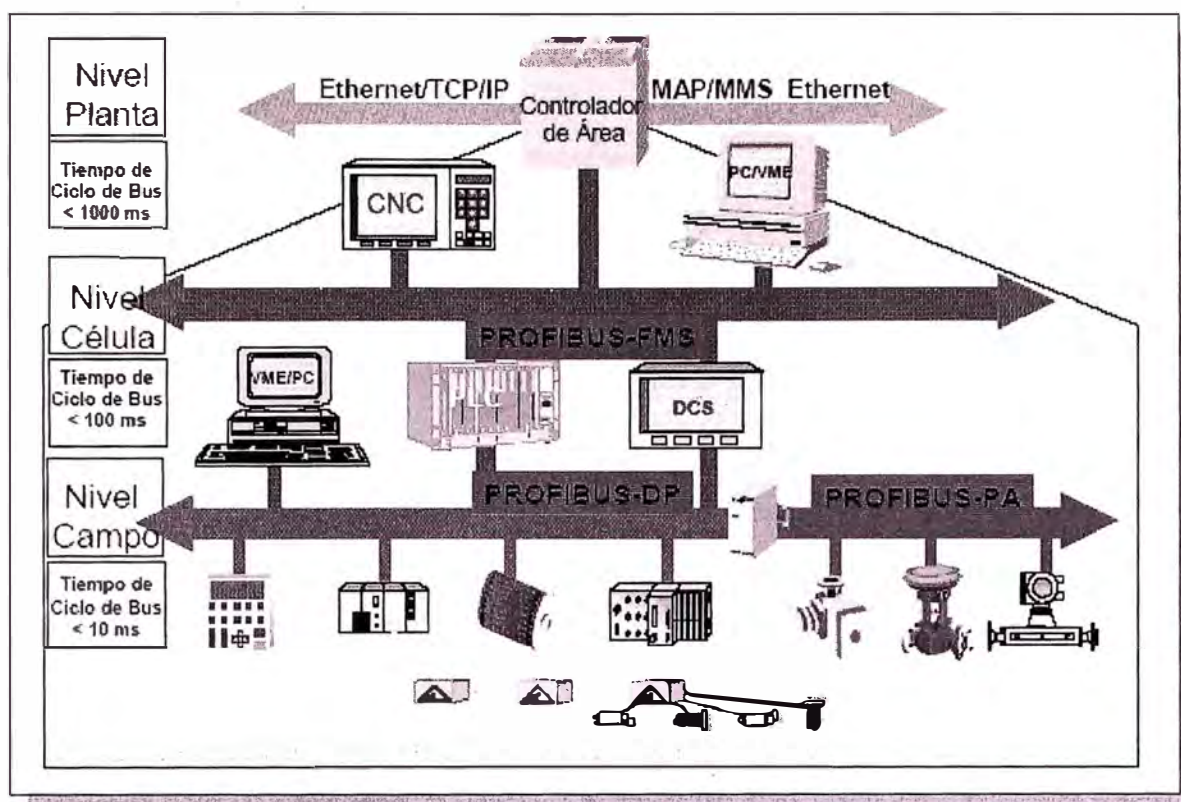


Fig. 4.8 Sistema PROFIBUS jerárquico

El cable del bus de campo puede ser enrutado a través de los dispositivos de campo individuales. Los dispositivos de campo pueden ser conectados/desconectados mejor si ellos están conectados con un tramo de línea corto (stub) vía un terminal de conexiones (longitud del stub, ver Tabla 4.4).

En los nodos de un árbol, todos los dispositivos de campo conectados a un segmento del bus de campo están conectados en paralelo en los llamados distribuidores de campo.

PNK: process-near component
EXI: barrier (intrinsically safe)
SG: power supply unit
JB: distributor
R: repeater
T: bus termination
1... 7: field devices

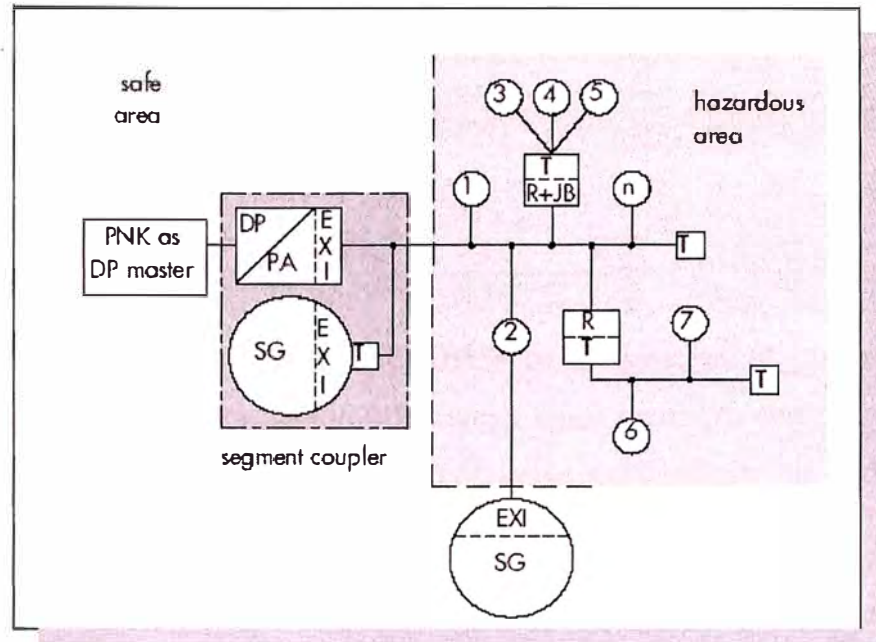


Fig. 4.9. Componentes de un sistema PROFIBUS-PA

Dependiendo de la longitud del "stub", este distribuidor también contiene una terminación de bus.

4.3. Capa de Enlace

La eficiencia de un sistema de comunicación está determinado considerablemente por las funciones y servicios de la capa 2, porque ellas especifican las tareas significantes, así como el control de acceso al bus, la estructura de los mensajes datos, los servicios de comunicación básicos, etc.

Estas tareas de la capa 2 están representadas por el Field Data Link (FDL) y el Fieldbus Management (FMA):

FDL maneja las siguientes tareas:

- Estructura de los mensajes;
- Control de Acceso al Bus (Control de Acceso al Medio -MAC);
- Seguridad de datos;
- Disponibilidad de servicios de transmisión de datos
 - SDN (Send Data with No Acknowledgement)
 - SRD (Send and Request Data with Reply).

FMA provee varias funciones de gestión, por ejemplo:

- Ajuste de parámetros de operación;
- Reporte de eventos; así como la
- Activación de puntos de acceso al servicio (SAP).

Aunque la unidad mínima de información en PROFIBUS es el carácter, el protocolo utilizado está orientado a paquetes de información (mensajes). Estos mensajes consisten en una cadena ordenada de caracteres enviados de acuerdo con las especificaciones de la capa física.

4.3.1. Estructura de los mensajes

Para desarrollar los servicios de transferencia de datos, es preciso definir unos formatos de mensaje estandarizados en los que, además de buscar la máxima eficiencia en la codificación, se asegura una transmisión de datos fiable. Por esta razón, se incluye en los mensajes información redundante que inevitablemente aumenta la carga de protocolo.

Los mensajes de datos de PROFIBUS-PA de la transmisión IEC 61158-2 son muy idénticos con los mensajes FDL de la transmisión asíncrona RS 485.

Fieldbus Data Link (FDL) define los siguientes mensajes:

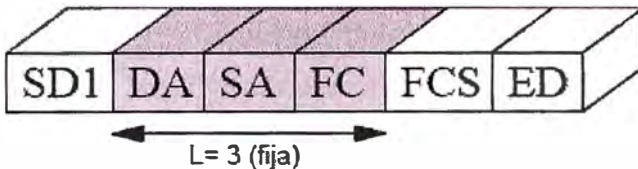
- Mensajes sin campos de datos (6 bytes de control);
- Mensajes con un campo de datos de longitud fija (8 bytes de datos y 6 de control);
- Mensajes con un campo de datos variable (0 a 244 bytes de datos y 9 a 11 bytes de control);
- Reconocimiento breve (1 byte) y
- Mensaje testigo para control de acceso al bus (3 bytes).

En la Figura 4.10 se muestran tres ejemplos de formatos de mensajes en PROFIBUS.

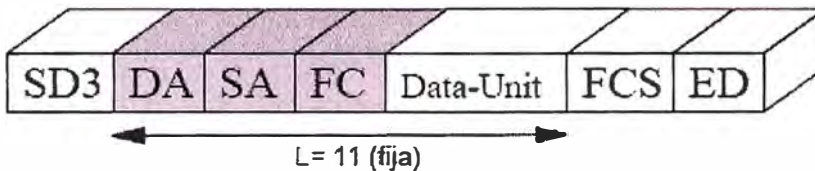
En el primero de ellos se presenta un mensaje de llamada (*'call frame'*) sin campo de datos, que es el mensaje más corto posible. Un mensaje siempre empieza por un delimitador de inicio (**SD**, 'Start Delimiter'), que contiene el código del formato de mensaje. A

continuación aparece la dirección de destino (**DA**, 'Destination Address') y la dirección de origen (**SA**, 'Source Address') que identifican al receptor y transmisor del mensaje, respectivamente. Tras ellos sigue el control de mensaje (**FC**, 'Frame Control'), por el cual se le indica al receptor el tipo de mensaje; en él también se incluye la prioridad del mensaje y el control de la información que evita, por ejemplo, la pérdida del mensaje. Al final del mensaje aparece la secuencia de verificación de mensaje (**FCS**, 'Frame Check Structure'), que sirve para verificar la consistencia de los datos recibidos, seguido del delimitador de final de mensaje (**ED**, 'End Delimiter'). La estación receptora reconoce la recepción del mensaje transmitiendo un pequeño mensaje de reconocimiento (1 único carácter).

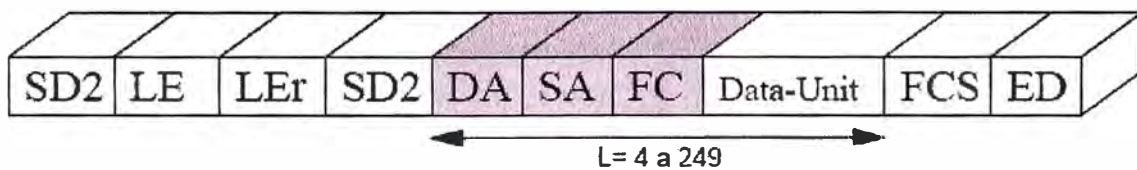
Formato con longitud del campo de información fija y sin datos



Formato con longitud del campo de información y datos fija



Formato con longitud del campo de información variable



- | | |
|-------------|---------------------------------------------------------|
| - SD1..SD4: | Start Delimiter (byte de inicio) |
| - LE, LEr: | Length byte (byte de longitud) |
| -DA: | Destination Address byte (byte de dirección de destino) |
| -SA: | Source Address byte (byte de dirección de origen) |
| -FC: | Frame Control byte (byte de control del mensaje) |
| -Data-Unit: | |
| -FCS: | Frame Check Sequence (byte de chequeo) |
| -ED: | End Delimiter (byte final) |
| -L: | Longitud del campo de información |

Fig. 4.10. Ejemplos de mensajes PROFIBUS con HD = 4

Los ejemplos siguientes son autoexplicativos. El último de ellos puede utilizar la máxima longitud de mensaje en la capa 2 (255 caracteres), de los cuales 246 son información.

Aunque PROFIBUS dispone de protección contra los errores de transmisión, éstos no pueden ser totalmente eliminados, ya que pueden ocurrir por la existencia de transmisores defectuosos, tierras con alta impedancia, reflexión de la señal, etc. Los componentes de la UART son capaces de detectar algunos de estos errores:

- Error de "frame": el bit de stop de un carácter no fue reconocido;
- Error de "overrun": se ha sobrescrito un carácter recibido con el siguiente antes de que aquel pudiera ser almacenado.

Para asegurar una transmisión libre de errores, PROFIBUS dispone como mecanismo de seguridad con distancia Hamming 4 ($Hd = 4$). La distancia Hamming indica en cuantas unidades binarias difieren dos caracteres reconocidos como válidos por la UART (así, la introducción de un bit de paridad en los caracteres UART incrementa en 1 la distancia Hamming). En el caso de $Hd = 4$, es posible detectar y corregir un error de 1 bit en un carácter, mientras que un error de 2 bits es posible detectarlo pero no corregirlo.

Se logra $Hd=4$ enviando un FCS ("Frame Check Sequence") con cada mensaje, que representa la columna paridad del campo de información, de longitud L. Se genera haciendo la suma sin acarreo de los caracteres transmitidos. Puesto que los bits SD y ED no se incluyen en esta suma, su distancia Hamming frente a los demás es 5.

En PROFIBUS no se utiliza la corrección de errores. Cuando se detecta un error en un mensaje, se descarta el mismo y se repite la transmisión.

4.3.2. Formato de los mensajes

La forma del mensaje como se muestra en la Figura 4.11 depende de la longitud del campo de datos. Junto con la longitud, la velocidad de los datos de usuario cambia dentro de los límites de 8 y 96% (1 o 244 bytes de datos y 11 bytes de control).

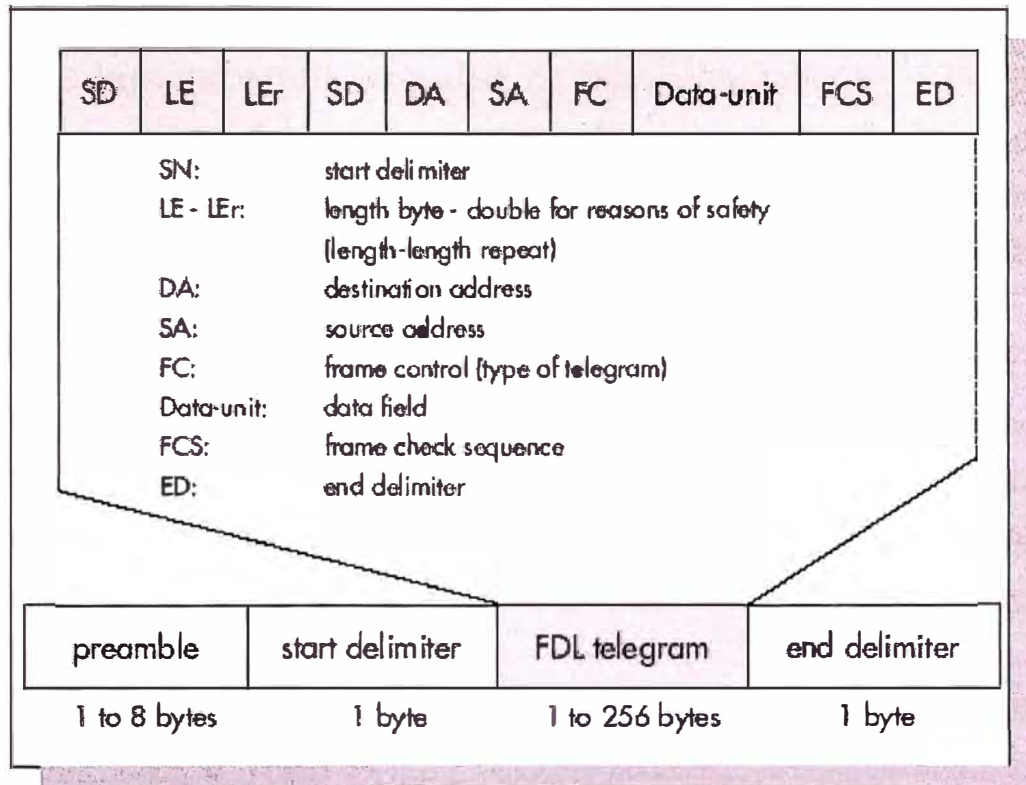


Fig. 4.11 Transmisión síncrona de un mensaje IEC y estructura de Un mensaje FDL incluido

Una velocidad de transmisión de 31,25 kbit/s resulta en tiempos de transmisión de 0,4 a 8,2 ms por mensaje, esto hace que se requiera un promedio de 0,4 ms y 3,4 ms para datos de usuario.

