



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED
INDUSTRIAL BASADO EN EL ESTÁNDAR ASi (ACTUATOR SENSOR
INTERFACE) PARA EL SISTEMA DE ENVASADO DEL LABORATORIO
DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL FIE”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

Presentado por:

Joel Alberto Castro Muñoz

**Riobamba - Ecuador
2012**

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Facultad de Informática y Electrónica y a los docentes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, en especial al Ing. Marco Viteri por todo el apoyo brindado y al Ing. Lenyn Aguirre, a mis compañeros y a todos los que de una u otra forma colaboraron para la culminación del presente trabajo de grado.

J.C.

DEDICATORIA

Las metas o logros conseguidos, no pertenecen a una sola persona, sino a todos los que nos rodean, y nos ayudan a conseguirlos. Esta tesis está dedicada de forma muy especial a mi padre celestial Dios, quien en todo momento me ha otorgado nuevas y renovadas fuerzas; a mi familia entera, de manera directa a mis padres que siempre me apoyaron y a mis amigos que estuvieron ahí, cuando más los necesitaba.

J.C.

FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA DE TESIS

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes Camejo DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	_____	_____
Ing. Paúl Romero Riera DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	_____	_____
Ing. Marco Viteri Barrera DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Lenyn Aguirre Molina MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Tec. Carlos Rodríguez Carpio DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE LA TESIS	_____	

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

“Yo, Joel Alberto Castro Muñoz, soy el responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

Joel Castro Muñoz.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA DE TESIS

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL..... 17

1.1 ANTECEDENTES 17

1.2 JUSTIFICACIÓN 18

1.3 OBJETIVOS..... 20

1.3.1 OBJETIVO GENERAL 20

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20

1.4 HIPÓTESIS 20

CAPÍTULO II

REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL 21

2.1 INTRODUCCIÓN..... 21

2.2 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN INDUSTRIAL..... 23

2.3 SISTEMAS DE TRANSPORTE DE SEÑAL 27

2.4 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL..... 30

2.4.1 Niveles de tensión 30

2.4.2 Bucle de corriente 33

2.4.3 Señal modulada..... 35

2.5 CONCEPTOS BÁSICOS 36

2.5.1 Modos de transmisión de datos..... 36

2.5.2 Codificación de señales 37

2.5.3 Protocolos de comunicación 38

2.5.4 Tipos de redes según forma (topología)..... 40

2.5.5	Tipos de redes según extensión	45
2.5.6	Modelo de referencia OSI.....	46
2.5.7	Formas de comunicación.....	48
2.5.8	Modos de diálogo.....	50
2.5.9	Relaciones entre estaciones	51
2.5.10	Entradas y Salidas	54
2.5.11	Tiempo Real	55
2.5.12	Métodos de acceso al medio	57
2.5.13	Sistemas determinista y probabilístico.....	60
2.5.14	Interconexión de redes.....	60
2.6	COMUNICACIONES MEDIANTE BUSES DE CAMPO.....	63
2.6.1	La pirámide de automatización (CIM).....	64
2.6.2	Requisitos de un bus de campo.....	65
2.6.3	Buses de campo	68

CAPÍTULO III

REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ASi	72
3.1 INTRODUCCIÓN.....	72
3.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN	73
3.3 CONCEPTO ASi (Actuator Sensor Interface).....	74
3.4 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	75
3.5 VENTAJAS DEL SISTEMA ASi.....	76
3.6 LOS INTERESES DE ASINTERFACE	77
3.6.1 La sencillez.....	77
3.6.2 La reducción de los costes.....	77
3.6.3 La máxima seguridad	78
3.7 EL CHIP ASIC.....	78
3.8 CAMPOS DE APLICACIÓN SISTEMAS ASI	80
3.8.1. Para aplicaciones industriales	80
3.8.2. Para zonas asépticas y húmedas.....	80
3.8.3. Para zonas explosivas.....	80
3.8.4. Para aplicaciones de seguridad	80
3.8.5. ASInterface como sistema práctico.....	81
3.9 COMPONENTES SISTEMAS ASi	81
3.9.1 Maestro AS- i.....	82
3.9.2 Fuente de Alimentación ASi	84
3.9.3 Esclavo AS- i.....	85

3.9.4 Cables y Conectores.....	87
3.9.5 Otros Componentes ASi.....	90
3.10 PROPIEDADES DEL SISTEMA ASI Y DATOS CLAVE.....	97
3.10.1 Funcionamiento	97
3.10.2 Características de diseño	97
3.10.3 Datos cuantitativos.....	98
3.11 OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS ASI.....	100
3.11.1 Principios de los sistemas ASi.....	100
3.11.2 Rol del Master.....	100
3.11.2 Rol de los Esclavos	101
3.11.3 Diagrama de un ciclo de ejecución normal ASi.	101
3.11.4 Fases de operación del Master.....	102
3.11.5 Elementos de diálogo Maestro/Esclavo	102
3.11.6 Funciones de interfaz	104
3.11.7 Codificación de la Señal.....	106
3.11.8 Tramas.....	106
CAPÍTULO IV	
DISEÑO, SELECCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RED ASI	110
4.1 INTRODUCCIÓN.....	110
4.2 DISEÑO DE UNA RED ASI.....	111
4.3 SELECCIÓN DE HARDWARE.....	111
4.4 SELECCIÓN DEL SOFTWARE.....	112
4.5 CABLEADO DE UNA RED ASI	112
4.6 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DE COMUNICACIÓN HARDWARE.....	113
4.6.1 Módulo maestro TWDNOI 10M3	113
4.6.2 Fuentes de alimentación conmutadas ASI ABL.....	115
4.6.3 Esclavos ASI 67FMP44D	117
4.6.4 Direccionador ASI TERV2	121
4.7 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE.....	122
4.7.1 TwidoSuite versión 2.20	123
4.7.2 Requisitos del sistema.....	123
4.7.3 Configuración de una red AS-Interface, con el software TwidoSuite	123
4.8 DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS	128
4.8.1 Comparación entre el Cableado Tradicional con la tecnología ASi.....	128
CONCLUSIONES	

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AC	Corriente Alterna (alternating current)
AGP	Puerto de Gráficos Acelerados (Accelerated Graphics Port)
AI	Entrada Analógica (Analog Input).
ANSI	Instituto Nacional Americano de Normalización (American National Standards Institute)
AO	Salida Analógica (Analog Output).
ASCII	Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información (American Standard Code for Information Interchange)
ASI	Interfaz Actuador Sensor (Actuator Sensor Interface).
ASIC	Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas (Application Specific Integrated Circuit)
ATEX	ATmósferas Explosivas
CAN	Controlador de Red de Área (Controller Area Network)
CCITT	Comité Consultivo de Telegrafía y Telefonía (Comité Consultatif International de Telegraphie et Telephonie)
CIM	Manufactura Integrada por Computadora (Computer Integrated Manufacturing)
CMOS	Silicio Complementario de Oxido de Metal (Metal Oxid Silicon Complementary)
CSMA	Acceso Múltiple con Escucha de Portadora (Carrier Sense Multiple Access)
CSMA/CD	Acceso Múltiple con Escucha de Portadora y Detección de Colisiones (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
DC	Corriente Directa (direct current)
DCE	Equipo de Comunicación de datos (Data Communication Equipment)
DI	Entrada Digital (Digital Input).
DO	Salida Digital (Digital Output).
DP	Periféricos Descentralizados (Decentralized Peripherals).
DTE	Equipo Terminal de datos (Data Terminal Equipment)
E/S	Entrada/salida
EIA	Asociación de Industrias Electrónicas (Electronic Industries Association)
EMC	Compatibilidad Electromagnética (Electromagnetic Compatibility)
EN	Norma Europea (European Norm)
Ethernet/IP	Protocolo Industrial Ethernet (Ethernet/Industrial Protocol)
FDDI	Interfaz de Datos Distribuida por Fibra (Fiber Distributed Data Interface)
FIE	Facultad de Informática y Electrónica
FMS	Mensaje de Especificación Fieldbus (Fieldbus Message Specification)
FO	Fibra Óptica
FTP	Par Trenzado con Blindaje Global (Foiled Twisted Pair):

GPIB	Bus interfaz de propósito general (General Purpose Interface Bus)
I/O	Entrada / Salida (Input / Output)
IBM	Negocio Internacional de Máquinas (International Business Machines)
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission)
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers)
INMARSAT	Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas Satelitales (International Maritime Satellite Organization)
IPX/SPX	Intercambio de Paquetes Entre Redes/ Intercambio de Paquetes en Secuencia (Internetwork Packet Exchange/Sequenced Packet Exchange)
ISA	Arquitectura Estándar de la Industria (Industry Standard Architecture)
ISO	Organización Internacional de Normalización (Internacional Standards Organization)
LAN	Red de Área Local (Local Area Network).
MAN	Red de Área Metropolitana (Metropolitan Area Network).
MBTP	Muy Baja Tensión de Protección
MBTS	Muy Baja Tensión de Seguridad
MPI	Interfaz de Paso de Mensajes (Message Passing Interface)
MTBF	Tiempo Medio Entre Fallas (Medium Time Between Fails)
MTTR	Tiempo Medio Para Reparar (Medium Time To Repair)
NetBEUI	Interfaz extendida de usuario de NetBIOS (NetBIOS Extended User Interface)
OSI	Modelo de interconexión de sistemas abiertos (Open System Interconnection)
PA	Automatización de Procesos (Process Automation)
PC	Ordenador Personal (Personal Computer)
PCI	Interconexión de Componentes Periféricos (Peripheral Component Interconnect)
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLC	Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller)
PLL	Lazos Enganchados en Fase (Phase Locked Loop)
PROFIBUS	Bus de Procesos de Campo (PROcess FIEld BUS)
STP	Par Trenzado Blindado (Shielded Twisted Pair)
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
TDMA	Multiplexación Por División De Tiempo (Time Division Multiple Access)
TTL	Lógica Transistor A Transistor (Transistor Transistor Logic)
UTP	Par Trenzado No Blindado (Unshielded Twisted Pair)
VCO	Oscilador Controlado por Tensión (Voltage Controlled Oscillators)
WAN	Red de Área Extensa (Wide Area Network)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Dispositivos de comunicación actuales	22
Figura II.2 Control Centralizado	25
Figura II.3 Control Distribuido	26
Figura II.4 Principio de tratamiento de señales balanceadas	32
Figura II.5 Bucle analógico de corriente	34
Figura II.6 Codificación Manchester	37
Figura II.7 Componentes de un enlace de datos	38
Figura II.8 Estructura de una red en forma de punto a punto	40
Figura II.9 Estructura de una red en forma de bus	41
Figura II.10 Estructura de una red en forma de árbol	42
Figura II.11 Estructura de una red en forma de anillo	43
Figura II.12 Estructura de una red en forma de estrella	44
Figura II.13 Niveles OSI	46
Figura II.14 Tiempo de ciclo	56
Figura II.15 Pirámide de la automatización CIM	64
Figura III.16 Logotipo de ASi	73
Figura III.17 Ubicación de ASi en la Pirámide de automatización	73
Figura III.18 Comparativa gráfica entre el sistema convencional y con ASi	77
Figura III.19 Chip ASIC	78
Figura III.20 Diferentes localizaciones del ASIC	79
Figura III.21 Componentes sistemas ASi	81
Figura III.22 Formas de Integración del maestro ASi	82
Figura III.23 Diagrama de bloques de una fuente ASi	85
Figura III.23 El direccionamiento extendido o A/B	86
Figura III.25 Dimensiones cable ASi	87
Figura III.26 Conexionado cable ASi	88
Figura III.27 Distancia red ASi sin elementos de expansión	89
Figura III.28 Distancia red ASi con repetidores	90
Figura III.29 Conectores para esclavos ASi	90
Figura III.30 Unidad de direccionamiento	91
Figura III.31 Uso del AS- Interface Analyser	93
Figura III.32 Uso del AS- Interface Repeater	94
Figura III.33 Uso del Extender	94
Figura III.34 Uso del Extension Plug	95
Figura III.35 Uso combinado de Repeater y Extension Plug	96
Figura III.36 Uso de la Gateway (pasarela)	96
Figura III.37 Ciclo de ejecución ASi	101
Figura III.38 Fases de operación del Master	102
Figura III.39 Elementos de diálogo Maestro/Esclavo	103
Figura III.40 Funciones en la interfaz	105
Figura III.41 Codificación de la señal	106