Esta velocidad de transmisión de datos es suficiente, por ejemplo, para servir 10 lazos de control (incluyendo 10 sensores y 10 actuadores respectivamente) dentro de un tiempo de ciclo de aproximadamente 210 ms.

Para una primera estimación del tiempo de ciclo, se puede usar la siguiente Fórmula :

$$\begin{aligned}
 \text{Tiempo de Ciclo} &\geq 10 \text{ ms} \times \text{número de dispositivos} \\
 &+ 10 \text{ ms (para servicios acíclicos del maestro clase 2)} \\
 &+ 1.3 \text{ ms (por cada valor de ciclo adicional)}
 \end{aligned}$$

(4.2) Cálculo del tiempo de ciclo

4.3.3. Direccionamiento y Control de acceso al bus

En comunicaciones PROFIBUS, es posible los sistemas multimaestro. El sistema de control de acceso al bus híbrido opera con el método “paso de testigo” (token ring) y usa el principio maestro/esclavo para comunicarse con los participantes pasivos. Cada maestro recibe el testigo dentro de una trama de tiempo definido, esto precisamente le permite a él solo, tener el control sobre la red de comunicaciones dentro del tiempo de trama.

Para direccionar los datos, PROFIBUS asume que los esclavos están contruidos como bloques, o pueden ser estructurados internamente en unidades de funciones lógicas también llamadas módulos. Este modelo es también usado en las funciones básicas DP para la transmisión cíclica de datos, donde cada módulo tiene un constante número de bytes de Entrada/Salida que pueden ser transmitidos en una posición fija del mensaje. Esta dirección procede en base a un identificador que caracteriza cada tipo de módulo de entrada, salida o ambos. Todos los identificadores juntos dan la configuración del esclavo, el cual es también chequeado por el DPM1 cuando el sistema se inicializa. Los nuevos servicios acíclicos son también basados en este modelo. Todos los bloques de datos habilitados para leer o con acceso de escritura, son también considerados como pertenecientes a un módulo.

Estos bloques pueden ser direccionados por el número de slot y el índice. La dirección del número de slot del módulo y la dirección del índice del bloque pertenecen a ese módulo. Los datos de un bloque pueden tener un tamaño máximo de 244 bytes.

Una dirección de dispositivo de 7 bits sirve para identificar a los participantes del bus en la red.

El rango de direcciones desde 0 a 127, y los siguientes están reservados:

- | | |
|----------------|---------------------------------------------------------------------|
| Dirección 126: | Por defecto para asignación de dirección automática vía el maestro; |
| Dirección 127: | Envío de mensajes broadcast. |

Si la dirección 0 es usada por el maestro clase 1, las direcciones 1 a 125 están disponibles para direccionamiento de los dispositivos de campo y maestros de clase 2. Las direcciones son usualmente asignadas vía 7 DIP switches en el dispositivo o vía software.

Las estaciones activas (maestros) pueden:

- Enviar por iniciativa propia datos a otras estaciones;
- Solicitar datos de otras estaciones.

Las estaciones pasivas (esclavos):

- No pueden intercambiar datos excepto en el caso de que una estación activa les autorice a ello.

La característica activo/pasivo de una estación depende del equipo considerado. En general, los elementos de campo simples (estaciones de mando de motores, sensores, etc.) serán pasivos, mientras que los equipos “inteligentes” (autómatas programables, máquinas herramientas con control numérico, etc) serán activos. También es posible que una misma estación se pueda configurar como activa o pasiva en el bus.

Para evitar que todas las estaciones activas accedan al mismo tiempo al bus, toda estación que desee enviar una información debe esperar hasta que se reciba una autorización de acceso al bus. Dicha estación recibe la autorización en forma de un mensaje especial, el “testigo” (token):

- El testigo pasa automáticamente de una estación activa a la siguiente, siguiendo el orden de direcciones de las estaciones;
- La transmisión del testigo se efectúa según un anillo lógico, es decir, la estación activa presente cuya dirección sea la más elevada reenvía el testigo a la estación activa presente cuya dirección sea la mas baja;
- Cada estación activa “conoce” las direcciones de las restantes estaciones activas y controla de manera cíclica el campo de direcciones entre ella y la estación activa presente que le sigue. Durante este control se detecta el añadido de una estación activa o pasiva, o la supresión de una estación pasiva;

Si se detecta que se ha añadido una nueva estación activa, ésta última recibe inmediatamente el testigo.

En la Figura 4.12 se puede observar como el testigo rota entre los maestros para distribuir el acceso al medio.

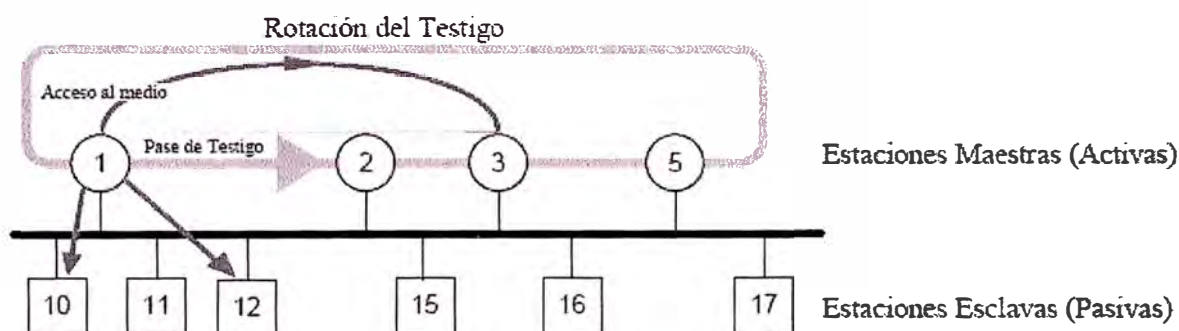


Fig. 4.12 Rotación del testigo en Estaciones activas y pasivas

Al respecto:

- Las estaciones 1, 2, 3 y 5 son activas. El testigo se transmite de la siguiente forma:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \dots$$

- Un ciclo de rotación de testigo se compone aquí de 4 transmisiones sucesivas del testigo:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 1$$

- Las estaciones 10, 11, 12, 15, 16 y 17 son pasivas;
- Las direcciones de estación 0, 4, 13, 14 y 18 a 126 no están ocupadas.

4.3.4. Servicios de comunicación de la capa 2

Un ciclo de rotación del testigo dura un cierto tiempo. El tiempo máximo de ciclo de rotación de testigo se especifica en la norma por medio del parámetro **Token-Rotation-Time (TRT o T_{TR})**.

El valor seleccionado para el TRT debe ser respetado incluso en presencia de un gran volumen de datos a transferir. Esto se consigue con los principios que se describen a continuación:

Las conexiones entre las diferentes estaciones de la red pueden ser de alta prioridad o de baja prioridad. La prioridad de una conexión influye sobre el tratamiento de los mensajes que deben ser emitidos por la conexión considerada.

Cada estación activa mide el tiempo durante el cual ella no está en posesión del testigo; [dicho tiempo representa para ella el **Real-Token-Rotation-Time (T_{RR})**] y lo compara con el **TRT** parametrizado.

El tratamiento de los mensajes a emitir depende del resultado de esta comparación y la prioridad de las conexiones, de modo que:

- Si T_{RR} es inferior al **TRT**, todas las órdenes de emisión y recepción existentes son ejecutadas hasta que finalice el **TRT** o bien se agoten todas las órdenes en espera: en primer lugar las órdenes cuyas conexiones tienen baja prioridad;
- Si T_{RR} es igual o superior al **TRT**, sólo se elabora una orden cuya conexión tenga prioridad alta. Las órdenes con prioridad baja solamente se elaborarán en los siguientes ciclos, cuando T_{RR} sea inferior al **TRT**.

Los servicios de baja prioridad se realizan de acuerdo con la siguiente secuencia:

- Procesamiento de la Lista de Consulta (Poll List);
- Procesamiento de los mensajes de baja prioridad (servicios acíclicos);
Almacenamiento de la lista de estaciones activas (Live List);
- Actualización del GAP (a lo sumo una dirección de la GAP list).

Esta secuencia no es fija, sino que puede ser modificada bajo ciertas condiciones de operación. Por ejemplo, el procesado de la Lista de Consulta se hace de manera segmentada, de modo que si no queda disponible tiempo de testigo, no se pueden procesar servicios acíclicos. Por esta razón el control FDL debe asegurar el procesamiento de todas las peticiones de baja prioridad, incluyendo la actualización del GAP, antes de comenzar un nuevo ciclo de consulta.

TABLA N° 4.5 Principales parámetros de bus

Nombre	Rango de Valores	Significado
TS	0 ... 126	Address of this Station
Baud_rate	9,6; 19,2; ... 500 kbit/s	Baud Rate in this PROFIBUS
Medium_red	Single o redundant	Single/Redundant Media available
HW_Release	ASCII String	Hardware Release Number
SW_Release	ASCII String	Software Release Number
T _{SL}	1 ... 65 535 bit times	Slot Time
min T _{SDR}	1 ... 65 535 bit times	Smallest Station Delay Time
*) max T _{SDR}	1 ... 65 535 bit times	Largest Station Delay Time
*) T _{OUT}	0 ... 255 bit times	Transmitter fall time / Repeater switch Time
*) T _{SET}	1 ... 255 bit times	Setup Time
*) T _{TR}	1 ... 16 777 215 bit times	Target Rotation Time
*) G	1 ... 100	GAP Update Factor
*) in_ring_desired	true or false	Request entry into or exit out of the logical Token Ring
*) HSA	2 ... 126	Highest Station Address in PROFIBUS
*) max_retry_limit	1 ... 8 (preferable 1)	Maximum number of retries
*) Solo posible en Estaciones Maestras		

En la Tabla 4.5, se enumeran los principales parámetros de bus que han de inicializarse obligatoriamente.

- **TS** : Dirección de la estación en el bus (no pueden existir dos estaciones con la misma dirección en el bus). Como es lógico, este parámetro es específico de cada estación.
- **Baud_rate** : Velocidad de transmisión en kbit/s. Una vez seleccionada, se define el *bit time* (T_{BIT}) como el tiempo necesario para la transmisión de un bit de información, es decir: $T_{BIT} = 1 / \text{Baud_rate}$ (en bits/s). Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones.
- **Medium_red** : Se indica aquí si existe o no redundancia.
- **T_{SL}** : Tiempo durante el cual el transmisor de un mensaje espera el reconocimiento por parte del destinatario. Cuando se sobrepasa, se repite o no la transmisión de acuerdo con el valor de **max_retry_limit**. Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones.
- **min T_{SDR}** : Mínimo tiempo que debe esperar el destinatario de un mensaje para enviar el reconocimiento al transmisor del mismo. Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones.
- **max T_{SDR}** : Máximo tiempo que debe esperar el transmisor antes de enviar un nuevo mensaje. Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones.
- **T_{QUI}** : Tiempo que una estación transmisora debe esperar tras enviar un mensaje para activar su receptor. Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones maestras.
- **T_{SET}** : Mínimo tiempo de espera entre la recepción de un reconocimiento y el envío de un nuevo mensaje por parte del transmisor. Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones maestras.
- **T_{TR}** : Tiempo predeterminado para que el testigo pase por todas las estaciones del anillo lógico. Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones maestras.

- **G** : Después de transcurrido el tiempo " $G * T_{TR}$ ", el área de direcciones libres entre dos estaciones activas debe ser chequeado por la estación con dirección más baja para detectar si existe una nueva estación que desea entrar en el anillo lógico. Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones maestras.

- **in_ring_desired** : Indica si la estación va a entrar en la red PROFIBUS como esclava o como maestra. Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones maestras.

HSA : Especifica la dirección más alta permitida para una estación maestra en el bus. Las direcciones de estaciones esclavas pueden ser mayores que **HSA**. Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones maestras.

- **max_retry_limit** : Especifica el número máximo de veces que el transmisor repetirá el envío de un mensaje cuando no reciba el reconocimiento del mismo por parte del destinatario. Este parámetro debe ser igual en todas las estaciones maestras.

Además de controlar el acceso al medio y el tiempo de rotación de testigo, en la capa FDL existen una serie de servicios de transferencia de datos disponibles para el usuario a través de dicha capa. Los servicios se llevan a cabo usando una serie de primitivas (con sus correspondientes parámetros) denotadas por FDL_XXXX.request. Tras completar el servicio se devuelve al usuario una primitiva FDL_XXXX.confirm. Si ocurre algo inesperado en la estación remota se le indica al usuario por FDL_XXXX.indication.

El acceso de la aplicación a estas formas básicas de comunicación así como los varios servicios de la capa 2 es garantizado mediante los llamados Puntos de Acceso al Servicio (SAP). Estos SAPs son usados por las capas superiores para presentar todas las tareas de comunicaciones a los respectivos programas de aplicación.

La Figura 4.13 muestra la interacción de primitivas.

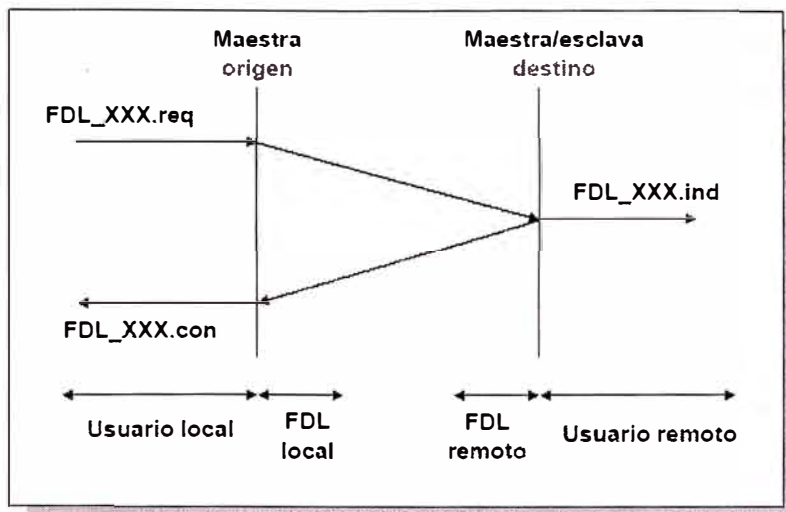


Fig. 4.13 Interacción de Primitivas

A continuación se presenta los parámetros de las Primitivas :

- **SSAP**. SAP del usuario local.
 - **DSAP**. SAP del usuario remoto. Si por razones de eficiencia no se emplean SAP, los campos anteriores toman el valor NIL y se trabaja con el SAP por defecto.
 - **Rem_add (Remote_address)**. Dirección FDL de la estación remota.
 - **Loc_add (Local_address)**. Dirección FDL de la estación local.
- L_sdu (Link service_data_unit)**. Contiene los datos de usuario que van a ser transferidos por el controlador FDL.
- **Serv_class (Service_class)**. Define la prioridad de los datos:
 - High prority (high)**: mensajes temporales críticos, como alarmas y datos de sincronización y coordinación,
 - Low priority (low)**: Datos menos urgentes; datos de proceso, diagnóstico o programa.
 - **L_status (Link_status)**. Indica el éxito o fracaso de una primitiva de request o si existen o no errores temporales o permanentes.
 - **Update_status**. Especifica si los datos han sido pasados o no al controlador FDL.

- **Transmit.** Indica si la actualización (Update) se transmite una vez o varias.

- **Poll list.**

PROFIBUS ofrece tres servicios de transferencia de datos para envíos y recepciones acíclicos:

- SDA (Send Data with Acknowledgement);
- SDN (Send Data with No Acknowledgement);
- SRD (Send and Request Data with Reply).

a) SDA (Send Data with Acknowledgement)

Permite al usuario en una estación maestra enviar datos a una única estación remota y recibir inmediatamente la confirmación.

En la estación remota se entrega el L_sdu al usuario remoto, si se ha recibido sin errores

Al usuario local la capa FDL le envía confirmación de la recepción de los datos, si ha recibido reconocimiento de la estación remota. Si dentro del Slot Time no se recibe la confirmación, se realizará el número indicado de reintentos, tras los cuales se remitirá un reconocimiento negativo al usuario local.

Entre la transferencia de los datos y la recepción de su reconocimiento ningún otro tráfico tiene lugar en el bus.

La Figura 4.14 muestra la interacción de primitivas en SDA

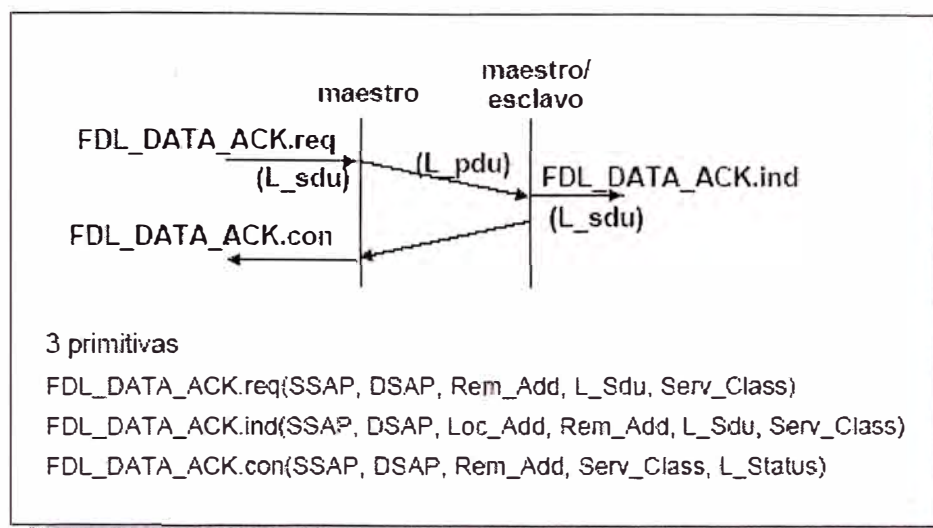


Fig. 4.14 Interacción de Primitivas en SDA

a) SDN (Send Data with No Acknowledgement)

Además de enviar datos a una única estación, permite enviar a todas las estaciones (broadcast) o a un grupo de ellas (multicast). Para estos dos casos los bits 1 a 7 de la dirección destino deben estar a 1 (dirección global 127). El grupo de estaciones para multicast se identifica por una dirección de SAP.

El usuario local recibe confirmación de la transferencia de los datos, pero no de si se han recibido correctamente. No hay reintentos.

Una vez que los datos son enviados alcanzan todos los usuarios remotos a la vez, pero sólo los controladores FDL que identifiquen su propia dirección y que hayan recibido sin error lo pasarán a su usuario remoto

La Figura 4.15 muestra la interacción de primitivas en SDN.

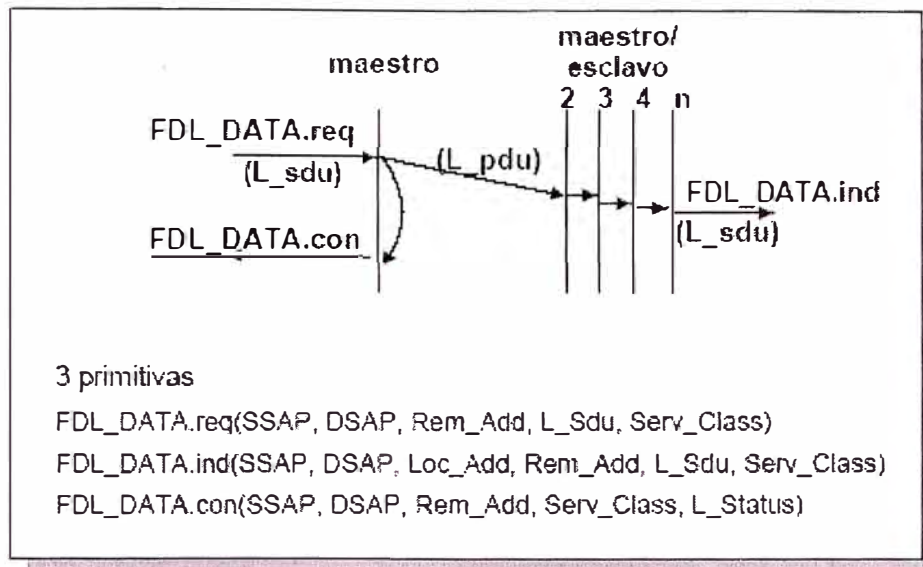


Fig. 4.15 Interacción de Primitivas en SDN

b) SRD (Send and Request Data with Reply)

Permite transferir datos a una única estación remota y al mismo tiempo solicitar datos que el usuario remoto había dejado disponibles previamente. La transferencia de datos, en este caso, es opcional.

Tan pronto como se recibe la trama sin error, se transmiten los datos solicitados. El usuario local recibe los datos pedidos o una indicación de que no estaban disponibles (ambos casos suponen la confirmación de la recepción de los datos transferidos) o una confirmación de la no recepción de los datos transmitidos. Si ocurre un error durante la transferencia, la capa FDL del usuario local repite tanto los datos como la petición.

Entre la transmisión original y la respuesta ningún otro tráfico tiene lugar en el bus.

La Figura 4.16 muestra Intercambio de datos SRD entre maestro y esclavo, mientras que la Figura 4.17, la interacción de Primitivas en SRD

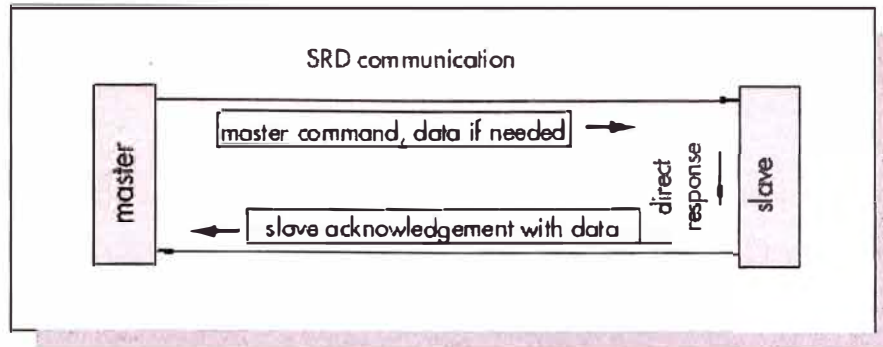


Fig. 4.16 Intercambio de datos SRD entre maestro y esclavo

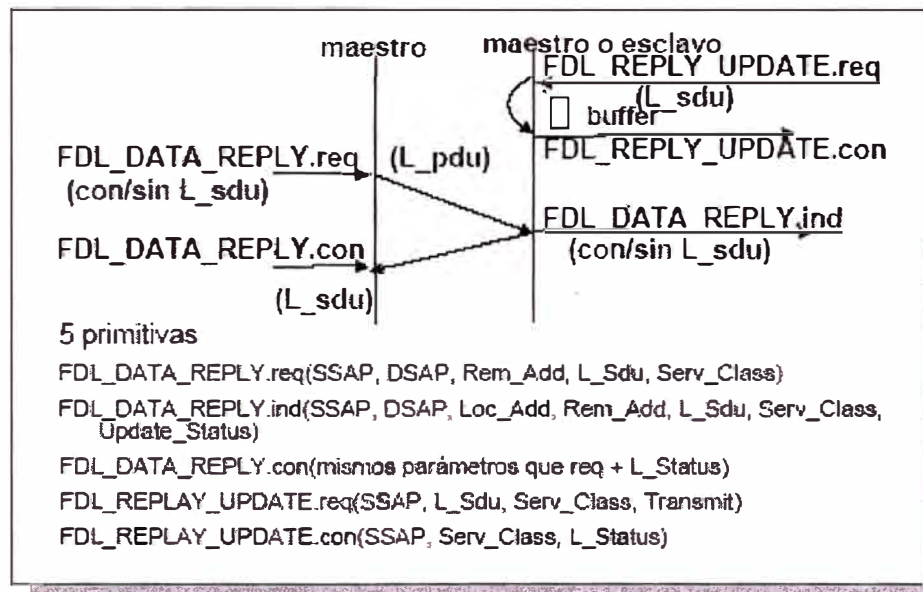


Fig. 4.17 Interacción de Primitivas en SRD

Además de estos tres servicios acíclicos, las aplicaciones industriales requieren a menudo la realización de transmisiones cíclicas. El método de consulta centralizada es adecuado para recoger información de dispositivos de campo sencillos, como sensores y multiplexores de Entrada/Salida que nunca serán dispositivos controlados por eventos ni tendrán (por razones de costo) la funcionalidad de una estación activa.

PROFIBUS ofrece la posibilidad de almacenar una lista de consulta (**Poll List**) en un nivel cercano al hardware y, basándose en el servicio acíclico SRD, implantar una consulta cíclica de las estaciones incluidas en la misma. Además, al estar realizados los

procedimientos de consulta en la capa de enlace se optimizan los tiempos de respuesta. Este servicio es el definido como **CSRD (Cyclic Send and Request Data with Reply)**.

En CSRD, después de cada transferencia y petición se espera una respuesta o confirmación inmediata. Durante un CSRD se permiten los servicios acíclicos SDA, SDN y SRD.

CAPÍTULO V

INTERFAZ DE USUARIO

5.1. Introducción

Las ilustraciones en las Figuras 4.2 y 5.1 muestran que las capas OSI 3 a 7 no son usadas con el PROFIBUS-DP y PA y que ambos sistemas utilizan una interfaz de usuario uniforme. DP y PA pueden ser considerados por consiguiente, aplicaciones estandarizadas de la capa 2.

5.2. DDLM e Interfaz de Usuario

La interfaz de usuario mas el DDLM (Direct Data Link Mapper) forman la interfaz entre el programa de aplicación y la capa 2. Con la introducción de DPV1, el DDLM provee varias funciones de servicio asíncronas, ejemplo:

DDLMLnInitiate; DDLMLnRead; DDLMLnWrite; DDLMLnAbort; DDLMLnAlarm_ack;

Estas funciones DDLM son usadas por la interfaz de usuario como una base para los servicios de comunicaciones, como puesta en marcha, mantenimiento, diagnósticos así como mensajes de alarmas.

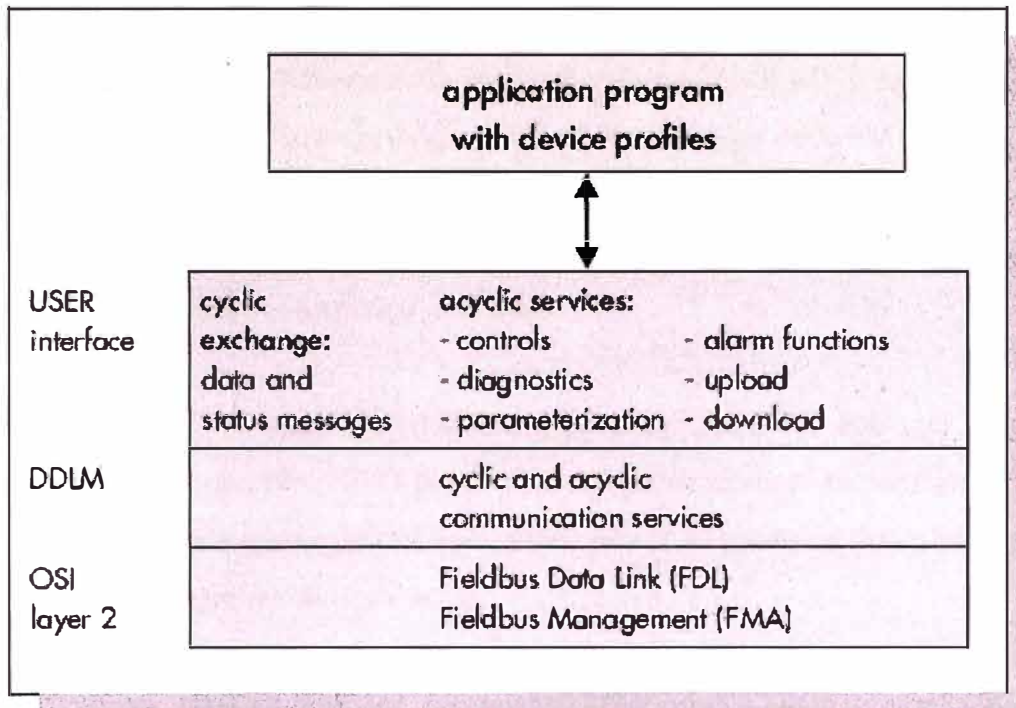


Fig. 5.1 Interfaz de usuario, DDLM y capa 2

El sistema está actualmente controlado por el maestro clase 1, utilizando intercambio de datos cíclico.