Figura III.42 Comunicación entre el maestro y el esclavo	107
Figura III.43 Elementos de una transacción	107
Figura III.44 Telegrama con las peticiones del esclavo	108
Figura III.45 Telegrama con las respuestas del esclavo	109
Figura IV.46 Cableado de una Red ASi	112
Figura IV.47 Módulo TWD NOI 10M3	113
Figura IV.48 Dimensiones módulo TWD NOI 10M3	115
Figura IV.49 Dimensiones fuentes de alimentación ASi	115
Figura IV.50 Esquemas fuentes de alimentación ASi	116
Figura IV.51 ASi ABL M3024 y su esquema	116
Figura IV.52 Descripción esclavos ASi 67F	117
Figura IV.53 Ejemplo de conexión en módulo de 4 vías	118
Figura IV.54 Ejemplo de conexión de los módulos de conexión remota con ayuda de derivación	119
Figura IV.55 Conexión Sensor de dos hilos	119
Figura IV.56 Conexión Sensor de tres hilos	120
Figura IV.57 Conexión Sensor antivalente	120
Figura IV.58 Conexión Actuador estándar	120
Figura IV.59 Direccionador ASi TERV2	121
Figura IV.60 Ejemplo de direccionamiento de un esclavo ASi	122
Figura IV.61 Selección del Maestro ASi	124
Figura IV.62 Configuración de Ventana ASi	125
Figura IV.63 Selección de los Equipos dentro del grupo de perfiles ASi	126
Figura IV.64 Aplicación de las configuraciones	127
Figura IV.65 Funcionamiento del sistema de envasado con el cableado tradicional	128
Figura. IV.66 Funcionamiento del sistema de envasado con la tecnología ASi	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I Valores comparativos entre una red de ordenadores y un detector de proximidad	23
Tabla II.II Resumen de niveles de tensión	33
Tabla II.III Protocolos y comunicación	52
Tabla III.IV Tipos de perfiles maestros ASi	83
Tabla III.V Tipos de cables perfilados según su aplicación	89
Tabla IV.VI Características módulo TWD NOI 10M3	114
Tabla IV.VII Características fuentes de alimentación ASi	115
Tabla IV.VIII Características esclavos ASi 67F	117
Tabla IV.IX Características Direccionador ASi TERV2	122
Tabla IV.X Requisitos de hardware TwidoSuite	123
Tabla IV.XI Requisitos de software TwidoSuite	123

INTRODUCCIÓN

En los procesos automatizados, los sensores y actuadores desempeñan un papel importante. Tanto en procesos industriales, en los que las barreras de luz detectan la posición de un paquete sobre una cinta transportadora, como en una planta embotelladora de bebidas, donde hay que llenar hasta el nivel correcto; es que si se quiere ver de otro modo, los sensores son los órganos sensoriales de todo control de procesos.

Durante el cableado, el cableado de las unidades de emisión y recepción de las señales se realizaba siguiendo un mismo esquema: los sensores y actuadores se conectaban uno a uno y con cableado paralelo al control central. Una labor que requiere mucho tiempo y, por lo tanto, resulta costosa.

Afortunadamente, hoy puede ahorrarse este trabajo, ya que con ASi se dispone de un incomparable sistema de bus que conecta todos los componentes de automatización en campo con el control central de manera sencilla, segura y rápida.

ASi es un sencillo y eficaz sistema de bus de campo. Por un lado, como bus abierto y preparado para la integración en cualquier plataforma permite la transmisión de señales digitales y analógicas relacionadas con el proceso y la maquinaria. Por otro lado, constituye una interfaz universal entre sencillos actuadores y sensores binarios, así como entre los distintos niveles del control central. Lo mejor de esto es que el sistema ASi se caracteriza por un alto grado de sencillez y efectividad, siendo por lejos el más económico frente a otros sistemas de bus. Por lo tanto, no es de extrañar que ASi se haya convertido en el estándar más extendido en la automatización industrial. No sólo es sumamente fácil de manejar y de rápida instalación, sino que también es especialmente flexible para futuras actualizaciones, y extremadamente robusto, incluso en las condiciones más adversas.

El laboratorio de Automatización Industrial FIE cuenta con un sistema de envasado, él mismo que se empleará para la implementación de un prototipo de Red Industrial basado en el estándar ASi y poder así notar las funcionalidades y ventajas de este tipo de tecnología respecto a la lógica tradicional de cableado.

La presente tesis está estructurada en 4 capítulos, el *Capítulo I* da narración sobre los antecedentes, justificación, objetivos e hipótesis del proyecto de grado, el *Capítulo II* proporciona una introducción y nociones generales acerca de las Redes de Comunicación Industriales, así como conceptos básicos para la comprensión de aspectos de comunicación y su aplicación dentro del campo industrial; el *Capítulo III* muestra el estudio en lo que se refiere a Redes de Comunicación Industrial ASi, y finalmente en el *Capítulo IV* se presenta la documentación de cómo se realizó la implementación de la red industrial basado en el estándar ASi, así como el dimensionamiento, selección y puesta en marcha de la red industrial ASi y su aplicación en el sistema de envasado del Laboratorio de Automatización Industrial FIE.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES

La interconexión de dispositivos de campo y elementos de control se realiza actualmente de forma predominante en casi todas las empresas del sector industrial a través de redes análogas de 4-20 mA.

El grado creciente de automatización en máquinas y sistemas se traduce proporcionalmente en los kilos de cobre en forma de cable repartidos por la instalación debido a que como mínimo cada señal de entrada procedente de un sensor necesita de al menos dos hilos.

La implementación de este tipo de tecnología tradicional requiere de tantas entradas como salidas por cada componente dificultando la configuración, instalación, montaje y mantenimiento del sistema por parte del operario.

El aumento de la competencia y la presión sobre los precios que afecta todas las áreas de producción y proceso obliga a la máxima explotación, entre otros, de los recursos técnicos. Entre los recursos más destacados los buses de campo. 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 4-20mA.

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 coste 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.

La tarea principal es remplazar los sistemas de control centralizados por redes para control distribuido con la finalidad de mejorar la calidad del producto, reducir costes 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, esta monitorización permite aumentar la eficiencia del sistema y reducir la cantidad de horas de mantenimiento necesarias.

Sin lugar a dudas, los buses de campo han demostrado ser una herramienta muy eficaz en los procesos de automatización, reduciendo los tiempos de puesta en marcha, modificación y mantenimiento de sistemas automáticos.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La interconexión de los componentes de planta mediante redes industriales de buses de campo basado en el estándar ASi es una opción mucho más rentable debido a que:

- ❖ Los mazos de cable que abarrotan los canales pasacables se ven considerablemente reducidos, o incluso eliminados. La interconexión de equipos, ya sea elementos de campo (sensores, actuadores) o elementos de control (PLC, reguladores) se realiza mediante el mismo cable de bus.
- ❖ 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 y sus posibles ampliaciones.

- ❖ Los elementos pueden situarse fácilmente en cualquier ubicación y conectarse mediante el cable de bus, proporcionando una estructura de comunicaciones ideal para aplicar los conceptos de racionalización y competitividad actuales.
- ❖ La etapa de diseño y planificación también se beneficia del bus de campo; la identificación de elementos es más simple, no es necesario identificar tantos componentes dentro de un esquema (mangueras, hilos, borneros, elementos de interconexión, convertidores de señales), y además se reducen las dimensiones de los armarios y cajas de conexión.
- ❖ 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
- ❖ Las tareas de autodiagnóstico pueden mostrarse de manera amigable para el operador, reduciendo el tiempo de mantenimiento o parada.
- ❖ Solo incluye 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. Solo necesita saber cual es su funcionalidad. Al usuario solo 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 solo debe preocuparse de la capa física y la capa de usuario.
- ❖ Los protocolos de transmisión tienen rutinas de detección y corrección de errores, aumentando la fiabilidad y eficiencia de las comunicaciones.
- ❖ La estandarización permite que un integrador pueda escoger dispositivos de múltiples fabricantes.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Diseñar e implementar un prototipo de red industrial basado en el estándar ASi para el sistema de envasado del laboratorio de automatización industrial FIE.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Analizar las características, topologías y componentes de redes industriales basadas en el estándar ASi.
- ❖ Estudiar y seleccionar los dispositivos necesarios en la implementación de la red industrial ASi.
- ❖ Implementar una red industrial ASi para el Laboratorio de automatización Industrial FIE
- ❖ Comprender los aspectos de programación de ASI – BUS para realizar la configuración del funcionamiento de la red industrial ASi.

1.4 HIPÓTESIS

El análisis e implementación de un prototipo de red industrial mediante el estándar ASi permitirá optimizar las comunicaciones entre sensores y actuadores a nivel de campo.

CAPÍTULO II: REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

2.1 INTRODUCCIÓN

Desde siglos pasados las comunicaciones han sido siempre un reto para nuestros antepasados. Posiblemente ya no nos acordemos de la forma de comunicarse entre los seres humanos mediante señales de humo, ya que es seguro que tan solo lo hemos podido ver en las películas del lejano oeste americano. Otro tipo de comunicación, ya no tan lejano y que aún en nuestros días podemos encontrar, es la que se realiza entre personas que se encuentran en el mar y otras que intentan enviarle una información desde tierra como son los faros luminosos. Estos dos ejemplos son tan solo una muestra de tantos que podríamos ir describiendo.

Es posible que la invención del teléfono pudo ser una de las bases importantes sobre las que han ido desfilando los diferentes sistemas con los que hoy contamos, pero fue con la aparición de los ordenadores personales con lo que se empezaron a notar cómo las comunicaciones iniciaban un proceso de cambio total tanto en su concepción como en sus aplicaciones. Esto es debido a la utilización de la tecnología digital.

Si nos situamos en nuestros días, ¿Quién no utiliza un teléfono móvil?, o ¿existe alguna persona que no haya escuchado hablar de Internet?, ¿hay algún joven estudiante que no se relacione con otras personas del planeta mediante correos electrónicos?, etc. Todo esto nos hace ver una evolución continua y constante cuyos límites se desconocen.

Tecnologías como bluetooth, wifi, GPRS, etc. Son algunos de los últimos sistemas de comunicaciones aplicados a dispositivos que la mayoría de personas utilizan en la actualidad.



Figura II.1 Dispositivos de comunicación actuales¹

En la industria moderna, las comunicaciones de datos entre diferentes sistemas, procesos e instalaciones suponen uno de los pilares fundamentales para que se encuentre en un nivel de competitividad exigida dentro de los procesos productivos actuales.

En un sistema de comunicación de datos industrial es tanto más exigente cuanto más cerca del proceso nos encontramos. Si realizamos una comparativa entre tres de las principales características que determinan la aplicación de las diferentes redes de comunicación, como son:

- ❖ Volumen de datos: cantidad de datos que viajan por la red en cada envío.
- ❖ Velocidad de transmisión: velocidad a la que viajan los datos por la red.
- ❖ Velocidad de respuesta: velocidad que hay entre el momento de dar la orden y la respuesta del dispositivo.

Observamos en la siguiente tabla cuáles serían sus valores en comparación entre una red de ordenadores y un detector de proximidad de acuerdo a el Volumen de datos, la Velocidad de transmisión y la Velocidad de respuesta:

¹**Fuente:** <http://charliin-casamayor.blogspot.com/>

Tabla II.I Valores comparativos entre una red de ordenadores y un detector de proximidad²

	Volumen de datos	Velocidad de transmisión	Velocidad de respuesta	Aplicación
Red de ordenadores	Elevado	Elevado	Bajo	Lectura de datos
Detector de proximidad	Muy bajo	Bajo	Instantánea	Sistema de seguridad

Si tratamos el ejemplo expuesto en la anterior tabla dándole una aplicación, es posible que nos aclare más estas tres características. Si queremos comunicar un proceso industrial con la red de ordenadores, estos ordenadores podrían ser utilizados para la lectura de bases de datos en donde se refleja el estado actual de la producción. En este caso la velocidad de respuesta es baja, ya que se debe tener en cuenta el tráfico de datos por esa red, en este caso los datos llegaran al sistema de destino con algún segundo de retardo, lo que no va a provocar ninguna disfunción en el sistema productivo, mientras que un cuando un detector de proximidad cambie de estado la respuesta en el equipo de control, por ejemplo un autómatas programable, hade ser inmediata, algún milisegundo de retardo a lo sumo.

2.2 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Desde la primera máquina automatizada a base de componentes electromecánicos, hasta las grandes instalaciones compuestas por multitud de máquinas trabajando coordinadamente, ha habido siempre un denominador común, en mayor parte o menor medida: la relación de la máquina con su entorno.

Una máquina aislada no deja de necesitar información de su entorno para poder trabajar correctamente (finales de carrea, detectores, sistemas de medida, etc.).

² **Fuente:** GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 8

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

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

Hasta los años 60, el control industrial se venía realizando mediante lógica cableada a base de relés electromecánicos. Desde entonces, el desarrollo de la electrónica ha hecho posible la implantación de los dispositivos con microprocesador, también llamados Automatas Programables o Controladores Lógicos (PLCs).

Esta transformación permitió a los diseñadores e integradores de sistemas llegar a unas cotas de flexibilidad y productividad impensables hasta la fecha.

En una primera etapa, todas las señales de control de un sistema se guiaban mediante cables entre la máquina y el armario donde se localizaban los componentes de mando (armario eléctrico).

Si en vez de una máquina tenemos varias, el tema se complica; aparecen fenómenos de interferencias, caídas de tensión, las canales de distribución eléctrica, repletas de mangueras que transportan energía y señales entre las máquinas y el armario de control, se tienen que cerrar de una forma forzada.