Las múltiples funciones de la interfaz de usuario forman una interfaz potente para un estado de comunicación. Aparte de eso, y llegando a los datos, los sistemas abiertos para aplicaciones de automatización de procesos requieren que los componentes de varios fabricantes puedan ser intercambiados (los términos son “intercambiabilidad e interoperabilidad”). Esto requiere una definición precisa de las interfaces de los dispositivos.

Para la definición de las interfaces, PROFIBUS-PA utiliza varios elementos o descripciones. Ellos incluyen los siguientes:

- Archivos GSD (Device Database Files).
- Perfiles de Dispositivos
- EDD (Electronic Device Description) o, como una alternativa, las especificaciones FDT (Field Device Tool).

5.3. Archivos GSD

Las características de comunicación de los dispositivos PROFIBUS son definidas en un archivo GSD (archivos de base de datos de dispositivos), que debe ser proporcionado por el fabricante del dispositivo. El intercambio de datos cíclico entre el maestro clase 1 y los dispositivos de campo puede funcionar solamente si el maestro conoce los parámetros específicos del dispositivo y formatos de datos.

Cuando se planifique un sistema PROFIBUS-PA o DP, el GSD debe ser cargado en el maestro clase 1. Los archivos GSD pueden ser cargados durante la configuración usando cualquier moderna herramienta de configuración, siendo el grado de dificultad de esta tarea dependiente del software de configuración.

Los archivos GSD proporcionan una descripción clara y comprensiva de las características de un tipo de dispositivo en un formato definido de forma precisa, y está especificado para un tipo concreto de dispositivo. El formato de archivo definido permite la configuración del sistema y es automáticamente leído al configurar el sistema del bus. Los datos técnicos relativos a la comunicación expresados en el GSD, reducen el tiempo consumido en el proyecto de ingeniería buscando esta información en los manuales técnicos. Incluso durante la fase de configuración, la configuración del sistema puede ser chequeada por los posibles errores de entrada y la consistencia de los datos de entrada en relación al total del sistema.

El archivo GSD está dividido en tres secciones:

5.3.1. Especificaciones generales

Esta sección contiene información del vendedor y del nombre del dispositivo, las versiones de hardware y software, las velocidades soportadas, los posibles intervalos de tiempo para la monitorización de los tiempos y la asignación de señales al conector del bus.

5.3.2. Especificaciones relacionadas con el maestro

Esta sección contiene todos los parámetros relacionados con la información que describe un maestro, tales como el máximo número de esclavos que pueden ser conectados, la carga y descarga de opciones, ... etc. Esta sección no existe en los dispositivos esclavos.

5.3.3. Especificaciones relacionadas con el esclavo

Esta sección contiene todas las especificaciones relacionadas con el esclavo, como el número y el tipo de canales de Entrada/Salida, especificaciones de textos de diagnóstico e información de los módulos disponibles.

Una distinción es hecha entre los parámetros obligatorios y los parámetros opcionales. La definición de los grupos de parámetros permite la selección de las opciones. Además, los archivos del mapeo de bit con los símbolos de los dispositivos pueden ser integrados. El formato del GSD es diseñado de forma flexible, pudiendo redistribuirse la lista o el espacio dedicado a cada módulo. La planificación del texto puede ser también incluida en el GSD.

Para soportar los dispositivos fabricados, la página web de PROFIBUS (www.profibus.com) cuenta con un editor y una aplicación de chequeo para facilitar la generación y el chequeo de archivos GSD.

```
#Profibus_DP
;
GSD_Revision = 1
Vendor_Name = "SAMSON AG"
Model_Name = "Positioner 3785"
Revision = "V1.0"

Ident_Number = 0x3785
Protocol_Ident = 0
Station_Type = 0
FMS_supp = 0
Slave_Family = 12
;
Hardware_Release = "E 1.00 M 2.00"
Software_Release = "K 1.33 R 1.23"
;
31.25_supp = 1
45.45_supp = 1
93.75_supp = 1
MaxTsdr_31.25 = 100
MaxTsdr_45.45 = 200

MaxTsdr_93.75 = 1000
;
Redundancy = 0
Repeater_Ctrl_Sig = 0
;
Freeze_Mode_supp = 0
Sync_Mode_supp = 0
Auto_Baud_supp = 0
Set_Slave_Add_supp = 0
Min_Slave_Intervall = 100 ;
User_Prm_Data_Len = 0
Max_Diag_Data_Len = 32
;
Bitmap_Device = "SR3785_N"
;
;----- Meaning of the device related diagnostic bits:
Unit_Diag_Bit(00) = "Hardware failure electronics"
Unit_Diag_Bit(01) = "Hardware failure mechanics"
Unit_Diag_Bit(04) = "Memory error"
; etc.
```

Fig. 5.2 GSD del Posicionador PROFIBUS tipo 3785

La información completa es agrupada en párrafos los cuales están separados entre sí por palabras. Esta estructura estandarizada de los archivos GSD hace posible que el maestro de clase 1 pueda cargar e interpretar los datos independiente del fabricante de dispositivos.

5.4. EDD (Electronic Device Description)

El EDD (descripción de dispositivos electrónicos), resume las propiedades de un dispositivo de campo PROFIBUS. El lenguaje de esta descripción, puede ser usado universalmente y permite descripciones de manera independiente a cualquier fabricante, desde un simple dispositivo de campo, como un sensor o actuador, a un complejo sistema de automatización.

Las descripciones son proporcionadas en formato electrónico por el fabricante del dispositivo para el respectivo dispositivo. Los archivos EDD son leídos en las herramientas de desarrollo del sistema PROFIBUS. Por una parte, el archivo EDD describe variables y funciones de un dispositivo, y por la otra, contiene elementos de operación y visualización.

Toda la información concerniente a un dispositivo, en lo referente a su comportamiento y a su forma de comunicarse, es suministrada de manera resumida a través de los archivos GSD y EDD que son parte integral del DTM, directiva de tipos de dispositivo.

5.5. Concepto de FDT

Las herramientas de los dispositivos PROFIBUS, FDT, trabaja en la tecnología basada en el COM/DCOM de Microsoft que proporciona un acceso básico independiente de fabricantes a todas las comunicaciones. En este concepto todos los parámetros y opciones de los dispositivos de campo son proporcionados por el fabricante del dispositivo en forma de un DTM, director del tipo de dispositivo.

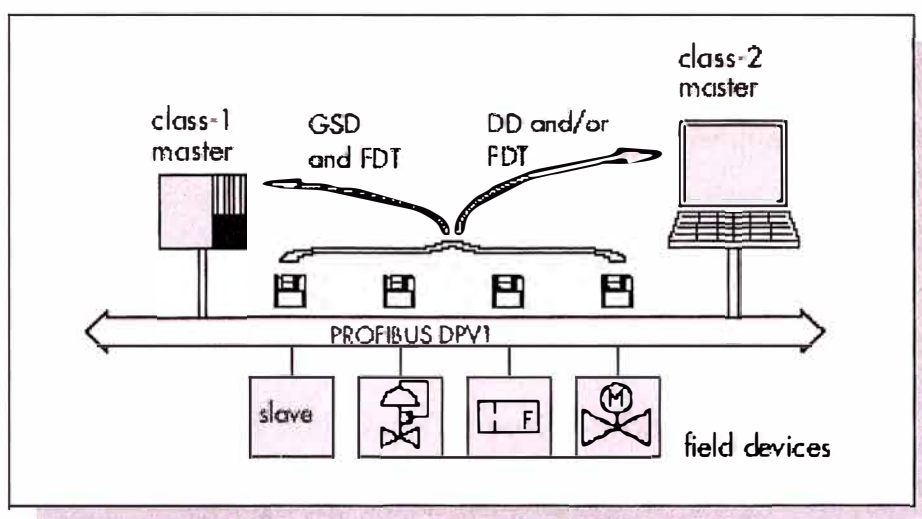


Fig.5.3. Carga de los Archivos GSD así como las especificaciones de dispositivo de fabricante y las descripciones de interfaces

5.6. Perfiles de dispositivos

Un sistema puede solamente ser operado y monitoreado independiente de los dispositivos y fabricantes si todas las funciones y parámetros del dispositivo así como los accesos a estos datos están estandarizados. PROFIBUS-PA logra esta estandarización usando los llamados Perfiles de Dispositivos.

Estos perfiles determinan como implementar la comunicación de objetos, variables y parámetros para los diferentes tipos de dispositivos de campo. Por ejemplo, los dispositivos maestros pueden tener acceso estandarizado a las funciones del dispositivo de campo.

La determinación de los Perfiles de Dispositivos tiene el efecto que las propiedades y funciones de los dispositivos de campo están predefinidas dentro de límites amplios. Por ejemplo, las variables “valor medido, límites de alarma, tipo de alarma, factor de escalamiento, banderas de estado, etc.” sirven para describir con precisión la habilidad de un transmisor para ser parametrizado.

5.6.1. Clasificación de parámetros

Los parámetros del dispositivo de campo y datos que pueden ser accedidos a través de una comunicación pueden ser divididos en tres grupos como se detalla debajo. La Figura 5.4 muestra el listado y clasificación de los parámetros para una válvula de control.

a) Valores de procesos dinámicos

Todas las mediciones, valores de estado y señales que son requeridas para controlar el sistema. El acceso cíclico a estos datos es posible para el maestro clase 1 debido a la descripción GSD. El maestro clase 2 puede leer/escribir estos datos acíclicamente.

b) Operación y parámetros estándar

Estos parámetros son exclusivamente de lectura/escritura acíclica. Los datos describen los diferentes parámetros y funciones dependiendo del tipo de dispositivo – sensor, actuador, Entrada/Salida análoga o digital, etc. Con cada dispositivo, los objetos marcados como “obligatorio” en el Perfil de Dispositivo deben ser implementados completamente. Sin embargo también está disponible la posibilidad “opcional”.

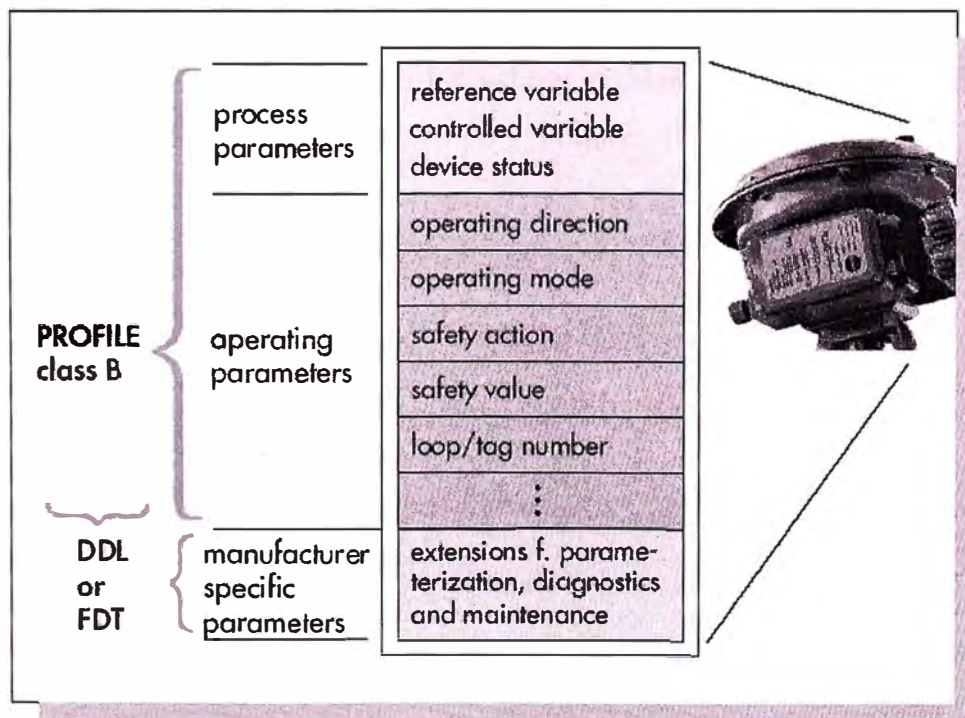


Fig. 5.4. Clasificación de los parámetros de dispositivo – Perfil clase B – para actuadores

c) Parámetros específicos de fabricante

Si un fabricante implementa funciones de dispositivo y configura variantes que vayan mas allá de las definiciones del Perfil, estas funcionalidades pueden ser descritas con los parámetros específicos del fabricante. Las extensiones están solamente disponibles a los usuarios, si el maestro clase 2 conoce como acceder los parámetros y presentar las funciones adicionales.

5.6.2. Modelo de bloques de funciones

Con los perfiles de dispositivo, PROFIBUS-PA opera sobre la base de un modelo de bloque de funciones. Este modelo agrupa los diferentes parámetros del dispositivo en varios bloques de funciones los cuales aseguran un acceso seguro y sistemático a todos los parámetros.

Debido a su asignación orientada a objetos de parámetros y funciones de dispositivo, el modelo de bloque de funciones simplifica la planificación y operación de sistemas de automatización distribuidos. Adicionalmente, este modelo asegura compatibilidad con el estándar de bus de campo internacional toda vez que una conversión a un protocolo de bus de campo internacional no requerirá de modificaciones del software de aplicación.

El modelo de bloque de funciones asigna los valores de proceso dinámico, la operación y parámetros estándar de un dispositivo de campo a bloques diferentes (Figura 5.5).

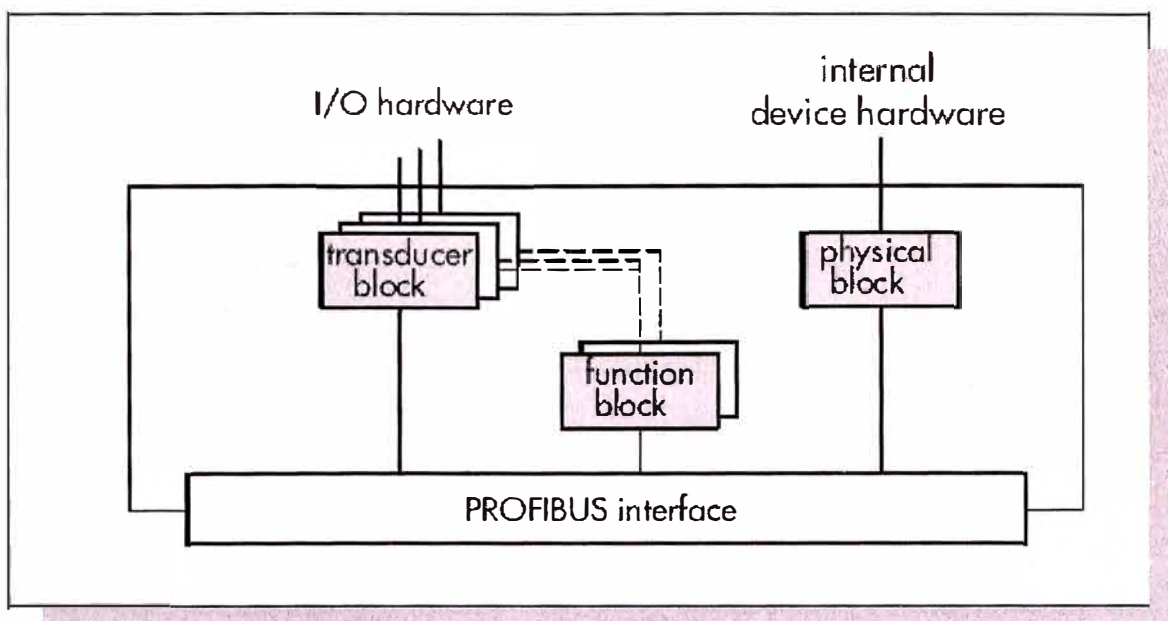


Fig. 5.5 Modelo de bloque de funciones de perfiles de dispositivos

a) El bloque de funciones

Contiene todos los datos para el procesamiento final de un valor medido y describe las funciones de dispositivo durante la operación (intercambio de datos cíclico de Entrada/Salida análoga, valores límites de alarmas, etc.).

Los siguientes bloques de funciones están disponibles

- **Bloque de Entrada Análoga (AI).** Un AI entrega el valor medido desde el sensor/TB al sistema de control.
- **Bloque de Salida Análoga (AO).** Un AO provee al dispositivo con el valor especificado por el sistema de control.
- **Entrada Digital (DI).** Un DI provee al sistema de control con un valor digital desde el dispositivo.
- **Salida Digital (DO).** Un DO provee al dispositivo con el valor especificado por el sistema de control.

b) El bloque físico

Abarca todos los parámetros y funciones requeridas para identificar el hardware y software (números de revisión, valores límites, etc.).

c) El bloque transductor

Contiene los parámetros que describen el acoplamiento de las señales al proceso y son requeridos para el pre-proceso de los datos en el dispositivo de campo (procesos de temperatura y presión, curvas características, tipos de sensores, etc.).

El modo de operación – inicialización, operación, mantenimiento o diagnóstico determinan que parámetros y bloques deben ser usados. Por ejemplo, durante la operación, los parámetros del bloque de funciones son usados casi exclusivamente, mientras durante mantenimiento e inicialización, los parámetros del bloque físico y transductor son usados primariamente. Para diagnóstico, la información es requerida desde todos los bloques del árbol.

Durante la operación, un bloque transductor puede ser asignado firmemente a cada bloque de función. Los procesos de sistema y datos de sistema guardados en los bloques transductores pueden ser usados por el dispositivo de campo para pre-proceso de sus propios datos y, así proveer al maestro con información del proceso extendido. El mas extenso es el bloque transductor definido por el perfil de dispositivo, el mas variado es la información de proceso proveída por el dispositivo de campo respectivo.

5.6.3. Perfiles A y B

PROFIBUS-PA diferencia los perfiles de dispositivos en clases A y B. En principio, solamente fueron definidos los perfiles de clase A para los transmisores mas importantes (temperatura, presión, nivel, velocidad de flujo) y válvulas de control.

- **Los perfiles de clase A** contienen las características que describen las funciones básicas del dispositivo. El perfil de dispositivo A está limitado absolutamente a los parámetros básicos necesarios que son requeridos para operaciones de proceso en procesos de ingeniería. Esto incluye solamente parámetros de los bloques de función y físico, ejemplo

la variable de proceso, el estado del valor medido, la unidad física así como el número de etiqueta.

Los perfiles de clase B extienden el alcance disponible de las funciones de los dispositivos. El perfil de dispositivo B comprende los 3 bloques del modelo de bloque de funciones y objetos diferenciados cuya implementación es obligatoria y puede ser proveída por el fabricante opcionalmente.

En el ejemplo de la definición de Perfil para válvulas de control (ver Tabla 5.1), se puede ver como los bloques de funciones pueden ser asignados a los perfiles A y B, esto deja claro que el perfil de dispositivo A es un subconjunto del perfil B. El perfil A es usado si no hay un perfil de dispositivo B especial para un tipo de dispositivo de campo específico. Por ejemplo el Posicionador PROFIBUS SAMSON tipo 3785, siempre encuentra las funciones y parámetros del perfil de dispositivo A como subconjunto.

El perfil B define tres bloques principales, los bloques físico, función y transductor. Dependiendo de la versión del dispositivo, el bloque de funciones puede ser asignado a un bloque transductor diferente (seleccionado). Para dispositivos multicanal con funciones extendidas, los bloques de funciones adicionales están disponibles como una opción.

TABLA N° 5.1 Modelo de bloque de funciones para válvulas de control

	Perfil clase A	Perfil clase B
Bloque físico	m	m
Bloque de función de salida análoga	m	m
Bloque transductor:	-	m
Bloque transductor electroneumático	-	s
Bloque transductor eléctrico	-	s
Bloque transductor electrohidráulico	-	s
Bloques de función adicionales	-	o
Bloques transductores adicionales	-	o
Obligatorio (m), seleccionado (s) opcional (o)		

5.7. Secuencia de comunicación y mecanismos de protección de error

PROFIBUS-PA y DP están equipados con una variedad de mecanismos de seguridad para asegurar comunicación libre de errores. Por ejemplo, durante la inicialización del sistema, son revisados posibles fuentes de error.

Después de que el sistema es puesto en funcionamiento, los esclavos están listos para intercambiar datos solamente si el maestro primero envía una parametrización, es decir, un mensaje de configuración. Solo cuando estos mensajes establecen sus propiedades funcionales, hacen que el esclavo acepte los comandos desde el maestro. Por ejemplo, el número de líneas de salida configurado por el maestro tiene que ser establecido sobre las actualmente existentes en el dispositivo.

Con la ayuda de los comandos Get-Cfg, se puede cargar la configuración de dispositivo de todos los esclavos. Así, los errores de parametrización en la red pueden ser evitados si el maestro compara el arreglo de dispositivo planificado a la configuración actual existente. La información requerida para esto: tipo de dispositivo, número de entradas y salidas, formato y longitud de datos, es recibido vía los archivos GSD. La Tabla 5.2 muestra un ciclo de inicialización típico durante la puesta en marcha de un sistema.

- Además de la revisión de errores controlado de los mensajes de datos durante la operación, el proceso de comunicación también es monitoreado por mecanismos de seguridad controlados por tiempo y protocolo.
- Cada maestro controla la comunicación con sus esclavos por medio de temporizadores específicos los cuales son usados para revisar la secuencia de tiempos del tráfico de datos importantes.
- Con los esclavos, una función de monitoreo conmuta las salidas en un estado seguro predefinido si no hay tareas de transferencia de datos del maestro dentro de un intervalo de tiempo fijo.

TABLA N° 5.2 Inicialización de un sistema PROFIBUS

Secuencia de inicialización		
	Tarea:	Comando:
Cargar configuración de esclavos:	El maestro revisa la configuración de la red	Get_Cfg
Escribir parámetros de los esclavos:	Servicios de comunicación Parámetros de la red	Set_Prm
Configurar esclavos:	Entradas/Salidas	Set_Cfg
Cargar configuración de los esclavos:	El maestro revisa la configuración	Get_Cfg

- Las salidas de los esclavos son adicionalmente aseguradas por protección de acceso. Esto asegura en sistemas multimaestro que el acceso a escritura es solamente permitido al maestro autorizado mientras que la lectura de entradas y salidas puede también ser configurado sin derechos de acceso.

La seguridad del sistema es incluso mayor porque cada maestro clase 1 reporta cíclicamente sus propios estados de sistema a todos los esclavos asignados dentro de un intervalo de tiempo configurable usando un comando multicast. El maestro puede ser parametrizado de tal forma que puede conmutar todos los esclavos a un estado seguro y finalice la operación de transferencia de datos en caso de un error del sistema, ejemplo cuando un esclavo falla.

5.8. Número de Identificación

Cada esclavo PROFIBUS y cada maestro PROFIBUS tipo 1 debe tener un número ID. El maestro requiere de este número para poder identificar el tipo de dispositivo conectado. El maestro compara el número ID del dispositivo conectado con el número ID especificado por la herramienta de configuración en los datos de configuración. La transferencia de datos no comienza hasta que el tipo de dispositivo correcto con la dirección correcta no ha sido conectado al bus. Esto proporciona un alto grado de seguridad contra configuraciones erróneas. El número ID depende del tipo de dispositivo, siendo la asignación de este número reglada por la organización de PROFIBUS.

Un especial rango de números ID han sido reservados para dispositivos de campo PA: 9700H – 977FH. Todos los dispositivos de campo PA deben tener un número ID dentro de este rango de datos específico. La definición de este rango concreto de números facilita la interconexión de los dispositivos. Dentro de este rango las direcciones, como se ha dicho

antes, deben ser asignadas a los dispositivos según su categoría, por ejemplo la dirección 9760H es reservada para dispositivos de campo PA multivariables.

CAPÍTULO VI

SOLUCIÓN SIMATIC PCS 7 DE SIEMENS

6.1. Ventajas de la automatización con PROFIBUS-PA

- Sistema modular totalmente integrado desde los sensores hasta el nivel de gestión, abierto a nuevos modelos de planta;
- Libre de problemas de intercambio de dispositivos de campo de diferentes vendedores que cumplen con el perfil estándar;
- Conexión de transmisores, válvulas, actuadores, etc. a la red;
- Implementación de aplicaciones de seguridad intrínseca en atmósferas potencialmente explosivas;
- Fácil instalación con un cable de dos hilos para alimentación común y transmisión de datos;
- Reducido costo de cableado como resultado de ahorro en materiales;
- Reducido costo de configuración resultado de una simple ingeniería centralizada de los dispositivos de campo (PROFIBUS-PA y HART con SIMATIC PDM);
- Rápida instalación, libre de fallas;
- Escalamiento/digitalización de valores medidos llevada a cabo en los dispositivos de campo; esta conversión no es requerida en SIMATIC PCS 7.

6.2. PROFIBUS-PA en el entorno SIMATIC PCS 7

SIMATIC PCS 7 es el sistema de control de procesos en la red de automatización “Totally Integrated Automation” (TIA) de Siemens. Esta usa componentes estándar de hardware y software de la familia TIA como controladores, PCs, funciones de comunicaciones y Entradas/Salidas distribuidas. La gestión de datos uniforme, capacidades de comunicación y configuración de TIA ofrecen una plataforma abierta para desarrollar soluciones de automatización avanzadas, orientadas a futuro y económicas en todos los sectores de la industria de procesos, industria de fabricación e industrias híbridas.

El uso de estándares mundiales significa que el sistema es abierto y flexible en muchos aspectos. En el nivel de campo, se puede integrar un amplio rango de dispositivos de campo estandarizados (PROFIBUS DP/PA, HART).

La Figura 6.1 muestra la integración de PROFIBUS-PA en SIMATIC PCS 7. Las características más importantes de la configuración son la comunicación optimizada a lo largo de todos los niveles jerárquicos y la ingeniería central para todos los componentes.

La comunicación entre el sistema de automatización y los dispositivos de campo en PROFIBUS-PA tiene lugar vía bloques representativos en el CPU.

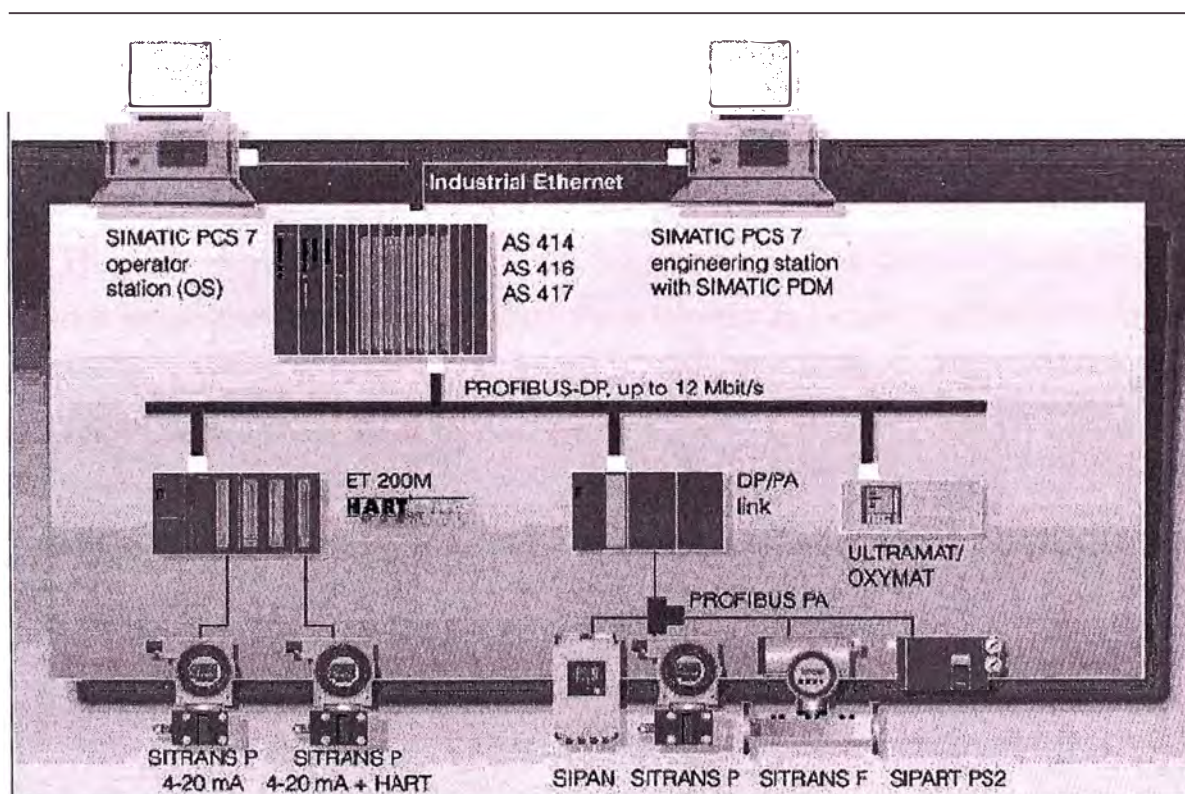


Fig. 6.1 Integración de PROFIBUS-PA en SIMATIC PCS 7

Hay cinco bloques representativos (Entrada/Salida analógica, Entrada/Salida digital, totalizador) con los cuales están cubiertos todos los dispositivos. Las entradas y salidas de estos bloques “representan” los dispositivos de campo en el CPU para facilitar el acceso al sistema de operador vía el bus de planta. Los bloques están configurados en el sistema de

ingeniería central. Los datos de configuración son también generados ahí y cargados en el acoplador DP/PA y los dispositivos de campo durante la asignación de tareas.

El software de parametrización SIMATIC PDM es usado para asignar tareas y diagnóstico de los dispositivos de campo. Esto es realizado en el sistema de ingeniería y puede comunicarse directamente con los dispositivos de campo vía los niveles de comunicación.