Cuando la máquina alcanza una determinada medida, el volumen de cableado y su complejidad empiezan a ser considerables, con todo lo que esto implica: mano de obra, mayor cantidad de material, menor tiempo entre fallos (MTBF, Medium time Between Fails), mantenimiento más complicado, etc.

El concepto anterior es, a grandes rasgos, lo que se conoce como Control Centralizado; todos los mensajes y las órdenes tienen un punto focal único.

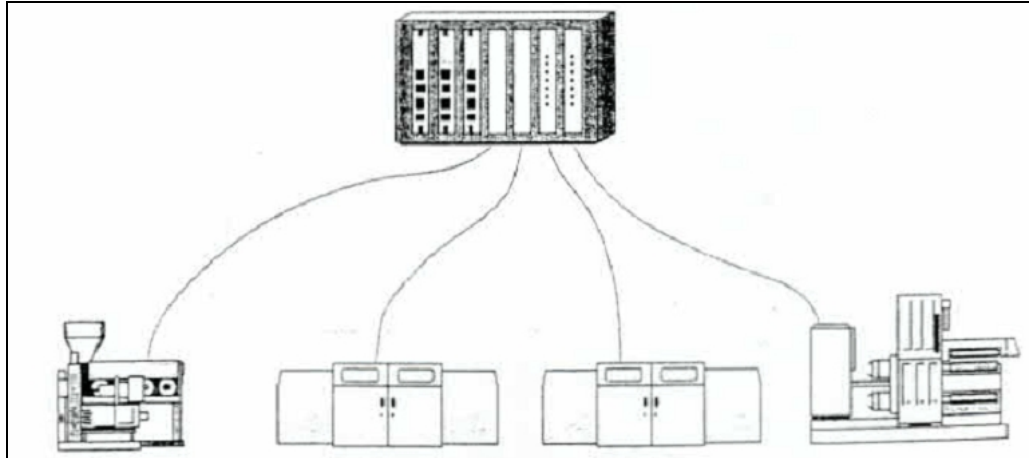


Figura II.2 Control Centralizado³

La necesidad de simplificar las instalaciones y de reducir los costes de mantenimiento de las mismas dio lugar a que sistemas de producción complejos se dividiesen en subsistemas más sencillos, dedicados a tareas específicas y gobernados por controladores propios.

La aparición de los autómatas programables (PLC, Programmable Logic Controllers) permitió reducir en gran medida la cantidad de material necesario para conseguir controlar una máquina; los controles se programan en su interior y las modificaciones de funcionamiento no significan necesariamente cambios físicos y, además, el tiempo necesario para el mantenimiento se reduce.

Las señales entre periferia y control, inicialmente de tipo analógico y de punto a punto, gracias al desarrollo de la electrónica digital y el auge de los microprocesadores, se convierten, dentro del mismo elemento de campo, en un conjunto de señales capaces de transportar esa información mediante un único medio de transmisión (bus de campo) gracias a un Protocolo de comunicación, y que permite que esa señal (por ejemplo sensor activado) pueda hacerse llegar donde interese.

La posibilidad de conectar los autómatas ente sí, además, permitió eliminar casi todo el cableado de control entre máquinas, quedando solamente una línea de comunicación

³ **Fuente:** RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 253

entre ellas, a través de la cual se podía coordinar el funcionamiento de todos los componentes de un sistema. Otras de las ventajas fueron la posibilidad de la programación a distancia, supervisión remota, diagnóstico de todos los elementos conectados, modularidad, acceso a la información de forma prácticamente instantánea, etc. Todo esto hace que el sistema sea más fiable y menos costoso, pues los elementos de control no necesitan ser tan complejos.

Estas líneas de comunicación son lo que llamamos Buses de Campo. Permiten unir todos los elementos de control necesarios de forma que puedan intercambiar mensajes entre ellos. Esta idea se conoce como control Distribuido; un sistema complejo se divide en subsistemas autónomos con control propio, que se integran gracias a un sistema de comunicaciones común.

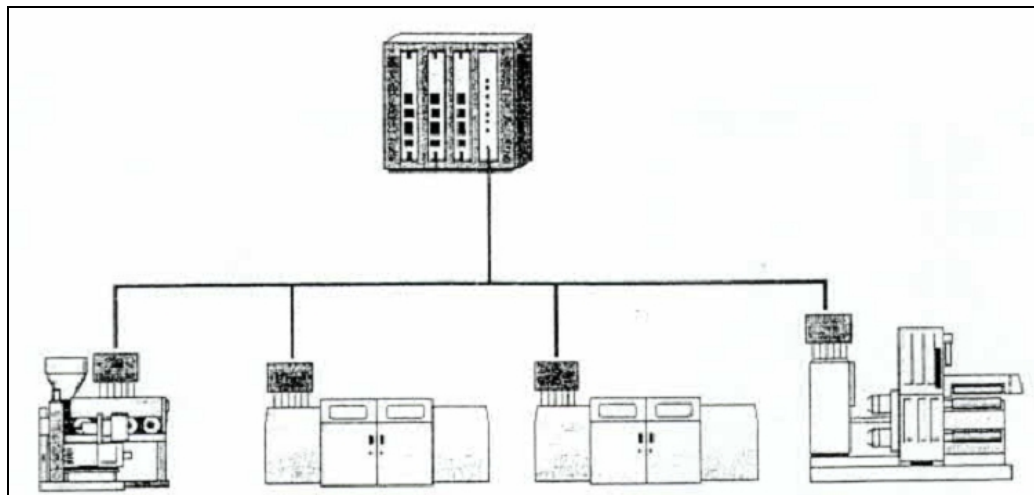


Figura II.3 Control Distribuido⁴

Además, toda la información generada puede almacenarse en base de datos y ser accesible a cualquier nivel dentro del organigrama de la empresa, permitiendo plantear y evaluar estrategias de manera integral de elementos productivos, dentro de los cuales se integran elementos tales como datos de procesos productivos, recursos humanos, tecnologías, logística, etc., creándose un nuevo tipo de estructura de producción: el sistema CIM (Computer Integrated Manufacturing).

⁴ **Fuente:** RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 255

Todo esto es posible gracias a que se han determinado toda una serie de reglas para realizar el intercambio de información: el lenguaje debe ser explícito, sin ambigüedades. El vocabulario debe ser conocido por todos los interlocutores, y las normas de cortesía deben respetarse a rajatabla.

El responsable de esta normalización es la ISO (Internacional Standards Organization), que ha definido toda una serie de normas en el modelo OSI (Open Standards Interconnection).

2.3 SISTEMAS DE TRANSPORTE DE SEÑAL

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

Cable eléctrico.

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

- ❖ Par
- ❖ Coaxial

Inicialmente, un cable de par se puede considerar como un conjunto de dos hilos conductores, paralelos, separados por un elemento aislante que hace las veces de soporte físico. Las aplicaciones mas comunes son la transmisión de voz (teléfono, hilo musical, interfonos), datos (módem) y alimentación eléctrica (alterna o continua).

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

Par simple paralelo, utilizado para la transmisión de señales telefónicas.

Par apantallado, es como el anterior, pero con una malla metálica a su alrededor, para la transmisión de señales analógicas o digitales.

Par trenzado, para transmitir señales de audio o datos.

Par coaxial, que consiste en un hilo recubierto por una malla que hace las veces de masa y de protección frente a interferencias eléctricas, para transmitir señales de radio, video o datos.

Fibra óptica

Normalmente, el conductor de fibra óptica consiste en un núcleo de material transparente, cristal o plástico, que se utiliza para guiar señales luminosas por su interior. Ostensiblemente más caro que el cable, este sistema es el sustituto ideal en ambientes con interferencias eléctricas, pues es completamente inmune a éstas.

Restringido en un principio a aplicaciones muy concretas, debido al coste de la fibra y a la dificultad en su manejo (fibra monomodo), ha ido introduciéndose en multitud de ámbitos gracias a las variedades con fibra óptica multimodo, de plástico, que pueden competir con opciones cableadas clásicas.

Enlace óptico

Principalmente mediante rayos infrarrojos. La señal debe tener conexión visual directa entre emisor y receptor, por lo cual es un sistema poco adecuado para grandes distancias.

Radiofrecuencia

Se basa en las señales de radio que se generan en un conductor eléctrico cuando se supera una cierta frecuencia en la señal que transporta dicho conductor.

Por debajo de la frecuencia de 1GHz tenemos las transmisiones de radio de baja velocidad. Por encima del gigahercio, entramos en el reino de las microondas. Que permite tasas de transferencia de información muy elevadas (video, por ejemplo).

Permite comunicar, de forma ininterrumpida, ubicaciones distantes entre sí varios kilómetros.

- ❖ Si la distancia es excesiva se requiere la instalación de antenas repetidoras.
- ❖ Los gastos suelen ser los propios de mantenimiento y operatividad.
- ❖ No hay retrasos apreciables en las transmisiones.
- ❖ No suelen necesitar licencias de emisión.

En el tema de las radiofrecuencias hay una polémica en torno a la inocuidad de los sistemas de radiofrecuencia.

Microondas

Son señales de radio con frecuencias superiores al gigahercio. Este tipo de energía tiene unas características diferentes de las ondas de radio tradicionales:

- ❖ Las antenas son especiales, de tipo parabólico (platos).
- ❖ Son enlaces de tipo directo (punto a punto).
- ❖ Es una opción más para unir equipos distantes que no puedan conectarse mediante líneas terrestres.
- ❖ El tipo de conexión es fijo e ininterrumpido.
- ❖ La diferencia con los enlaces de radio es que se necesitan enlaces de vista, pues la transmisión de microondas no es efectiva cuando hay objetos que interrumpen el haz de la antena.
- ❖ La señal se puede ver afectada por agentes atmosféricos y sufrir distorsiones e interferencias.
- ❖ Los gastos suelen ser los propios de mantenimiento y operatividad.
- ❖ No hay retrasos apreciables en las transmisiones.
- ❖ El mayor ancho de banda, comparado con la transmisión de radio tradicional, permite multiplexar una mayor cantidad de canales de información.
- ❖ Es posible alquilar canales de comunicación de empresas suministradoras.

Necesitamos equipos de transmisión y recepción, antenas parabólicas y repetidores para salvar los obstáculos.

Satélite

Es la versión extraterrestre de las transmisiones sin cable. También utilizan el rango de las microondas:

- ❖ Satélites geoestacionarios se ocupan de la recepción, acondicionamiento y reenvío de las señales.
- ❖ Permiten la comunicación entre equipos en cualquier situación en el planeta (teléfonos tipo INMARSAT) de forma ininterrumpida.
- ❖ Es posible alquilar canales de comunicación de empresas suministradoras especificando incluso la cantidad de información a transmitir para ajustar precios.
- ❖ Es un sistema de transmisión de calidad de información a transmitir para ajustar precios.
- ❖ Es un sistema de transmisión de calidad y seguridad muy elevadas.
- ❖ Los retrasos pueden llegar a ser de segundos.

Necesitamos de un canal de acceso al satélite, equipos que tengan acceso a este canal y antenas parabólicas.

2.4 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL

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

2.4.1 Niveles de tensión

Las conexiones físicas en el entorno industrial se realizan mediante interfaces serie. Normalizados por la Asociación de Industrias Electrónicas de los Estados Unidos (EIA).

Estos estándares solo determinan las características del soporte de comunicación y cómo debe ser la señal eléctrica.

Son los estándares recomendados (Recommended Standard, RS), de los cuales, los más conocidos son:

- ❖ RS-232
- ❖ RS-232 A
- ❖ RS-485
- ❖ TTL

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

2.4.1.1 RS-232C (V24)

En 1960 esta técnica fue adoptada por la EIA (Electronics Industries Association), y la recomendación 232, versión C, fue publicada en 1969, denominándose RS-232C.

RS232-C fue adoptada por la CCITT bajo la denominación V.24.

Esta norma define la interconexión serie entre un dispositivo transmisor de datos (DCE, Data Communication Equipment) y un receptor de datos (DTE, Data Terminal Equipment)

La catapulta a la fama aconteció en el año 1984, cuando IBM introdujo la interfase RS-232 en su IBM PC, que fue adoptado rápidamente por fabricantes de ordenadores y equipamiento industrial.

En esta tecnología, los niveles binarios de la señal se indican mediante niveles de tensión, positiva y negativa, respecto del punto de potencial común (+10V,-10V).

Esto es un punto desfavorable, pues este tipo de transmisión es susceptible de introducir fallos de transmisión frente a las perturbaciones eléctricas.

En un principio orientado a conexiones punto a punto (conexiones PC-impresora, PC-ratón, PC-modem), se ha introducido en el entorno industrial para la comunicación entre captadores y sistemas de adquisición de datos, sistemas de codificación, pesaje, etc.

Permite transmisiones síncronas o asíncronas.

La conexión es punto a punto debido a su estructura (no dispone de un estado de alta impedancia que lo haga adecuado para la conexión en paralelo).

Tiene limitaciones de velocidad y distancia de transmisión.

2.4.1.2 RS-422A (V11)

Se basa en la transmisión de señales de tensión diferenciadas (balanceadas) mediante dos hilos, sin punto de referencia o masa.