Se puede usar hasta 10 líneas DP por CPU para acceso al nivel de campo. Debido a que todos los componentes de campo están conectados juntos en el PROFIBUS-DP, es más fácil adaptar la instrumentación de campo a las características de la planta, ejemplo una línea DP por subsistema.

6.3. SIMATIC PDM (Process Device Manager)

Es una herramienta totalmente integrada para configuración, parametrización, asignación de tareas y diagnóstico de dispositivos de campo inteligentes y componentes.

SIMATIC PDM permite la configuración de un gran número de dispositivos de proceso de diferentes vendedores usando un software y una interfaz de usuario uniforme. Esto resulta en un seguro y significativo ahorro de costos de inversión, entrenamiento y demás costos. SIMATIC PDM puede ser usado en dos formas:

- Como una herramienta integral en STEP 7, así como un componente integral del sistema de ingeniería SIMATIC PCS 7;
- Independiente de los sistemas provistos en una PC o dispositivo programador con Windows 95/98/ME y Windows NT/2000/XP.

La Figura 6.2 muestra la interfaz de usuario del software PDM para configuración de hardware, mientras que la Figura 6.3 muestra la ventana “Lifelist”, la cual muestra información de diagnóstico y detalles de los dispositivos de campo.

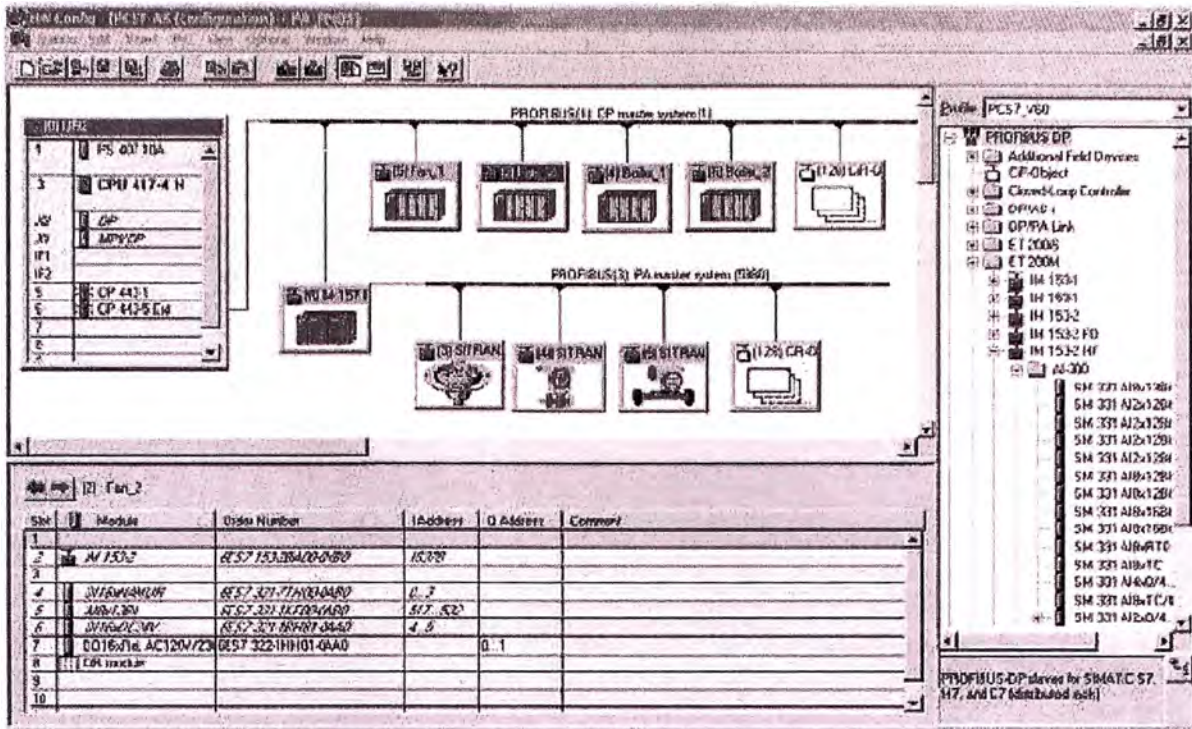


Fig. 6.2 Ventana de Hardware (HW Config) de SIMATIC PDM

La pantalla de parámetros y funciones del dispositivo (Figura 6.4) es uniforme para todos los dispositivos de proceso soportados e independiente de su enlace de comunicaciones, ejemplo vía PROFIBUS DP/PA o el protocolo HART.

Address	Device type	Device status	Manufacturer	Software Rev.	Profile Rev.	Inverter/Soft
1532	PS 1532	OK	SIEMENS AG			
0...3	DI16xDC24V	OK	SIEMENS AG			
5...8	DO16xDC24V/0.5A	OK	SIEMENS AG			
4...8	DI16xDC24V	OK	SIEMENS AG			
	DO16xDC24V/0.5A	OK	SIEMENS AG			
	CP 343-1	OK	SIEMENS AG			
	ET 200S	OK	SIEMENS AG			

Fig. 6.3. Ventana Lifelist SIMATIC PDM

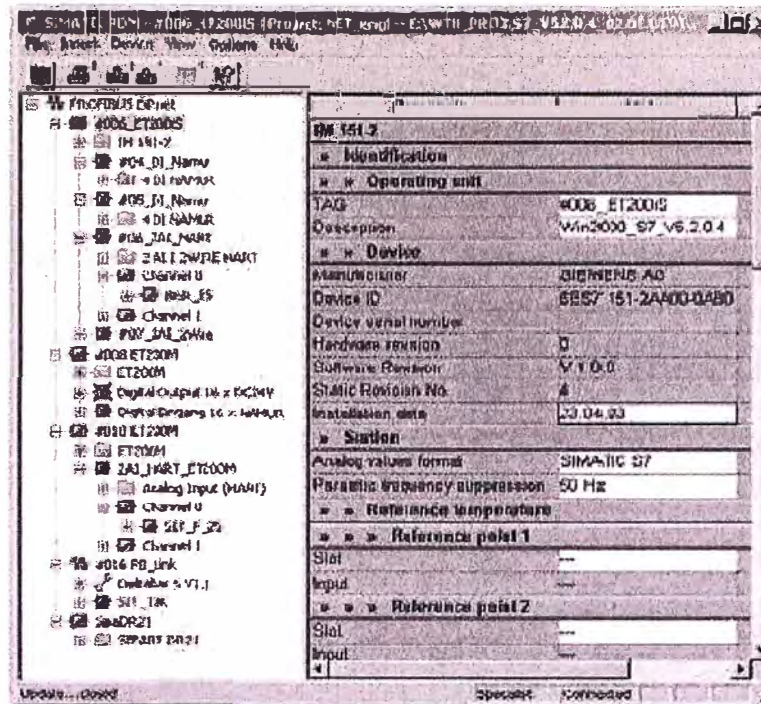


Fig. 6.4 Ventana de parámetros de dispositivos

Las funciones principales de SIMATIC PDM incluyen:

- Configuración y modificaciones de los parámetros de los dispositivos;
- Comparación del parámetro configurado correcto y actual;
- Pruebas para plausibilidad de entradas;
- Simulación;
- Diagnósticos;
- Administración.

En suma, SIMATIC PDM permite monitoreo on-line de los valores del proceso, alarmas y señales de estado de los dispositivos.

6.3.1. Interfaz de usuario

La interfaz gráfica de usuario de SIMATIC PDM cumple con las regulaciones VDI/VDE GMA 2187 y IEC 651/349/CD. Cada dispositivo con varios cientos de parámetros puede ser procesado clara y rápidamente. SIMATIC PDM puede ser usado para una navegación extremadamente simple en estaciones complejas como Entradas/Salidas remotas hasta los dispositivos de campo conectados.

La Figura 6.5 muestra los posibles puntos de conexión de SIMATIC PDM en un sistema.

Las estaciones de ingeniería en las cuales está instalado SIMATIC PDM están conectados al bus de planta. Los dispositivos pueden ser conectados en diferentes formas en el campo: dispositivos PROFIBUS-PA a los acopladores DP/PA, o dispositivos HART a los módulos de Entradas/Salidas análogas de los ET 200M o ET 200iS.

Los controladores SIPART DR y el SIMOCODE son representativos de los dispositivos PROFIBUS-DP en la Figura 6.5. El PROFIBUS-DP está conectado ahí a un sistema de automatización SIMATIC S7-400. El S7-400 permite conexión de varios segmentos DP.

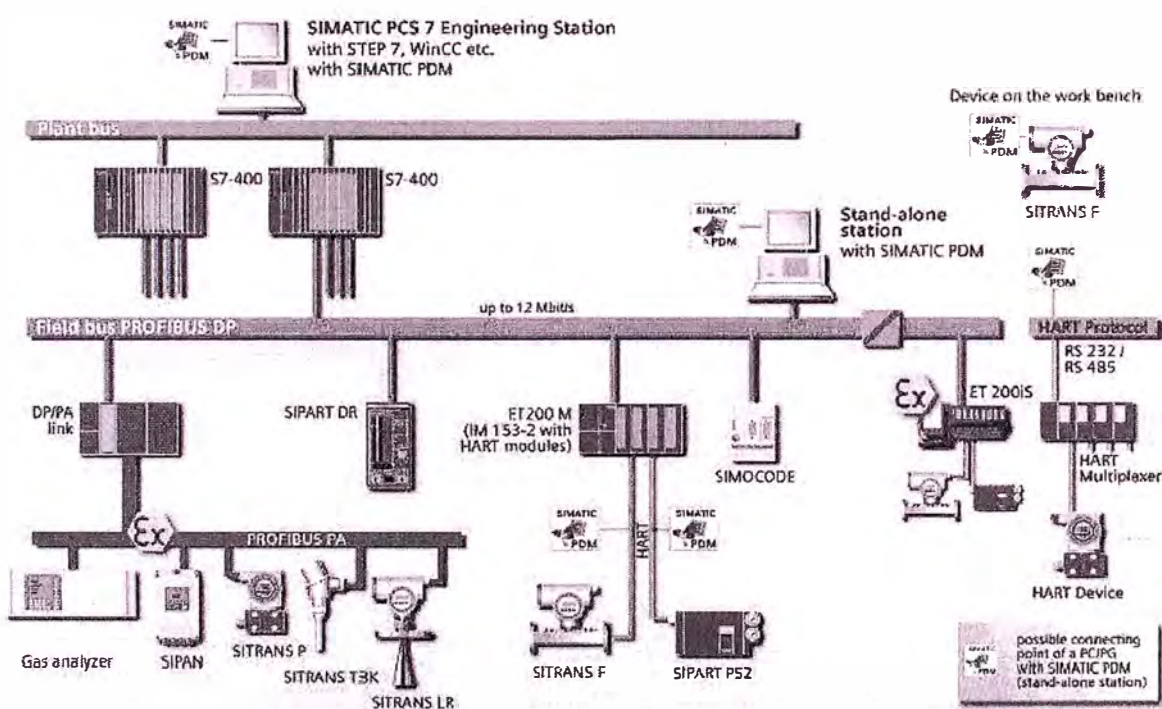


Fig. 6.5. Posibles puntos de conexión de SIMATIC PDM en un sistema

6.3.2. Enrutamiento

El enrutamiento permite acceso desde una ubicación central (comúnmente desde la estación de ingeniería) a los parámetros de los dispositivos y a los estados de algún dispositivo de proceso que es parte de una instalación. La reconexión de la interfaz DP de la PC al correcto segmento DP en cada caso es superfluo, eliminando así una posible fuente de fallos.

Es posible:

- Leer información de diagnóstico desde los dispositivos de campo;
- Modificar configuración de los dispositivos;
- Calibrar y ajustar dispositivos de campo;
- Monitorear valores del proceso;
- Generar simulación de valores en el dispositivo de campo;
- Modificar los parámetros del dispositivo de campo.

6.3.3. Comunicación

SIMATIC PDM soporta varios protocolos de comunicación y componentes para comunicación con los siguientes dispositivos:

a) Dispositivos con interfaz PROFIBUS-DP

Estas están conectadas directamente en el PROFIBUS-DP. Un ejemplo es el controlador de procesos SIPART DR20.

b) Dispositivos con interfaz PROFIBUS-PA

Ejemplo el transmisor SITRANS P

c) Estaciones de Entrada/Salida remotas

Ejemplo el ET 200M. El dispositivo PROFIBUS-PA soportado por SIMATIC PDM está conectado al segmento PROFIBUS-DP vía un acoplador DP/PA.

Los dispositivos PROFIBUS totalmente integrados pueden ser parametrizados, así como también los dispositivos PROFIBUS con los siguientes perfiles PA de versiones 2.0 y 3.0:

- Presión y temperatura;
- Nivel y flujo;
- Actuadores;
- Entradas/Salidas discretas;
- Analizadores (solo perfil PA versión 3.0).

6.4. Diagnósticos con PROFIBUS-PA y SIMATIC PCS 7

La Figura 6.6 izquierda muestra la ventana de Diagnósticos en la estación de operador con topología de planta. Un dispositivo de campo está fallando (símbolo rojo en la línea PROFIBUS-PA). El mensaje asociado “Deviation” es mostrado en la línea de mensaje. Presionando el bloque del dispositivo de campo que falla, se abre una ventana de procesos (derecha) en la cual un operador puede reconocer que la válvula de entrada fue cerrada y no puede ser abierta. SIMATIC PDM puede ser usado si se requiere leer información detallada futura desde el dispositivo de campo.

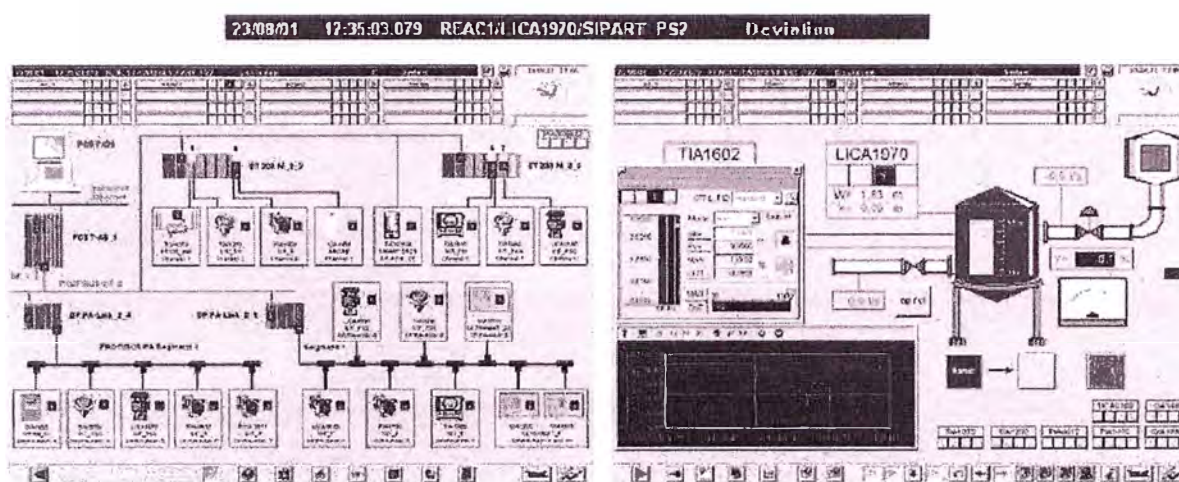


Fig. 6.6 Ventana de diagnóstico SIMATIC PCS 7

6.4.1. Información de estado desde dispositivos PROFIBUS-PA

Cada dispositivo PROFIBUS-PA entrega un estado junto con cada valor medido. Este estado contiene una variedad de información de diagnóstico en el valor medido entregado por el dispositivo, de acuerdo con el perfil de definición del PROFIBUS International (PNO).