Los unos y ceros se transmiten en forma de diferencia de tensión entre los dos conductores del circuito, presentando una gran inmunidad a los ruidos eléctricos y permitiendo una mayor distancia entre conexiones.

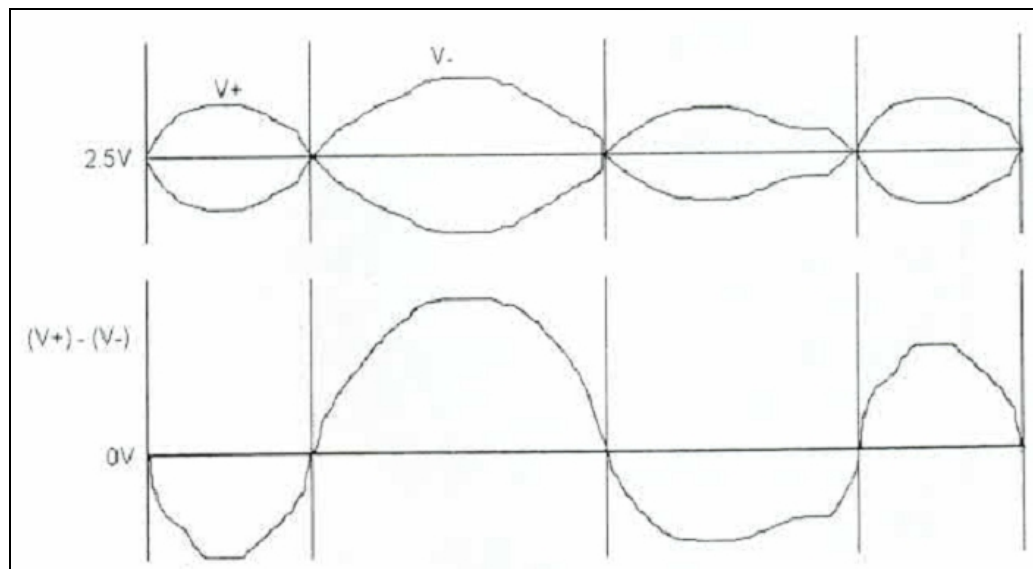


Figura II.4 Principio de tratamiento de señales balanceadas.⁵

El estado de alta impedancia introducido en su diseño eléctrico permite la conexión en paralelo de varios elementos.

⁵ **Fuente:** RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 259

2.4.1.3 RS-485

Es una evolución del RS422, desarrollada en 1983.

Permite conectar hasta 32 dispositivos en un solo tramo de cable, con una longitud máxima del tramo de 50m. Puede incrementarse a 10000m mediante repetidores de señal.

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

Tabla II.II Resumen de niveles de tensión.⁶

	Señal	Elementos	Distancia(m)	Velocidad(kbits-s)
RS232	Asimétrica	1	15	20
RS422	Simétrica	10	1200	10000
RS485	Simétrica	32	50	10000

2.4.1.4. TTL

Se basan en la transmisión digital a niveles TTL (5V), y en la tecnología CMOS.

Esta tecnología permite la conexión en paralelo de varios nodos a un mismo cable al permitir un estado de alta impedancia en la conexión del dispositivo. De esta manera se obtiene el efecto de un solo elemento conectado al cable, y que será el que controle la comunicación en ese momento.

2.4.2 Bucle de corriente

En esta tecnología, los diferentes niveles lógicos se indican mediante niveles de corriente en la línea de transmisión (0mA a 20mA). El bucle analógico de corriente de 4-20 miliamperios apareció en la década de los 60. Permite transmitir señales analógicas a gran distancia sin pérdida o modificación de la señal.

⁶ Fuente: RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 260

Es más robusto frente a interferencias eléctricas que el método basado en niveles de tensión. La transmisión de corriente permite, asimismo, utilizar el mismo cable para transmitir potencia a los dispositivos (alimentación).

Para realizar el bucle de 4-20 mA, hacen falta por lo menos, 4 elementos:

- ❖ El emisor.
- ❖ La alimentación del bucle.
- ❖ El cable.
- ❖ El receptor.

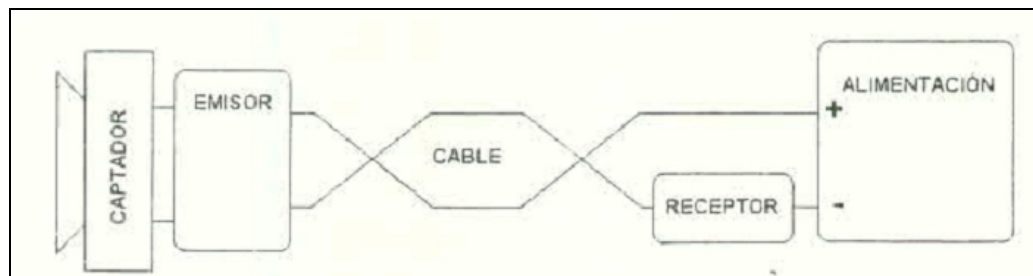


Figura II.5 Bucle analógico de corriente⁷

La alimentación de la red proviene de una fuente 10-30V DC. El transductor de campo controla el flujo de corriente (generalmente se les llama transmisores de dos hilos).

El paso de corriente a tensión es sencillo. Mediante una resistencia de 100ohm obtenemos los niveles de tensión equivalentes. Su aislamiento galvánico es igual de sencillo mediante optoacopladores.

Ventajas:

- ❖ Transmisión a largas distancias.
- ❖ Detección de fallos de sensores.
- ❖ Red económica (dos hilos).
- ❖ Alta inmunidad a interferencias electromagnéticas.

⁷ Fuente: RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 260

La variante digital del bucle de corriente se utiliza principalmente en los enlaces con aislamiento galvánico. Esta técnica permite transmitir señales digitales, mediante optoacopladores, o señales analógicas añadiendo circuitos PLL (Phase Locked Loop) y VCO (Voltage Controlled Oscillators).

2.4.3 Señal modulada

Hay sistemas que utilizan la señal de alimentación para el transporte de la señal de datos (modulación) según se refleja en la Norma IEC-111582

Esta técnica se puede hallar en buses de campo orientados a la industria de procesos, tales como Hart, Profibus-PA o Foundation Fieldbus, donde existe el riesgo de explosión (Zonas ATEX, de Atmósfera Explosiva).

En esta técnica, la línea de alimentación de potencia incluye también la comunicación con los nodos de la red. Como cada nodo tiene un consumo de reposo, del orden de pocos miliamperios, puede conmutar su estado entre dos niveles, alterando las características de impedancia de la red y generando caídas de tensión detectables por los demás nodos.

Las señales se pueden clasificar también según el proceso al cual se someten antes de ser transmitidas.

Banda Base

Los datos a transmitir, convertidos en una sucesión de niveles lógicos mediante una herramienta de codificación, se inyectan directamente en el cable en forma de variaciones de tensión o de corriente, sin modificaciones de la señal original (RS-232C).

Portadora

La señal en Banda Base se emplea para modular otra señal de forma senoidal, llamada Portadora (Hart). Método muy utilizado en el ámbito de las transmisiones de radio (modulación de amplitud, de frecuencia o de fase). Poca utilización en redes locales o buses de campo.

2.5 CONCEPTOS BÁSICOS

Antes de entrar en la descripción de algunos de los diferentes sistemas de buses de campo existentes, veremos unas cuantas nociones para los más legos en la materia.

2.5.1 Modos de transmisión de datos

Paralelo

Esta forma de transmisión permite el envío de información a gran velocidad. El inconveniente es la cantidad de líneas de comunicación y la distancia máxima a la cual se puede realizar esta.

Actualmente es la única opción válida para los sistemas con microprocesadores (el bus local del PC).

Se mide en bits, o líneas de comunicación (pistas de circuito impreso). Así tenemos buses de 8, 16, 32, 64, 128 bits.

Ejemplo de este tipo de bus son:

- ❖ Sistemas domésticos: ISA, PCI, AGP.
- ❖ Sistemas industriales: Eurocard, VME, FutureBus.

Serie

Mediante un sistema clásico de transmisión de señal, por niveles de tensión, por ejemplo, el sistema transmisor hace variar los niveles de señal entre dos valores o estados. El sistema receptor debe ser capaz de identificar esos cambios de estado, e interpretarlos correctamente para poder traducirlos a bits. Este método exige que, tanto emisor como receptor, estén sincronizados.

Para sincronizar emisor y receptor se pueden utilizar dos métodos:

Asíncrono: emisor y receptor trabajan a la misma velocidad y con el mismo número de bits por mensaje. Una señal determinada (start bit) indica el inicio del mensaje y el receptor comienza el muestreo de la señal presente en el medio.

Este método requiere precisión en las operaciones de muestreo (periodos de reloj constantes en el tiempo).

Síncrono con reloj: una señal de reloj adicional indica al receptor los instantes de muestreo de señal.

Este método requiere una línea de comunicación adicional. La ventaja de este método es que el receptor solo debe seguir los flancos de la señal del reloj, y este no tiene por qué ser preciso.

2.5.2 Codificación de señales

Una vez definido el modo de transmisión de la información, hay que determinar la forma de la misma, o cómo hacer que los bits que representan la información que queremos transmitir se puedan enviar a la mayor velocidad posible sobre la línea de transmisión escogida.

Uno de los modelos más extendidos es la codificación ASCII. Es una forma de transmisión síncrona, que delimita cada carácter mediante un bit de inicio y uno de final, y un cierto control de error mediante el llamado bit de paridad.

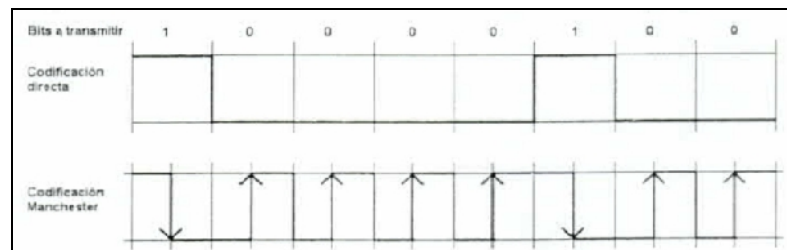


Figura II.6 Codificación Manchester.⁸

⁸ **Fuente:** RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 263

Una mejora sustancial en cuanto a efectividad se consigue con la codificación del tipo Manchester, que permite la sincronización entre emisor y receptor.

Este código divide cada bit en dos subintervalos, definiendo el nivel lógico del bit mediante el sentido del flanco entre el primer y segundo subintervalo.

2.5.3 Protocolos de comunicación

Una vez tenemos definido el soporte físico y las características de la señal a transmitir, hay que determinar la forma en la cual se va a realizar el intercambio de información (sincronización entre los extremos de línea, detección y corrección de errores, gestión de enlaces de comunicación, etc).

El protocolo de comunicación engloba todas las reglas y convenciones que deben seguir dos equipos cualesquiera para poder intercambiar información.

Cualquier tipo de enlace de comunicación se puede estructurar de la siguiente manera:

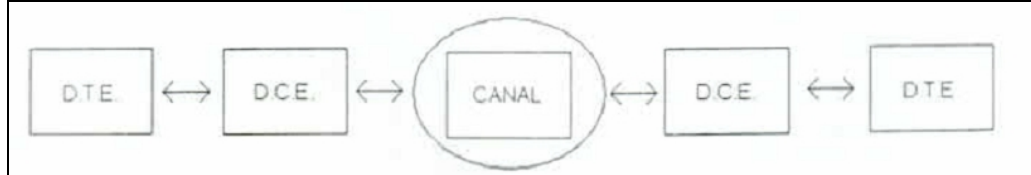


Figura II.7 Componentes de un enlace de datos⁹

El objetivo de cualquier protocolo de comunicación es poder conectar y mantener el dialogo entre dos Equipos Terminales de Datos (DTE), permitiendo que la información pueda fluir entre ambos con seguridad (sin fallos). Es decir, todas las reglas y especificaciones del lenguaje a utilizar por los equipos.

Si varios proveedores utilizan el mismo protocolo en sus productos, se llega al ideal dentro de cualquier sistema; la integración de sistemas con el mínimo esfuerzo.

⁹ **Fuente:** RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 263

La estandarización es un punto de conflicto entre intereses técnicos y comerciales, pues cada fabricante realiza sus investigaciones encaminadas a que sus equipos cubran determinadas necesidades y, por supuesto, después pretende que estas utilidades se conviertan en estándar ya que, por supuesto, son las mejores soluciones del mercado.

Este tipo de soluciones tienen denominaciones tales como:

Hart	Control de Procesos
Profibus	Control Discreto y Control de Procesos
ASi	Control Discreto
Can	Control Discreto

Prácticamente cualquier protocolo pueda integrarse, en mayor o menor medida, en cualquier nivel de la famosa Pirámide de Automatización (CIM, Computer Integrated Manufacturing), pero la gracia está en encontrar la relación prestaciones/precio ideal, y el equilibrio entre varias tecnologías que permitan complementarse unas a otras.

No hay un bus mejor que otro, sino que, dependiendo de la aplicación, hay unos buses más adecuados que otros.

A la hora de decantarse por uno u otro bus, deberán tenerse en cuenta algunos de los siguientes puntos:

- ❖ Coste por nodo de bus.
- ❖ Coste de programación (o desarrollo).
- ❖ Tiempos de respuesta.
- ❖ Fiabilidad.
- ❖ Robustez (tolerancia a fallos).
- ❖ Modos de funcionamiento (Maestro-Esclavo, acceso remoto).
- ❖ Medios físicos (cables, fibra óptica, radio...).
- ❖ Topologías permitidas.
- ❖ Gestión.
- ❖ Interfaces de usuario.
- ❖ Futuro (o lo que es lo mismo, normalización)

2.5.4 Tipos de redes según forma (topología)

La topología de las redes es el aspecto físico que forman los equipos y el cableado de los mismos. Se pueden encontrar sistemas industriales con las siguientes topologías:

- ❖ Punto a punto
- ❖ Bus
- ❖ Árbol
- ❖ Anillo
- ❖ Estrella

2.5.4.1 Punto a punto

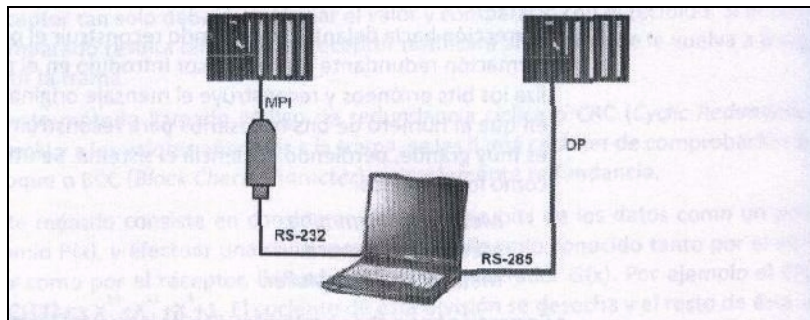


Figura II.8 Estructura de una red en forma de punto a punto¹⁰

Es la más sencilla, ya que se basa en la conexión directa de dos equipos. Sus principales características son:

No es necesario que dentro de la trama del mensaje se incluyan las direcciones, tanto de origen como la de destino.

Se pueden llegar a comunicar mediante sistemas Half-Duplex (RS-485) o Full-Duplex (RS-422). En este último caso también es innecesario el tema del acceso al medio, ya que se pueden comunicar bidireccionalmente y de forma simultánea.

El sistema de cableado es sencillo y a veces sin necesidad de adaptadores de red (interfaces).

¹⁰ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 42

Ventajas:

- ❖ Topología simple en su instalación.
- ❖ Fácil control de acceso a la red.
- ❖ Si un nodo falla, el resto puede funcionar.
- ❖ Su evolución fue hacia el tipo estrella.

Inconvenientes:

- ❖ Valido para pocos nodos, por su complejidad en el cableado.
- ❖ Múltiples tarjetas de comunicaciones.

Aplicaciones:

- ❖ Pocas estaciones y distancias cortas.

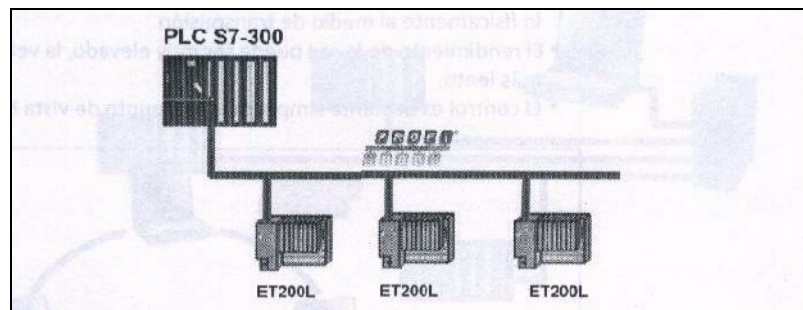
2.5.4.2 Bus

Figura II.9 Estructura de una red en forma de bus¹¹

Una única línea, compartida por todos los nodos de la red. Al ser un bus compartido, antes de enviar un mensaje cada nodo ha de averiguar si el bus está libre.

Tan solo un mensaje puede circular por el canal en cada momento.

Si una estación emite su mensaje mientras otro mensaje está en la red, se produce una colisión.

¹¹ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 43

Ventajas:

- ❖ Coste de la instalación bajo.
- ❖ El fallo de un nodo no afecta al funcionamiento del resto de la red.
- ❖ Control del flujo sencillo.
- ❖ Todos los nodos pueden comunicarse entre sí directamente.
- ❖ La ampliación de nuevas estaciones o nodos es sencilla.

Inconvenientes:

- ❖ Limitado en la distancia (10km), necesidad de repetidores por problemas de atenuación.
- ❖ Posibilidad elevada de colisiones en la red.
- ❖ Acaparamiento del medio cuando un nodo establece una comunicación muy larga.
- ❖ Dependencia total del canal. Si este falla, la red se paraliza.

Aplicaciones:

- ❖ Redes industriales.
- ❖ Redes LAN Ethernet (obsoleto).

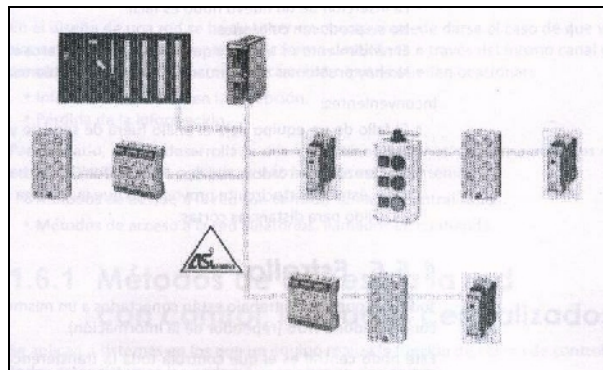
2.5.4.3 Árbol

Figura II.10 Estructura de una red en forma de árbol¹²

¹² Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 43

Está formado por un grupo de buses conectados entre sí, dando lugar a una estructura arbórea. Con este sistema se consigue mayor alcance que el proporcionado por un bus simple, aunque se incrementa el problema de la atenuación.

Este tipo de red puede aplicarse para dotar de una red por departamentos o zonas independientes dentro de una empresa.

2.5.4.4 Anillo

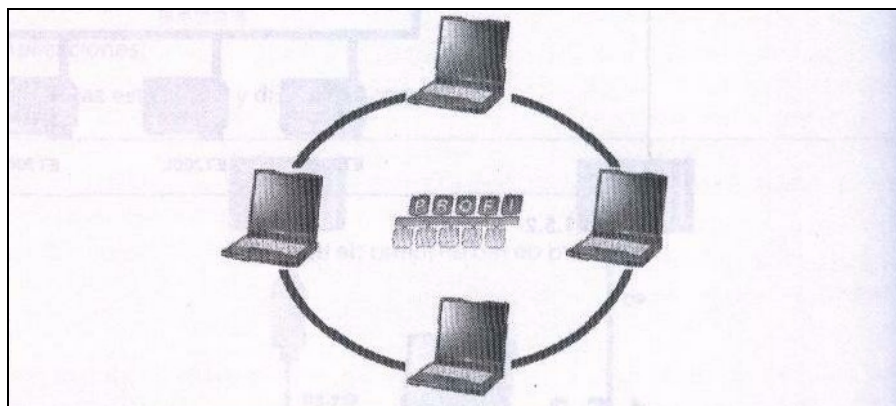


Figura II.11 Estructura de una red en forma de anillo¹³

Es un caso especial de la conexión en bus, en el que los dos extremos se unen para formar un bus cerrado en forma de anillo. Sus características principales son:

- ❖ La información fluye en un único sentido.
- ❖ El mecanismo de transmisión es dejar el mensaje y este circula por el anillo hasta llegar al receptor.
- ❖ Puede circular más de un mensaje por el anillo.
- ❖ La inserción de un nuevo equipo al anillo es fácil, tan solo es necesario conectarlo físicamente al medio de transmisión.
- ❖ El rendimiento de la red puede ser muy elevado, la velocidad la marca el equipo más lento.

¹³ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 44

- ❖ El control es bastante simple desde el punto de vista hardware y software.

Ventajas

- ❖ No existe problemas de encaminamiento, todos los mensajes circulan por el mismo camino.
- ❖ La inserción de un nuevo nodo es fácil.
- ❖ No se producen colisiones.
- ❖ El rendimiento es alto, aunque la velocidad la marca el nodo más lento.
- ❖ No hay problemas de atenuación, cada nodo actua como repetidor de la señal.

Inconvenientes:

- ❖ El fallo de un equipo deja el anillo fuera de servicio y por tanto la red deja de funcionar.
- ❖ IBM lanzó al mercado la red tipo “TOKEN RING” que hace cuando un equipo falle, este se cortocircuite provocando que la red siga funcionando.
- ❖ Es válido para distancias cortas.

2.5.4.5 Estrella

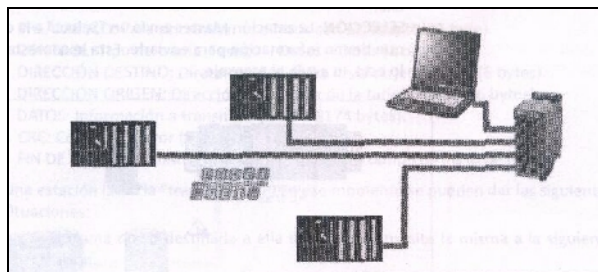


Figura II.12 Estructura de una red en forma de estrella¹⁴

Todos los puestos de trabajo están conectados a un mismo nodo de la red, llamado concentrador o HUB (repetidor de la información).

¹⁴ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 45

Este nodo central es el que controla toda la transferencia de información, con lo cual se crea una dependencia total de este elemento, puesto que si falla dicho elemento, cae con él toda la red.

Ventajas:

- ❖ Mayor rendimiento, ya que la información va directamente del emisor al receptor sin pasar por nodos intermedios (excepto el HUB).
- ❖ Podemos añadir o suprimir nodos con suma facilidad.
- ❖ Fácil conexionado y mantenimiento.
- ❖ Admite diferentes velocidades.

Inconvenientes:

- ❖ Dependencia total del HUB; si este falla, la red no funciona.
- ❖ Si el HUB no es suficientemente potente, se pueden producir retardos importantes que pueden llevar a paralizar la red (efecto “cuello de botella”).

Aplicaciones:

- ❖ Redes LAN, Ethernet y Fast Ethernet.

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

2.5.5 Tipos de redes según extensión

WAN (Wide Area Network)

Cubre necesidades internacionales (reserva de vehículos de alquiler) o nacionales (Seguridad Social).

MAN (Metropolitan Area Network)

Cubre necesidades a escala de una ciudad (gestión de edificios municipales).

LAN (Local Area Network)

Son las conocidas Redes Locales. Son geográficamente limitadas (sobre 1 km de radio), y permite interconectar de forma sencilla ordenadores situados en edificios próximos, que pueden ser de uso industrial, terciario o domestico (Ethernet o FDDI).

También hay redes locales para distancias muy pequeñas (centímetros). Es el caso de los ordenadores personales, en los cuales los elementos están conectados mediante enlace paralelo de alta velocidad (PCI, AGP, VME, GPIB).

2.5.6 Modelo de referencia OSI

La ISO creó en 1977 un comité con el cometido de establecer las reglas para originar una arquitectura que determinara un modelo de referencia para la interconexión de sistemas de comunicación abiertos.

El modelo de referencia OSI se basa en un esquema de siete capas o niveles, básicamente cada nivel se comunica con su nivel homólogo de otro sistema.

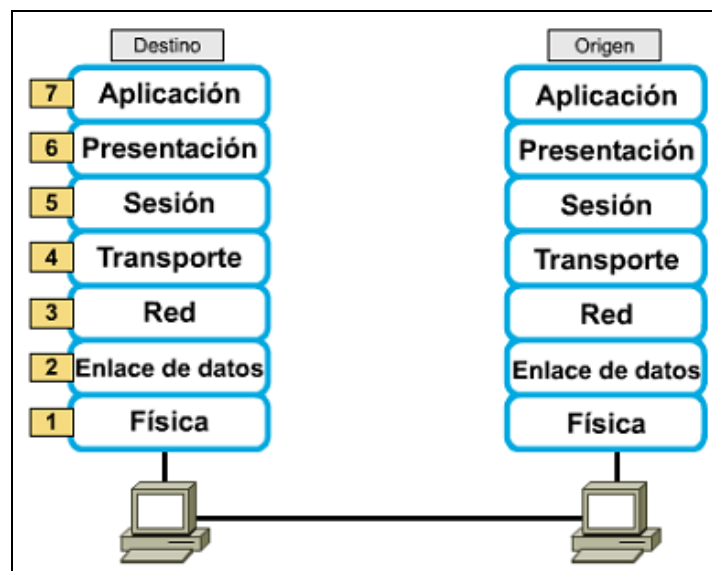


Figura II.13 Niveles OSI¹⁵

¹⁵ <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/comdat1/material/ElmodeloOSI.pdf>

Cada capa o nivel tiene unas funciones claramente definidas y que son las siguientes:

Nivel 1. **FÍSICA**: Especifica cuál será el medio físico de transporte a utilizar. Señales eléctricas.