La información de diagnóstico estándar entregado por los dispositivos PROFIBUS-PA incluye:

- Fallas de dispositivo,
- Requerimiento de mantenimiento,
- Modo de operación (operación automático o local) de un posicionador,
- Falla de configuración, etc.

6.4.2. Compresión de información usando bloques de función SIMATIC PCS 7 estándar

La información de entrada puede ser interpretada, comprimida o entregada como un mensaje alfanumérico en SIMATIC PCS 7 usando bloques CFC estándar, basados en la definición de perfil PNO.

6.4.3. Bloques de diagnóstico PCS 7 para dispositivos de campo Siemens

En relación a esto, los bloques de diagnóstico están disponibles, sintonizados especialmente para dispositivos de campo Siemens y listos para usar.

Estos bloques proveen mensajes de texto precisos óptimamente relacionados al dispositivo respectivo, los cuales se comprenden mejor que los definidos en el perfil. El ejemplo incluye:

- “Deviation fault” (SIPART PS2), ejemplo resultado de una falla de aire comprimido (Figura 6.6)
- “Function check” (ULTRAMAT/OXYMAT)

Además, los bloques de diagnóstico proveen evaluación de los estados con respecto al tiempo, ejemplo para el mensaje “Continuous overload”.

Para dispositivos de campo específicos, los bloques de diagnóstico también tienen una interfaz para funciones de usuario.

Este grado de conveniencia incrementado está ofrecido para los siguientes dispositivos de campo PROFIBUS-PA de Siemens:

- SITRANS P,
- SITRANS T,
SITRANS F US,
- SITRANS LR,
- SIPART PS2,
- ULTRAMAT,

- OXYMAT, o
- SIPAN.

6.5. Acoplador DP/PA y DP/PA Link

Para garantizar una transición libre de problemas entre PROFIBUS-DP y PROFIBUS-PA con sus diferentes sistemas de transmisión, SIMATIC provee un rango de acopladores DP/PA y DP/PA Links como gateways. Su respectiva aplicación depende del tipo de planta, requerimientos de presentación y el sistema de automatización usado:

- El acoplador DP/PA (Figura 6.7) es usado para redes pequeñas de bajas exigencias (bajos requerimientos de temporizado).
- El DP/PA Link es usado para redes completas de alta velocidad (altos requerimientos de temporizado) e integradas al sistema.

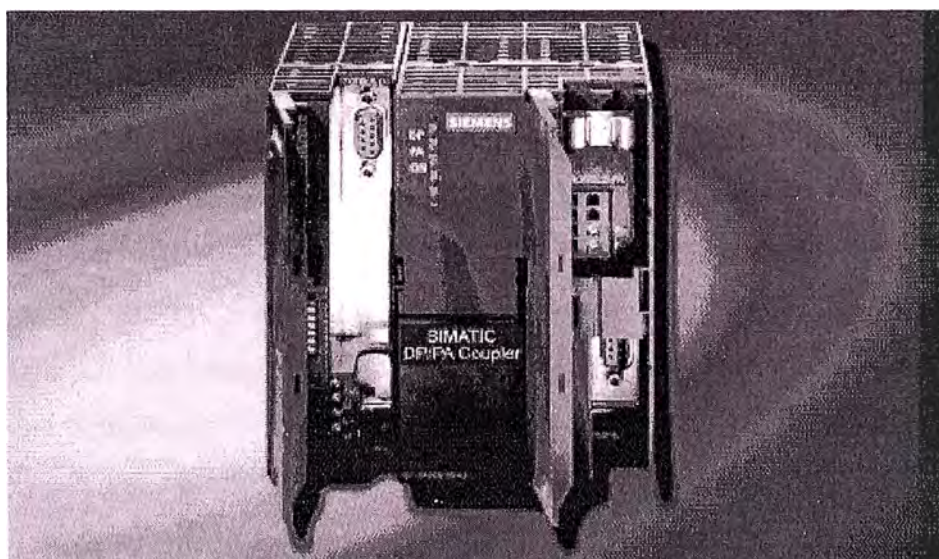


Fig. 6.7 Acoplador DP/PA SIMATIC

6.5.1. DP/PA Link

a) Aplicación

El DP/PA Link es un gateway muy simple que enlaza PROFIBUS-DP con PROFIBUS-PA de forma que se evita la desconexión de la transmisión de datos. Permite el diseño de sistemas grandes con volúmenes de direcciones extensas y requisitos exigentes con respecto al tiempo de ciclo. Esto puede ser operado en maestros PROFIBUS-DP estándar.

b) Modo de operación

El DP/PA Link funciona como un esclavo en el PROFIBUS-DP y como un maestro en el PROFIBUS-PA. Desde el punto de vista de sistema de automatización o sistemas de control de procesos, el DP/PA Link es un esclavo modular. Los módulos individuales de este esclavo son los dispositivos de campo conectados al nivel inferior del sistema PROFIBUS-PA. Los dispositivos de campo son direccionados indirectamente vía el DP/PA Link.

Gracias al desacoplo de la transmisión de datos, la máxima velocidad de transmisión de 12 Mbits/s puede ser utilizado en el lado DP.

La capacidad de direccionamiento del sistema es considerablemente incrementado debido a que se pueden conectar hasta 31 dispositivos de campo al DP/PA Link, pero el DP/PA Link solo reserva una dirección PROFIBUS DP.

c) Diseño

El DP/PA Link tiene un diseño modular acorde al formato S7-300 (Figura 6.8). Esto comprende el módulo de interfaz IM 157 y uno o mas acopladores DP/PA en las versiones para aplicaciones peligrosas o no peligrosas.

Las versiones del DP/PA Link para aplicaciones peligrosas y no peligrosas también se pueden realizar por combinación del IM 157 con versiones del acoplador DP/PA para áreas peligrosas y no peligrosas.

Este sistema modular puede ser ampliado hasta 5 líneas PROFIBUS-PA por conexión DP. Estas líneas son aisladas físicamente en lo que comprende a fuente de alimentación, pero constituye un sistema de bus para aspectos de comunicación.

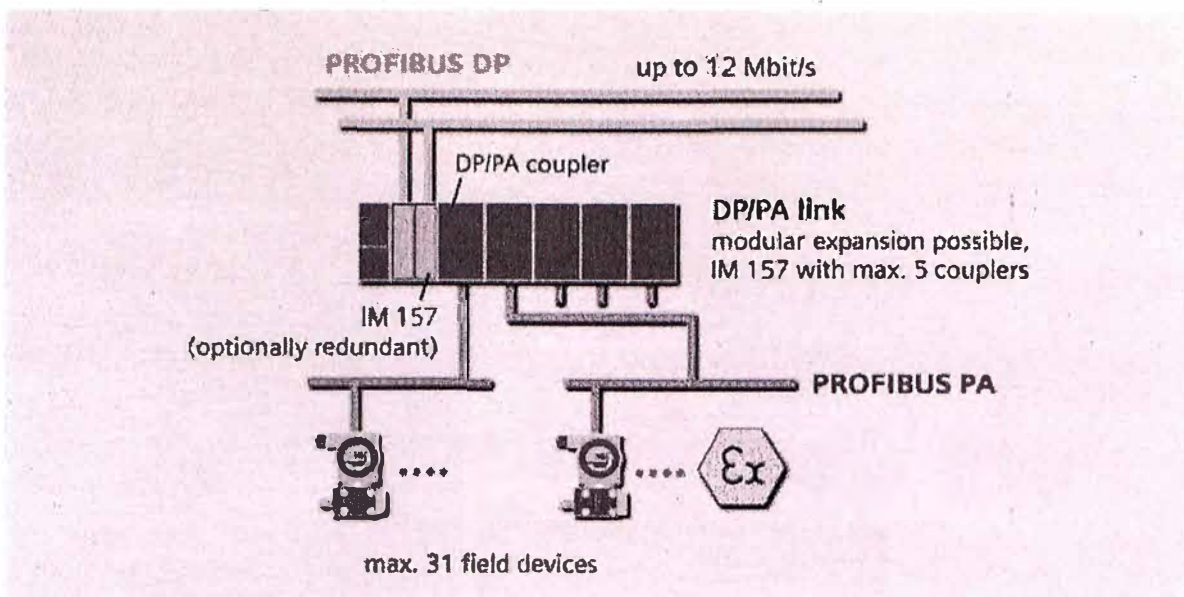


Fig. 6.8 Conexión de un DP/PA Link

6.6. Dispositivos de campo inteligentes compatibles con PROFIBUS-PA

Siemens ofrece un completo rango de dispositivos de campo inteligentes para uso con el sistema de control de procesos SIMATIC PCS 7 que permite automatización y control en el nivel de campo:

- Dispositivos de proceso;
- Analizadores;
- Sistemas de pesado;
- Instrumentos de panel;
- Drivers

Los dispositivos de campo identificados por el símbolo ^{PDM} pueden ser parametrizados usando SIMATIC PDM.

6.6.1. Dispositivos de proceso

Los dispositivos de proceso están disponibles en versiones compatibles con PROFIBUS o HART (ver Figuras 6.9 y 6.10).

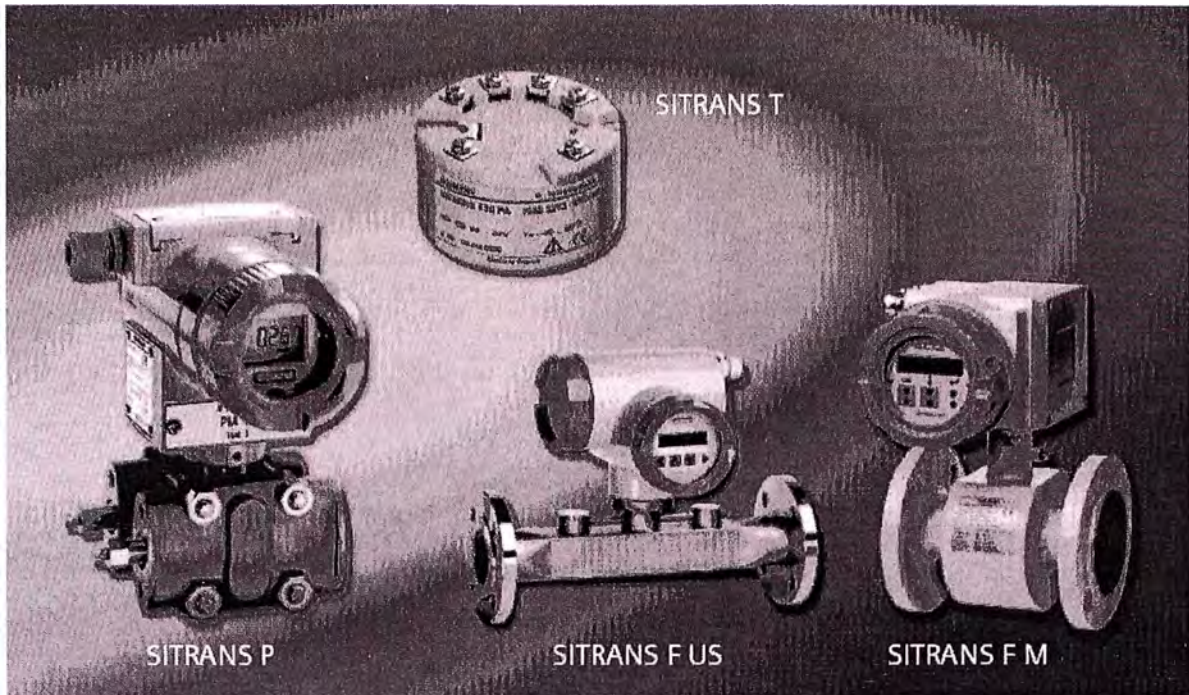


Fig. 6.9 Dispositivos de proceso SIMATIC

a) Transmisores para mediciones de presión ^{PDM}

Los transmisores SITRANS P (ver Figura 6.9) son convenientes para mediciones de flujo, presión y nivel de gases, vapores y líquidos corrosivos y no corrosivos. Varias celdas de medición son usadas para los diferentes requerimientos y permiten una exactitud óptima para la tarea respectiva. Con una celda de medición completamente soldada, el SITRANS P es hermético en vacío, tiene una excepcional capacidad para tolerancia a la sobrepresión, resultando en una larga vida útil. Estos transmisores están diseñados para presiones absolutas y diferencial desde 1 mbar a 400 bar.

b) Medidores de flujo ^{PDM}

El medidor de flujo ultrasónico SITRANS F US (ver Figura 6.9) con el patentado pasaje helicoidal de sonido es usado para medir flujo de líquidos conductivos y no conductivos, ejemplo: solventes, líquidos orgánicos y condensados.

Adicionalmente a la señal para el flujo, el dispositivo entrega datos adicionales de los cuales se puede extraer información que puede ser derivado en la calidad del producto. Las ventajas principales están en la alta exactitud de medición, el flujo sin pérdidas de

presión, el amplio rango dinámico, las propiedades multisensor y el bajo costo de mantenimiento debido a que no se requiere mover sus partes.

El medidor de flujo electromagnético SITRANS F M (ver Figura 6.9) mide el flujo de medios eléctricamente conductivos sobre $0,008 \mu\text{S/cm}$. Los líquidos homogéneos pueden ser medidos, incluyendo medios fluidos con partículas sólidas como pastas y lodos. Son permisibles velocidades de flujo de hasta 12 m/s.

c) Medidores de temperatura ^{PDM}

SITRANS T (ver Figura 6.9) es usado para medir temperaturas. Su entrada universal provee flexibilidad de modo que se pueden conectar todos los sensores de temperatura comunes y fuentes de voltaje DC:

- Termómetros de resistencias Pt 100;
Termocuplas;
- Sensores/Potenciómetros basados en resistencia desde 24Ω a $6\,000 \Omega$, y
- Fuentes de voltaje DC con divisiones desde 17 mV a 1,12 V

El rango completo de temperatura estandarizado puede ser medido para varios sensores. Las características de todos los sensores están linealizados.