Nivel 2. **ENLACE**: Estructuración de los datos dentro de la trama y control de errores.

Nivel 3. **RED**: Interviene en caso en el que existan más de una red.

Nivel 4. **TRANSPORTE**: División de los datos en paquetes de envío.

Nivel 5. **SESIÓN**: Para el control de inicio y finalización de las conexiones.

Nivel 6. **PRESENTACIÓN**: Representación y encriptación de los datos.

Nivel 7. **APLICACIÓN**: Utilización de los datos.

2.5.6.1 Modelo de referencia OSI para comunicaciones industriales

A nivel de las comunicaciones industriales las capas utilizadas son:

FÍSICA

- ❖ Se encarga de la transmisión de bits al canal de comunicación.
- ❖ Define los niveles de la señal eléctrica con la que se trabajará.
- ❖ Controla la velocidad de transmisión (duración de un bit).

Esta capa contiene tres subniveles, que son los siguientes:

MEDIO:

Canal de transmisión, si es cable, FO, radio, etc.

MAU (Media Attachment Unit):

Contiene la electrónica donde se generan o donde se reciben los niveles eléctricos.

PLS (Physical Logical Signal):

Codificación en la emisión de la información binaria a señales eléctricas y decodificación en la recepción en la recepción de la señal eléctrica a señal binaria.

ENLACE

- ❖ Se encarga de establecer una comunicación libre de errores entre dos equipos.
- ❖ Forma la trama organizando la información binaria y la pasa a la capa física.

Esta capa contiene tres subniveles, que son los siguientes:

MAC (Media Access Control):

Control del canal de transmisión para que en el momento que esté libre, pueda enviar la información.

LLC (Logical Link Control):

Controla y recupera los errores, también codifica la información (hexadecimal o ASCII) a enviar a formato binario o decodifica la información binaria a hexadecimal o ASCII.

APLICACIÓN

Es la capa más próxima al usuario y puede ofrecer servicios tales como correo electrónico, acceso a base de datos, transferencia de ficheros, videoconferencia, etc.

2.5.7 Formas de comunicación

La forma de comunicación utilizada se puede observar desde el punto de vista de la frecuencia con la que se intercambian los datos entre los equipos, pudiendo ser de dos maneras:

Cíclica (periódica).

Acíclica (aperiódica).

Comunicaciones cíclicas

A la hora de transmitir vía bus de campo, interesa que el tiempo empleado en enviar y recibir todos los datos entre estaciones (tiempo de scan), sea lo más corto posible.

En un caso ideal no debería haber retraso. Por ejemplo, entre pulsar un botón de paro de estación en el sistema de visualización del Maestro y el paro real de la misma.

Es inevitable que transcurra un tiempo determinado ente estos dos sucesos:

- El maestro tiene un ciclo de trabajo de una duración determinada (ciclo de scan).
- El sistema de comunicaciones tarda un tiempo en enviar-recibir todos los datos programados.
- El esclavo tiene su ciclo de scan propio.

Centrándonos en las comunicaciones, una manera de reducir el tiempo de emisión-recepción, sin variar la velocidad de transmisión, es reducir la cantidad de datos a gestionar pro el sistema de transmisión, enviando únicamente los datos necesarios (marcha, paro, alarmas, etc.).

En determinadas situaciones, puede ser necesaria la transferencia de grandes cantidades de datos entre estaciones. Si esto se realizase de forma cíclica, la carga de trabajo del sistema de comunicaciones podría aumentar de tal manera que este podría volverse inoperante debido a los tiempos de retraso.

Comunicaciones acíclicas

En el caso del intercambio de grandes cantidades de información no critica (piezas producidas, tiempo de funcionamiento, visualización de algunas variables analógicas, etc.), se puede optar por realizar el envío de información en momentos determinados del proceso, o solo cuando se solicite.

Así como la comunicación cíclica se realiza de forma automática, la lectura y escritura de datos en modo acíclico debe ser realizada mediante la ejecución de instrucciones específicas de comunicación (lectura y escritura).

La comunicación de tipo acíclico representa una carga adicional a las comunicaciones de tipo cíclico, que se ejecutan de modo automático. Por lo tanto, un exhaustivo, o muy frecuente uso de la comunicación de tipo acíclico repercutirá en el tiempo total de procesamiento necesario para las comunicaciones.

2.5.8 Modos de diálogo

Según el tipo de enlace, aparecen tres posibilidades de dialogo:

- Simplex
- Half-Duplex
- Full-Duplex

Modo de comunicación Simplex

El modo Simplex es aquel en el cual hay un emisor y un receptor de datos, y la información solamente fluye del primero al segundo. No es de interés industrial en el sentido en que se trata de un sistema en lazo abierto (no recibimos datos del elemento al cual se le manda información).

Modo de comunicación Half-Duplex

Las comunicaciones de este tipo definen aquel dialogo que se realiza entre dos puntos, en las dos direcciones, pero no de forma simultanea, sino por turnos.

Este es el caso del estándar RS-485, donde solo puede haber un emisor cada vez.

Por ejemplo: Profibus o Modbus.

Modo de comunicación Full-Duplex

Con este método, el intercambio de información es bidireccional y simultaneo. Esto es gracias a que hay canal para emitir, y otro para recibir. Un estándar muy conocido que soporta este protocolo es EIA-232E, también conocido como RS-232C.

Las relaciones entre los nodos de red estarán determinadas por el protocolo que utilicen. Será en función de la forma en la cual se gestione la información, o en el tipo de relación que mantendrán con los otros nodos.

2.5.9 Relaciones entre estaciones

2.5.9.1 Modos de comunicación

Los diversos modos de comunicación permiten estructurar las diferentes estrategias de intercambio de información. Se pueden dividir en dos categorías:

- ❖ Punto a punto
- ❖ Productor-Consumidor

El concepto de comunicación punto a punto consiste en enviar la información tantas veces como sea necesario para que llegue a todos los destinatarios (una carta, una dirección). Este concepto emplea más ancho de banda del realmente necesario, pues el mensaje se repite muchas veces, tantas como destinatarios. Además, los mensajes llegan en intervalos de tiempo diferentes.

La comunicación punto a punto tiene una serie de puntos débiles:

- ❖ Exceso de producción, hay nodos de red que pueden no necesitar los datos en un momento dado (pero tienen que ver si son para ellos).
- ❖ Inexactitud, pues los datos se transmiten durante varios ciclos de bus (un mismo mensaje enviado a varios nodos).
- ❖ Falta de determinismo, debido a la cantidad de nodos presentes.

Con el modelo de productor-consumidor, el dato generado se coloca en el bus con una etiqueta única y accesible por cualquier nodo que lo necesite, permitiendo, además, el acceso simultáneo (principio de sincronismo).

Este es un método altamente eficiente, pues:

- ❖ Economiza recursos de transmisión al no enviar información donde no se necesita.
- ❖ Sincroniza los destinatarios, pues todos reciben los datos al mismo tiempo.
- ❖ El tiempo necesario para transmitir no varía con el número de destinatarios.

Tabla II.III Protocolos y comunicación¹⁶

Modo de Comunicación	Protocolos
Punto a punto	Ethernet Profibus Modbus Interbus
Productor-Consumidor	ControlNet Foundation Fieldbus DeviceNet

2.5.9.2 Formas de organización de nodos

Los nodos de una red pueden clasificarse también en torno a su forma de gestionar la información, en relación a los otros nodos:

- ❖ Maestro-Esclavo
- ❖ Cliente-Servidor
- ❖ Productor-Consumidor

¹⁶ Fuente: RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 271

Maestro-Esclavo

Al organizar las comunicaciones, generalmente se establece una jerarquía ente los equipos, en la que uno de ellos tiene el control de las comunicaciones (de forma temporal o permanente). Es lo que se conoce como relación Maestro-Esclavo.

En el entorno industrial, el maestro es un autómatas que puede leer o escribir sobre los esclavos de la red que controla, mientras que el Esclavo recibe los mensajes enviados por el maestro y emite hacia este cuando le llega la orden de hacerlo.

Dentro de los esclavos hay dos categorías:

- ❖ Esclavos activos: son equipos con un PLC que reciben órdenes y ejecuta un programa propio.
- ❖ Esclavos pasivos: se comportan como terminales tontos, no ejecutan programa alguno y realizan la función de entradas-salidas remotas del autómatas maestro.

Un ejemplo de una red con relaciones maestro-esclavo podría ser una red de protocolo Profibus-DP (Siemens), o ASi.

Cliente-Servidor

Otro tipo de comunicación se basa en la prestación de servicios por parte de algunos interlocutores de una red, y el aprovechamiento de estos servicios por parte del resto. Se denominan relaciones de tipo Cliente-Servidor.

Un cliente de la red es un equipo que solicita los servicios a una estación. El servidor es una estación que proporciona esos servicios solicitados.

Un servidor puede ser un esclavo de la red.

Una estación puede ser, a la vez, cliente y servidor.

Un ejemplo de una red con relaciones cliente-servidor podría ser una red de protocolo MPI, o Profibus-FDL (Siemens).

Productor-Consumidor

Se basa en el concepto de comunicación broadcast (para todos). Un nodo productor emite un mensaje global a la red cuando lo necesita. Los nodos consumidores reciben la información y determinan si son los destinatarios del mensaje.

Este método permite que todos los nodos de la red puedan acceder de forma simultánea a un dispositivo para leer sus datos, aumentando la eficiencia del sistema al requerir una sola producción de datos sin importar el número de solicitantes (lo cual significa mayor productividad) y proporcionando una sincronización automática al llegar los datos a todos los destinatarios de forma simultánea.

Con esta técnica, los datos tienen una única cabecera o identificador, de manera que múltiples nodos pueden consumir los mismos datos al mismo tiempo y reducir el ancho de banda necesario.

2.5.10 Entradas y Salidas

Cuando hay un bus de comunicación hay que distinguir dos tipos de señales de entradas-salidas.

Locales: Son las E/S cableadas al PLC. Por tanto, cuando hablamos de E/S locales de un nodo maestro o de un nodo esclavo, nos estamos refiriendo a las entradas-salidas cableadas a su PLC.

Remotas: Son entradas y salidas lógicas (no existen físicamente) que conectan punto a punto el nodo maestro con los nodos esclavos. Es decir, las salidas de bus del maestro están conectadas directamente a las entradas de bus de campo de sus esclavos; a su vez, las salidas de bus de estos esclavos están conectadas a las entradas de bus de su maestro.

Ejemplos de salidas remotas pueden ser:

- ❖ Un PLC FEC, de Festo, trabajando como expansión de entradas-salidas.
- ❖ Un módulo de periferia descentralizada ET-200, de Siemens.

2.5.11 Tiempo Real

¿Qué es exactamente tiempo real?

Es una medida relativa, como ocurre con los decibelios. Debemos compararla con algo. Por ejemplo, diferentes maquinas o equipos de un mismo sistema pueden tener necesidades diferentes de tiempo real en función del trabajo que realicen. Equipos para control de movimientos deben ser capaces de dar tiempos de respuesta de unos 50 microsegundos, con unas variaciones máximas (jitter) de unos 10 microsegundos. Para exigencias más grandes, debe utilizarse equipo especial.

Para un PLC, el ciclo típico está por debajo de los 10 milisegundos y las variaciones pueden llegar a ser de milisegundos.

Una de las características más importantes que se busca en un sistema de comunicaciones industrial es la capacidad de respuesta del mismo. Es decir, el tiempo que tardará una señal en transmitirse desde el punto de origen hasta el punto de evaluación (programa de control) y la ejecución de la acción necesaria. Este tiempo suele denominarse *tiempo de respuesta*.

Cuando el tiempo de respuesta es menor que el tiempo en el que una variable o condición determinada tardan en provocar un cambio en el sistema, se dice que el sistema de control opera en *tiempo real*.

A la hora de diseñar un sistema automatizado se debe tener en cuenta que los componentes que lo integran sean capaces de dar un determinado tiempo de respuesta que permita que el sistema opere en tiempo real.

El esquema siguiente muestra, de forma general, todos los elementos involucrados en el control de una señal, desde su origen hasta la orden que esta origina en el sistema de control.

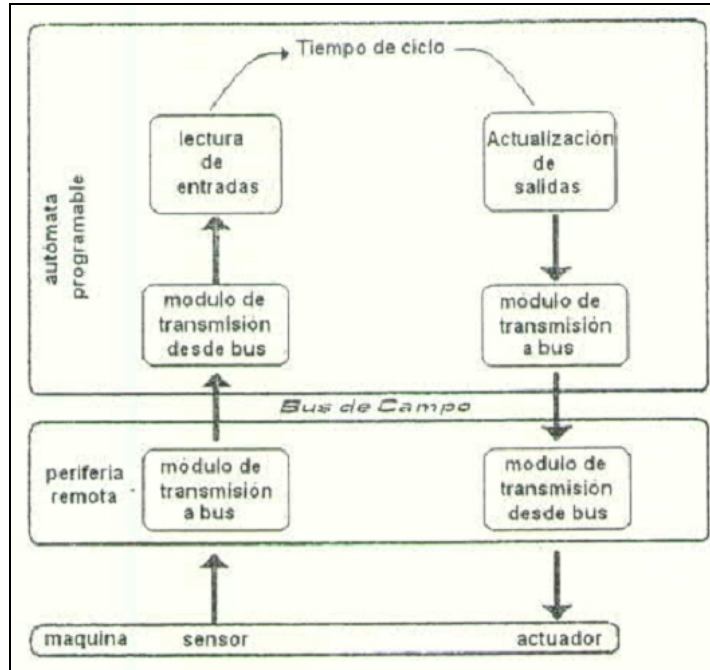


Figura II.14 Tiempo de ciclo¹⁷

Pongamos un ejemplo aclaratorio:

Tenemos una cinta transportadora que realiza un trasvase de botellas hacia una maquina de paletizado. Una fotocélula realiza el conteo de botellas para indicar a la paletizadora, mediante el autómata de control, el final de un lote.

Supongamos por un momento que el tiempo de ciclo del autómata es de 1 segundo y la cadencia de paso de las botellas es de:

3 segundos

En este supuesto, el tiempo de ciclo del autómata (lo que tarda en hacer la foto de sus entradas, procesar la información y activar las salidas pertinentes) es suficiente para estar al día de todos los cambios que ocurren en su dominio.

Tendrá tiempo sobrado para contar cada botella que pasa por delante de la fotocélula.

¹⁷ Fuente: RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 274

1.5 segundos

El tiempo de ciclo del autómeta aun es suficiente para responder a todos los cambios que ocurren en su dominio. Tendrá tiempo para contar cada botella que pasa por delante de la fotocélula.

Aquí pueden empezar a hacer crítico el sistema fenómenos tales como el tiempo de retardo de la electrónica (lo que tarda la fotocélula en ver la botella y activar la señal para el autómeta), o las variaciones inherentes a los equipos electrónicos, que alteran sus características (el jitter, o las variaciones en los periodos de trabajo, el ciclo de trabajo no es constante).

1 segundo

El tiempo de ciclo del autómeta es equiparable a la duración de la señal más rápida del sistema (la cadencia de las botellas).

Podremos encontrarnos con que el autómeta vea una sola botella cuando, en realidad, han pasado dos.

En este momento el autómeta ya no satisface las exigencias de tiempo real del sistema, pierde botellas.

2.5.12 Métodos de acceso al medio

En el diseño de una red se ha de tener en cuenta si puede darse el caso de que varias estaciones puedan transmitir de forma simultánea a través del mismo canal de comunicaciones, ya que esto provoca colisiones que pueden ocasionar:

- ❖ Información errónea en la recepción.
- ❖ Pérdida de la información.

Para evitarlo se han desarrollado diferentes técnicas conocidas como métodos de acceso al medio:

Sondeo (Polling)

Se utiliza en redes del tipo Maestro/Esclavo, este método se basa en la elección del interlocutor al interrogar a las estaciones de forma secuencial una tras otra (polling). Una estación hace de moderadora (Maestro) dirigiendo el tráfico por el bus hacia cada nodo (Esclavo). Cuando el Esclavo tiene el “poll” es cuando se le permite transmitir la información.

El punto débil de este sistema es un fallo en el nodo maestro, detiene toda la red.

Red: Profibus DP, ASi.

Multiplexado Temporal (TDMA)

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

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

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

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

Red: Interbus.

Paso de testigo (Token Passing)

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

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

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

Dependiendo de la topología de la red se pueden encontrar dos tipos:

- ❖ Token-bus es la utilización de este método dentro de una red con topología de bus (utiliza anillo lógico).
- ❖ Token-ring es la utilización de este método dentro de una red con topología de anillo (utiliza anillo lógico).

Red: Profibus, ArcNet.

Aleatorio (CSMA).

El mas conocido es el CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) llamado también de contienda.

Este sistema sigue los siguientes pasos:

- ❖ Escucha es estado del canal de comunicaciones, comprobando los niveles de la señal.
- ❖ Si no detecta señal de datos, inicia su transmisión.
- ❖ Puede ocurrir que dos estaciones hayan iniciado la transmisión de forma simultánea. Cada estación, después de colocar los datos en el canal, comprueba que los datos existentes en el canal son los que se han enviado. Si no es así, es que se ha producido una colisión y detiene la transmisión.
- ❖ Si detecta colisión espera un tiempo aleatorio e inicia de nuevo el proceso. El tiempo debe ser aleatorio o prioritario, ya que si fuese el mismo se producirían colisiones sucesivas.
- ❖ Si aún y así se continúan detectando colisiones, se abortaría el proceso de comunicación después de varios intentos.

Red: Ethernet.

2.5.13 Sistemas determinista y probabilístico

El hecho de que un sistema de comunicación sea del tipo determinista o no determinista (probabilístico) depende únicamente del tiempo en la transmisión/recepción:

Determinista: Cuando el tiempo es fijo siempre y conocido, como por ejemplo un sistema de comunicación ASi, que tarda 5 ms en realizar la emisión/recepción de 31 esclavos y 10 ms para 62 esclavos. También es un sistema determinista la red Profibus y Profinet.

Probabilístico: Cuando el tiempo es aleatorio, es decir, no siempre es el mismo y por tanto no es conocido, como por ejemplo una red Ethernet que utiliza el método de acceso CSMA/CD.

Este concepto es importante tenerlo en cuenta en las redes de comunicación industrial que en su mayoría, por no decir todos, deben de ser del tipo determinista, ya que se ha de asegurar un tiempo máximo y conocido desde que se produce una acción, por ejemplo accionar el botón de emergencia, y esa información llega al controlador.

2.5.14 Interconexión de redes

Cuando se diseña un tipo de red, en esta se incorporan todos los dispositivos necesarios para un correcto funcionamiento de esta, pero es posible que esta red con el tiempo deba ser ampliada, deba poderse conectar a otras redes del mismo o diferente tipo, etc. Para cubrir esta necesidades existen una serie de dispositivos auxiliares para que la red pueda alcanzar esos objetivos de interconexión, elementos como:

- ❖ El repetidor (repeater)
- ❖ El puente (bridge)
- ❖ El encaminador (router)
- ❖ La pasarela (gateway)

A continuación se realiza un pequeño estudio de esta serie de dispositivos.

2.5.14.1 El repetidor (repeater)

Debido a que las señales eléctricas se degradan por efecto de la ley de Ohm, es decir, que cuando se realiza una transmisión de señal por un hilo conductor, este, y como consecuencia de su propia resistencia, tiende a atenuar la señal, y cuando la longitud de la línea se va haciendo mayor, esta atenuación también se incrementa, hasta llegar incluso a que la estación receptora no sea capaz de leer nada del canal debido a la baja señal que le llega.

El objetivo del repetidor es la regeneración de las señales eléctricas y garantizar las conexiones entre los elementos de una red. Operan en el nivel 1, físico del modelo OSI, dado a que tan solo vuelven a acondicionar los valores de las señales eléctricas y no intervienen ni en el control de acceso ni en la topología.

Con esto parece tener resuelta la pérdida de la señal colocando sucesivos repetidores en la red. Pero hay otros aspectos que impiden un gran número de repetidores, como es la longitud máxima que se puede alcanzar en cada tipo de red. A modo de ejemplo una red ASi, en el que podemos alcanzar máximo los 300 metros colocando 2 repetidores, uno cada 100 metros, por lo que se tendrían 3 segmentos de 100 metros cada uno.

Un repetidor además se puede aprovechar para convertir la norma física (RS-232, RS-422, RS-485, etc.) o bien el sistema de cableado (Coaxial, Par trenzado UTP o FTP, FO, etc.).

Los repetidores son bidireccionales, en donde podemos encontrar diferentes tipos de repetidor, como:

- ❖ *Repetidor de continuación*: Es el más simple, consta de dos puertos.
- ❖ *Repetidor modular*: Es más sofisticado, está formado por diferentes tarjetas en un bus y cada una de ellas puede distribuir un tipo de señal, 10 Base T, 10 Base 2, 100 Base T...
- ❖ *Hubs o concentradores*: Son repetidores que se utilizan para una red en estrella.
- ❖ *Repetidor apilable*: Una serie de hubs que se pueden conectar entre sí a través de un bus externo.

Ventajas:

- ❖ Facilidad de operación.
- ❖ No requiere ningún tipo de configuración especial al operar en el nivel físico.

Limitaciones:

- ❖ No atiende a las direcciones de red, se limita a repetir la señal.
- ❖ No resuelve los problemas de tráfico. Si ha habido una colisión, él transporta esa información errónea al resto de estaciones.

2.5.14.2 El puente (bridge)

Es una máquina de red que posee alguna inteligencia, y realiza una serie de operaciones básicas en la red. Son capaces de almacenar y reenviar las tramas recibidas en función del contenido de las mismas. Su principal aplicación es la de unir dos redes del mismo tipo.

Une dos redes del mismo tipo, estructura y protocolo.

Los puentes o bridge operan en la capa de enlace (OSI) nivel 2, es decir, su unidad de operación es la trama de red. Cuando un puente o bridge debe pasar una trama de una red a otra ejecuta las siguientes fases:

Almacena en memoria la trama recibida, para su posterior análisis.

Comprueba el campo de control de errores. Si hay error, elimina las tramas de la red.

Si no hay errores, reenvía la trama al destinatario.

2.5.14.3 El encaminador (router)

Son dispositivos software o hardware que se pueden configurar para encaminar o convertir paquetes entre sus distintos puertos utilizando la dirección lógica correspondiente (p. ej, 255.255.0.9).

El encaminador o router opera en el nivel 3 (OSI) de red. Lo que es unir dos redes de diferente configuración o estructura pero que trabajen con el mismo protocolo.

Un router que encamina o convierte a TCP/IP no sirve para otro protocolo.

2.5.14.4 La pasarela (gateway)

Una pasarela es una puerta de enlace con una red. Lo que hace es unir dos redes que puedan tener diferente estructura (bus, anillo, estrella, etc.), tipo (Ethernet, Token-Ring, Master/Slave, etc.) y protocolo (TCP/IP, NetBeui, IPX/SPX, Profibus, ASi, etc.).

Las pasarelas son máquinas de red inteligentes y flexibles. La mayor parte de su operatividad está implementada a nivel de software.

Las funciones de una pasarela son:

- ❖ Reconocimiento y almacenamiento de los mensajes correspondientes a las estaciones de la red origen. Estos mensajes se desensamblan en el nivel de transporte.
- ❖ Adaptación de los formatos de datos de la red destino.
- ❖ Envío del mensaje a la red y estación destino.
- ❖ Conexión física de cada uno de los tipos de la red conectados.

2.6 COMUNICACIONES MEDIANTE BUSES DE CAMPO

Las comunicaciones mediante buses de campo simplifican enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción, demostrando ser una herramienta muy eficaz en los procesos de automatización, reduciendo los tiempos de puesta en marcha, modificación y mantenimiento de sistemas automáticos.

Entre los principales beneficios podemos citar:

- ❖ Reducción de cableado (físicamente)
- ❖ Dispositivos inteligentes (funcionalidad y ejecución)
- ❖ Control distribuido (flexibilidad)
- ❖ Simplificación de cableado de las nuevas instalaciones

- ❖ Reducción de costo en cableado y cajas de conexión
- ❖ Aplicable a todo tipo de sistema de manufactura
- ❖ Incremento de la confiabilidad de los sistemas de producción
- ❖ Optimización de los procesos existentes

2.6.1 La pirámide de automatización (CIM)

La denominada pirámide de la automatización CIM, Fabricación Integrada por Computador por sus siglas en inglés (Computer Integrated Manufacturing), intenta resumir, de forma grafica, los procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación) con los de gestión de la empresa, así como la estructuración de los sistemas de comunicación en un entorno productivo.

Se divide en niveles, de acuerdo al tráfico y tipo de información que se intercambia. El CIM ha de planificarse “top-down” (“de arriba hacia abajo”), pero debe implantarse “bottom-up” (“de abajo hacia arriba”).

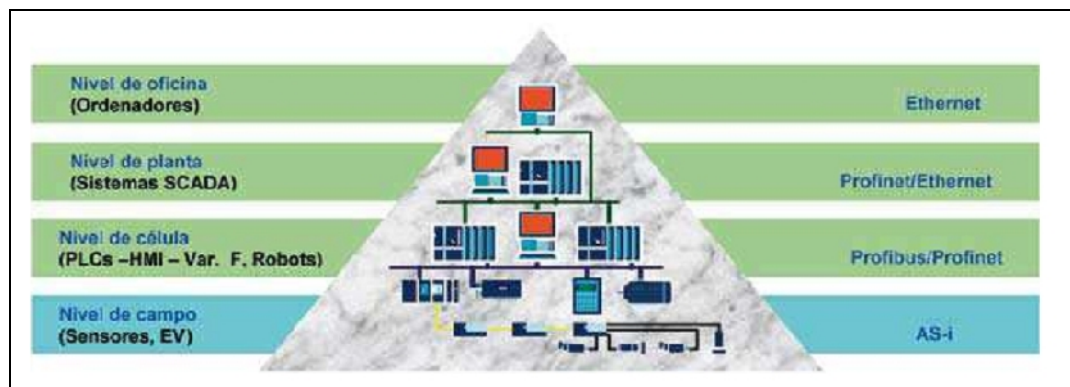


Figura II.15 Pirámide de la automatización CIM¹⁸

Factoría: formado básicamente por ordenadores tanto a nivel de oficina.