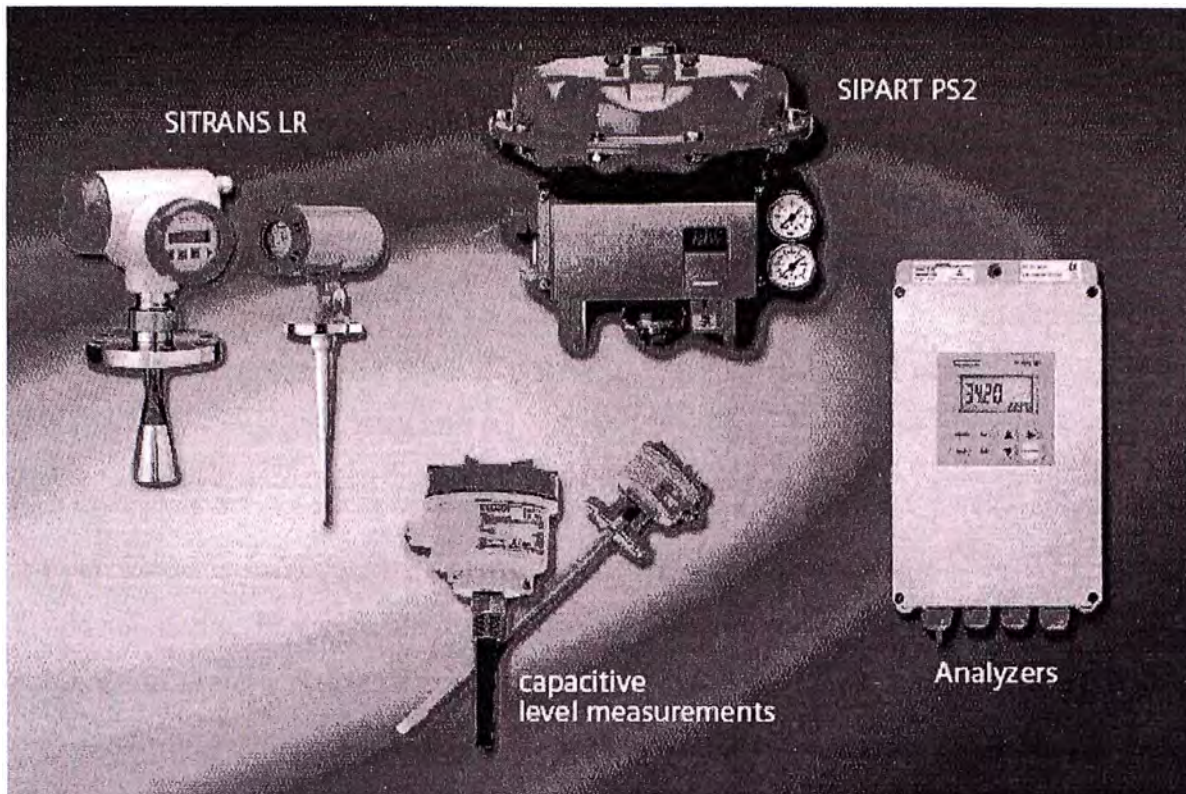


Fig. 6.10 Otros dispositivos de proceso y analizador SIMATIC

d) Medidores de nivel ^{PDM}

SITRANS LR 400 (ver Figura 6.10) es un medidor de nivel de radar de alta frecuencia para la industria de procesos, caracterizado por su alta exactitud y amplio rango de mediciones.

SITRANS LR 300 (ver Figura 6.10) es un medidor de nivel que opera con la tecnología de pulso de microondas patentado por Siemens y provee excepcional fiabilidad en las mediciones sobre condiciones de operación difíciles. El dispositivo puede ser usado en envases presurizados, en medios explosivos o no explosivos, en aplicaciones donde están presentes gran cantidad de vapor o polvo y en aplicaciones de alta temperatura.

Además de estos dos instrumentos de nivel, Siemens también tiene varios medidores de nivel ultrasónicos para una variedad de aplicaciones. Estos incluyen dispositivos compactos para medición de nivel de líquidos, sólidos o lodo y un sistema para monitoreo y control para estaciones con bombas.

e) Medidores para medición capacitiva de nivel

SITRANS LC 500 (ver Figura 6.10) es un ideal medidor de nivel capacitivo para uso en condiciones de presión y temperatura extremas. La tecnología de blindado activo patentado por Siemens protege esto de suciedad, depósitos, vapor y condensación.

El conmutador de nivel SITRANS LS (ver Figura 6.10) es usado para determinar niveles predefinidos de volúmenes de materiales, lodo o interfaces. El medidor está basado en el principio ultrasónico sin contacto o usando electrodos capacitivos altamente sensitivos.

f) Posicionador inteligente para válvulas de control neumático ^{PDM}

El posicionador electroneumático SIPART PS2 asegura que la válvula de control es comandado por el sistema de control y también provee realimentación al sistema de control guardando la posición actual de la válvula todo el tiempo. El posicionador SIPART PS2 está disponible en versiones compatibles con PROFIBUS y HART.

SIPART PS2 también está disponible para uso en áreas peligrosas.

6.6.2. Analizadores

a) Análisis de líquidos ^{PDM}

Los analizadores de líquidos Siemens de la banda SIPAN (ver figura 6.10) están disponibles para mediciones de pH, conductividad y oxígeno disuelto. Estos analizadores tienen compatibilidad con PROFIBUS-PA. Las versiones intrínsecamente seguras están disponibles para aplicaciones en áreas peligrosas.

b) Analizadores de gases ^{PDM}

ULTRAMAT 6 opera con el principio NDIR dual, mide gases IR-activos como CO/NO/SO₂, CO₂, N₂O y CH₄.

- OXYMAT 6 opera de acuerdo al principio de presión alternada paramagnética y es usado para medir oxígeno en gases.

- CALOMAT 6 mide la conductividad térmica específica para determinar la concentración de hidrógeno y gases nobles.

6.6.3. Sistemas de pesado

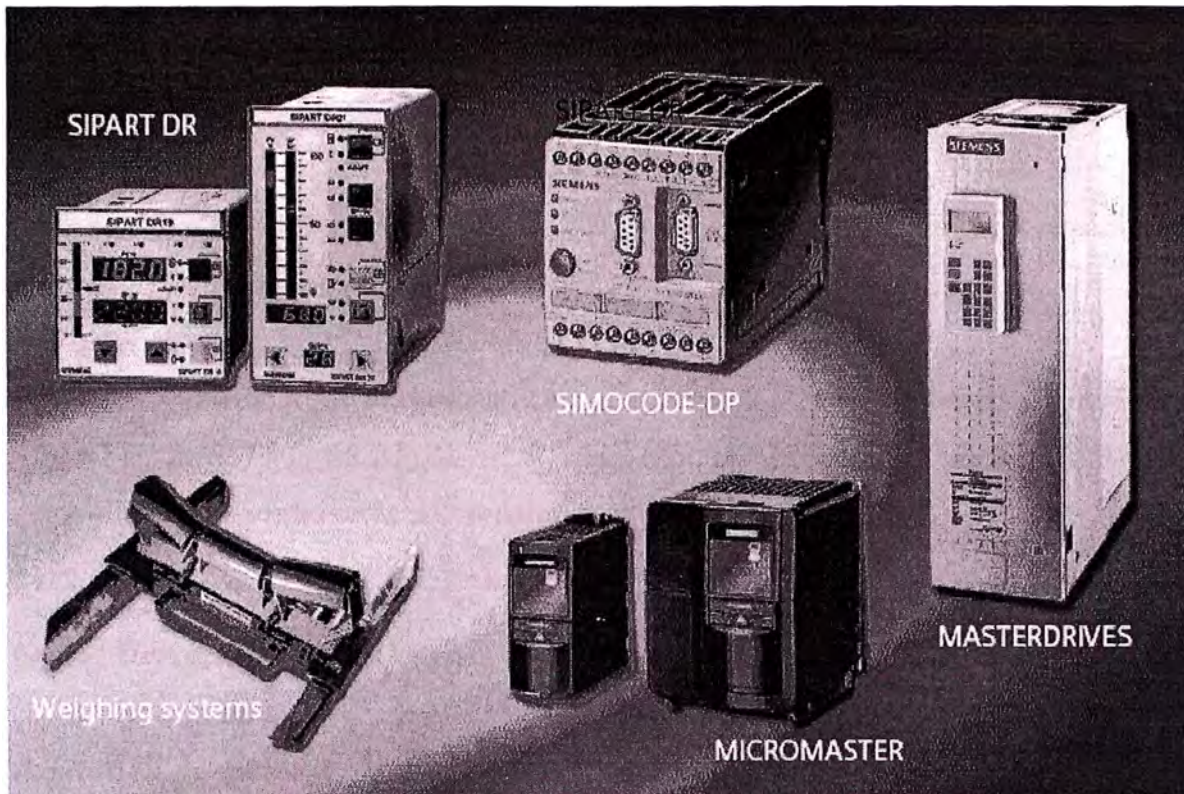


Fig. 6.10 Otros dispositivos de proceso y analizador SIMATIC

a) Módulos de pesado

El peso neto y escalas proporcionados para procesos industriales pueden ser configurados rápida y eficientemente usando bloques de escalas predefinidas. Para SIMATIC PCS 7, Siemens ofrece paquetes de configuración con bloques para los módulos de pesado SIWAREX M y SIWAREX U (ver Figura 6.11) como productos adicionales. Estos bloques permiten un enlace simple entre los módulos de pesado y el sistema de ingeniería y también fácil operación de las escalas desde el sistema de operador.

b) Sistemas de pesado Siemens-Milltronics

El rango comprende:

- Precisión y escalas de torque para pesado confiable y continuo de materiales;

- Escalas para rangos de medición desde 45 kg/h hasta 225 t/h.

6.6.4. Instrumentos de Panel

a) Controladores de proceso ^{PDM}

Los controladores de procesos SIPART DR19 y DR21 (Figura 6.11) diseñados para control de procesos generales proveen una solución de control de lazo simple a un precio bajo. Estos ofrecen un amplio rango de funciones preconfiguradas para control de procesos los cuales pueden ser usados por usuarios sin mucho conocimiento de programación o ingeniería.

Estos dos controladores de procesos están conectados a los sistemas de automatización SIMATIC PCS 7 vía PROFIBUS-DP. Los bloques de función SIPART DR19/21 están disponibles como productos adicionales para SIMATIC PCS 7.

6.6.5. Drivers ^{PDM}

a) Gestión de motor

El dispositivo de control y protección de motor SIMOCODE-DP (Figura 6.11) es usado principalmente en los centros de control de motores (MCC) de plantas industriales de procesos. Esto ofrece las siguientes funciones:

- Protección de motor comprensivo y monitoreo del motor;
- Integral, programas de control basados en software para aplicaciones de motor típicas;
- Detallado diagnóstico de motor y planta;
- Interfaz PROFIBUS-DP integral.

En particular, para aplicaciones en la industria química, SIMOCODE-DP provee aislamiento seguro y cumple con las regulaciones NAMUR.

SIMOCODE-DP puede ser integrado en forma simple dentro del sistema de control de procesos SIMATIC PCS 7 usando bloques de función SIMOCODE-DP ofrecido como productos adicionales.

b) Drivers de frecuencia variable

El rango de MASTERDRIVERS (Figura 6.11) es modular y universal. El rango de potencia se extiende desde 0,55 hasta 2 300 kW. Todas las fuentes de alimentación internacionales de 200 a 690 V están cubiertas.

El driver MASTERDRIVE es un convertidor de frecuencia estándar en el rango de potencia de 0,12 hasta 90 kW.

CONCLUSIONES

1. PROFIBUS-PA Está especialmente diseñado para automatización de procesos. Permite que sensores y actuadores puedan ser conectados a un bus común en áreas de especial seguridad calificadas como Ex.
2. La interoperabilidad de un bus de campo estandarizado está garantizado por Certificados de dispositivos. Para este propósito está disponible un procedimiento para asegurar la calidad del producto y los certificados son entregados sobre las bases de los resultados de las pruebas de acreditación.
3. Desde su introducción, PROFIBUS-PA ha permitido doblar el número de dispositivos instalados cada año: una amplia prueba de su eficiencia y aceptación. Este suceso no es una sorpresa si uno considera el amplio rango de beneficios para una planta sobre el ciclo de vida de la planta: Menores costos de hardware y software, menores tiempos de puesta en servicio, mantenimiento simple y alta estabilidad operacional.
4. Un segmento PROFIBUS-PA en entorno no peligroso puede contar hasta con 31 dispositivos de campo; en áreas clasificadas como zona 1, hasta 10.
5. El protocolo común de PROFIBUS-DP y PA permite una combinación simple de redes, extendiendo la performance y ampliando enormemente sus dimensiones.
6. A diferencia de la norma RS 485 usada en DP, PA utiliza un sistema eléctrico de transmisión según IEC 61158-2, el cual se estandarizó internacionalmente y permite ser utilizado en aplicaciones de seguridad intrínseca, aunque el método de comunicación es idéntico al DP.

7. En PROFIBUS-PA la información y la energía se transmite por el mismo cable de dos hilos garantizando la posibilidad de acceder incluso a zonas explosivas, según la norma FISCO.

8. Para garantizar una vinculación entre las redes PROFIBUS-DP y PA, debido a sus diferencias eléctricas, existen en el mercado acopladores y links para este propósito.

9. El acoplador DP/PA es utilizado para redes pequeñas de bajas exigencias.

10. El DP/PA Link es usado para redes completas de alta velocidad e integradas al resto del sistema automatizado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alfredo Rosado, “Sistemas Industriales Distribuidos”, Universidad de Valencia – España, 2003
2. Pepperl+Fuchs “Process Automation – Products Highlights”, Alemania, 2000
3. Dial. Ing. Günter Pinkowski, “Fundamentals of PROFIBUS-PA Networks”, KHRONE Messtechnik GMBH & Co. KG Duisburg, 2001
4. SAMSON AG – MESS – UND REGELTECHNIK, “PROFIBUS-PA Technical Information”, SAMSON AG, 1999
5. Nicolás García, “Profibus”, Depto. Ingeniería de Sistemas y Automática – UMH
6. Flavio Tolfo, “El Bus de Campo alcanza la mayoría de edad”, Revista ABB, 4/2002
7. “Material para Ambientes Explosivos”, ASCO Joumatic
8. PROFIBUS Working Group, “PROFIBUS Interconnection Technology versión 1.1”, PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. Haid-und-Neu-Str. 7 D-76131 Karlsruhe, 2001
9. Automation & Drives Group, “Automating Processes with PROFIBUS and SIMATIC PCS 7”, Siemens AG - Alemania, 1999
10. PROFIBUS Working Group, “PROFIBUS-PA Profile for Process Control Devices”, PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. Haid-und-Neu-Str. 7 D-76131 Karlsruhe, 2001
11. Automation and Drives Group, “Instrumentaciones de Campo y Análisis”, Siemens AG – Alemania, 2003
12. Automation and Drives Group, “Field Automation with PROFIBUS and SIMATIC PCS 7”, Siemens AG – Alemania, 2003