Planta: son ordenadores con aplicaciones específicas para el control del proceso.

¹⁸ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 8

Célula: son todos los componentes inteligentes que intervienen directamente en el proceso.

Campo: son todos los dispositivos que provocan los movimientos en el proceso productivo.

2.6.1.1 Flujo de información en la pirámide de automatización CIM

La pirámide de automatización CIM al ser un modelo jerárquico existe un flujo de información que fluye en dos direcciones

❖ Flujo de Información Vertical:

Descendente

Peticiones y órdenes realizadas por un nivel superior.

Ascendente

Informes sobre la ejecución de las órdenes recibidas.

❖ Flujo de Información Horizontal:

Intercambio de información entre entidades de un mismo nivel.

2.6.2 Requisitos de un bus de campo

Todo bus de campo debe contemplar los siguientes puntos:

Integración de datos

La comunicación directa requiere un sistema único de bus de campo, de manera que se puedan conectar a este todo tipo de dispositivos. Sistemas de control y ordenadores se conectan mediante el mismo cable que se utiliza para conectar dispositivos de automatización básicos o inteligentes.

Con este principio, tendremos que hacer convivir en la red datos de clases diferentes. Debemos poder tratar datos concernientes a señales de entrada/salida, datos de configuración, consignas y parametrizaciones de elementos de red.

Los datos de entrada/salida y los datos de proceso ocupan poco espacio dentro de las comunicaciones y se procesan de forma cíclica, mientras que los datos de parametrización, más voluminosos (valores típicos de unos 100 bytes), se transmiten de forma acíclica cuando son requeridos por el programa de control.

Integración de dispositivos

Un bus de campo abierto (sometido a normativa) es indispensable para ganarse al gran público. Cualquier marca de autómatas o controlador deberá poder conectarse a este bus. Además, tendremos la posibilidad de conectar ordenadores personales, variadores de velocidad, sistemas de sensores, etc.

Los elementos de entrada/salida serán independientes del sistema de control, de manera que el cableado siempre se mantenga aunque se cambie el sistema de control.

La programación y las herramientas de puesta a punto y diagnóstico serán las mismas, independientemente del control utilizado (el estándar permitirá que cualquier fabricante pueda crear herramientas de interface validas para cualquier dispositivo).

Tiempo real

El ciclo de trabajo del autómatas es el que va a determinar las características de tiempo real del sistema. El ciclo de trabajo del bus deberá estar siempre por debajo del ciclo de trabajo del autómatas para poder mantener las especificaciones de tiempo real. Por tanto, los ciclos de trabajo de bus se deben mantener por debajo de los 5 milisegundos.

Determinismo

Determinismo significa saber cuando va a ocurrir algo. Esta es una característica esencial en cualquier lazo de regulación, pues es primordial determinar, entre otros, los

tiempos de muestreo para poder realizar un control fiable y preciso. Un bus que cumpla este punto será el indicado para tareas de regulación.

Eficiencia del protocolo

La transmisión de los datos corre a cargo de los protocolos de red. Estos se ocupan de transmitir y gestionar los datos que se envían a los destinatarios de los mismos. Por eficiencia se entiende la relación entre datos transmitidos y datos útiles.

Para tareas cíclicas (poca información útil) la eficiencia es baja, mientras que para tareas acíclica (grandes cantidades de información) la eficiencia es alta.

Hay dos modos básicos de transmisión:

- ❖ Transmisión basada en mensajes, que requiere un diálogo completo para cada mensaje transmitido a cada estación.
- ❖ Transmisión basada en adición de tramas, que combina los datos de todos los elementos de red en un solo mensaje que se envía a todos ellos (Interbus).

En el método de adición de tramas, la eficiencia aumenta con el número de elementos de red. Además proporciona tramas de longitud fija y, por tanto, tiempos de transmisión constante, lo que permite determinar el tiempo de respuesta.

Seguridad

Cuando se elige un bus de campo, una eficacia elevada permite altas tasas de transferencia de datos. Esto se puede conseguir con sistemas que trabajen a bajas velocidades, lo cual proporciona una mayor protección de los datos que en los sistemas que se basan en las altas velocidades de transmisión, más susceptibles de ser afectados por interferencias electromagnéticas, y con menor alcance debido a las elevadas frecuencias de transmisión.

Expansión

La posibilidad de ampliación de un bus de campo viene dada por:

- ❖ La velocidad de transmisión
- ❖ La topología aplicable (bus, estrella, árbol, anillo, etc.)
- ❖ El máximo número de nodos de red conectables.
- ❖ Tipo de soporte de señal (cable, fibra óptica, radio, etc.)

Diagnóstico

Las funciones de diagnóstico deberían poderse realizar de forma rápida y sencilla, permitiendo una respuesta rápida por parte del usuario, reduciendo los tiempos de parada al mínimo.

Los componentes defectuosos deberían poderse sustituir al momento, sin afectar al resto de la red (con bus ASi, por ejemplo, si sustituimos un elemento defectuoso por otro nuevo, el Maestro del bus reconoce el nuevo elemento y lo configura automáticamente, asignándole los parámetros del antiguo).

Disponibilidad

Es, quizás, el punto más importante. Proporcionar elementos y recambios en plazos razonables de tiempo es la única manera de garantizar la aceptación por parte de integradores y usuarios finales de un determinado tipo de bus.

2.6.3 Buses de campo

A continuación se nombrarán algunos de los buses de campo más conocidos

ASi (Actuator-Sensor Interface)

ASi es un bus muy simple para conectar sensores y actuadores binarios con un PLC de manera económica. Típicamente se habla de un ahorro de entre el 15 y 40 % respecto al cableado tradicional. Usa un sistema de comunicación maestro/esclavo y la configuración de los nodos esclavos se realiza desde el maestro, usando el mismo bus, que es de topología libre.

MAP/TOP (Manufacturing Automation Protocol/Technical Office Protocol)

En 1980, General Motors inicia el desarrollo de MAP, un protocolo de comunicaciones capaz de alcanzar las grandes tasas de transferencia de información que se preveían en el entorno industrial. Simultáneamente, Boeing planeaba también eliminar las barreras de comunicación en sus oficinas, persiguiendo la integración de sistemas informáticos, las especificaciones que se elaboraron recibieron el nombre de TOP, y tenían muchos puntos en común con MAP, fusionándose más tarde.

ModBus (Modicon Bus)

Es un protocolo desarrollado por Modicon en 1979, utilizado para establecer comunicaciones Maestro-Esclavo y Cliente-Servidor entre dispositivos inteligentes y con dispositivos de campo.

Es ideal para la monitorización remota vía radio de elementos de campo (RTU, Remote Terminal Unit), tales como los utilizados en estaciones de tratamiento de agua, gas o instalaciones petrolíferas.

HART (Highway Adresable Remote Transducer)

Es desarrollado por Rosemount en los años 80, como protocolo abierto, formando un grupo de usuarios en 1990. Se trata de un protocolo muy difundido en la industria de procesos en donde se reemplaza el clásico captador de 4-20mA por un captador inteligente utilizando la técnica de modulación FSK (Frequency Shift Keyin) superponiendo una señal de datos a la señal de medida de 4-20mA.

FF (Fieldbus foundation)

Es un protocolo para redes industriales, específicamente para aplicaciones de control distribuido. Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización de la fabricación

Provee bloques de función: AI, DI, AO, DO, PID, que pueden intercambiarse entre la estación maestra (Host) y los dispositivos de campo. La longitud máxima por mensaje es de 256 bytes, lo que permite transferir funciones de control con el concepto de objetos

CAN (Controller Area Network)

Este sistema fue diseñado originariamente por Bosch (1986) para su uso dentro de los automóviles reduciendo la cantidad de hilos conductores a principios de 1980. Actualmente se usa como bus multi-maestro para conectar dispositivos inteligentes de todo tipo (robots, ascensores, equipamiento médico)

DeviceNet

Impulsado por Allen Bradley en 1994 se implementa un protocolo de la capa 7 (aplicación) orientada a la conexión, sobre un protocolo CAN. Se trata de un link de comunicaciones de bajo coste que conecta dispositivos industriales a la red y elimina los caros cableados a mano.

CANOpen

Se originó en el 1993 para el mundo de la automoción. Es un concepto de red basado en un sistema de bus serie CAN (Controller Area Network) y la capa de aplicación CAL (CAN Application Layer). Sus ventajas principales son su simplicidad, alta fiabilidad de transmisión y tiempos de reacción extremadamente cortos.

FIP- WorldFIP

Desarrollado en Francia a finales de los ochenta. Sus capas física y de aplicación son análogas a las de Foundation Fieldbus H1 y Profibus PA. La división Norteamérica de WorldFIP se unió a mediados de los noventa a la Fieldbus Foundation en el esfuerzo por la normalización de un bus industrial común. Utiliza un modelo productor-consumidor con gestión de variables cíclicas, eventos y mensajes genéricos.

Profibus (Process Field Bus)

Es un estándar abierto, independiente de un vendedor en concreto. Se ha estandarizado en las normas europeas EN 50170 y EN 50254. Fue desarrollado en 1989 por el gobierno alemán junto con empresas del sector de la automatización.

Interbus

Se originó en Phoenix Contact en 1984. Usa una estructura maestro-esclavo para acceder al medio, más un sistema de "suma de tramas" (summation-frame) que envía todas las respuestas en un solo telegrama.

El medio más usado es un anillo sobre cableado RS-485 utilizado para hacer conexiones punto a punto. Interbus tiene el estándar DIN 19258.

ControlNet

Bus de alta velocidad (5 Mbps) y distancia (hasta 5 Km), muy seguro y robusto promovido por Allen-Bradley. Utiliza cable RG6/U (utilizado en televisión por cable) y se basa en un controlador ASIC de Rockwell. No es soportado por muchos fabricantes y resulta de elevado precio por nodo. Se ha utilizado para interconexión de redes de PLCs y computadores industriales en aplicaciones de alta velocidad y ambientes muy críticos.

Ethernet IP

La red Ethernet se originó por Digital Equipment Corporation, Intel y Xerox en 1976. Se basa en el estándar IEEE 802.3. La principal ventaja de este sistema es su universalidad, encontraremos elementos de interconexión en prácticamente cualquier parte y debido a que cualquier ordenador viene provisto de un punto de conexión a red local Ethernet.

Existen diferentes versiones de Ethernet según la velocidad de transmisión: 10Base-T (10 Mbit/s.), Fast Ethernet (100 Mbit/s.), Gigabit Ethernet (1000 Mbit/s., aún en pruebas).

CAPÍTULO III:

REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ASi

3.1 INTRODUCCIÓN

ASi o Interfaz de Actuador/Sensor es un sistema de enlace para el nivel más bajo de procesos en instalaciones de automatización. El estándar está regulado por las normas: EN 50295, IEC 62026-2 y el IEC 947.

Es un sistema de conexión diseñado para transmitir alimentación y datos, mediante un único cable bifilar que reemplaza los mazos de cable utilizados en la implementación tradicional. Ideal para aplicar en los niveles más bajos de automatización de planta, donde abundan los elementos de tipo binario (finales de carrera, sensores, electroválvulas, etc.).

Está preparado para la integración en cualquier plataforma permitiendo la transmisión de señales digitales y analógicas relacionadas con el proceso y la maquinaria. Por otro lado, constituye una interfaz universal entre sencillos actuadores y sensores binarios.

El sistema ASInterface se caracteriza por un alto grado de sencillez y efectividad, siendo el más económico frente a otros sistemas de bus. Por lo tanto, no es de extrañar que ASInterface se haya convertido en el estándar más extendido en la automatización industrial. No sólo es sumamente fácil de manejar y de rápida instalación, sino que también es especialmente flexible para futuras actualizaciones, y extremadamente robusto, incluso en las condiciones más adversas.

3.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN



Figura III.16 Logotipo de ASi¹⁹

El considerable aumento de la complejidad de los sistemas de automatización actuales, junto con el coste que supone el tiempo necesario para realizar el cableado de las instalaciones y la dificultad de encontrar fallos en los mazos de cable tradicionales, llevaron a un grupo de 10 fabricantes, entre ellos empresas de la importancia de Festo KG y Siemens AG, a establecer un estándar para la conexión de sensores y actuadores.

La aparición de los Buses de Campo y más concretamente de los Buses de Sensores y Actuadores, vinieron a simplificar el proceso de cableado de los grandes sistemas de automatización, permitiendo una gran reducción de costes y tiempo.

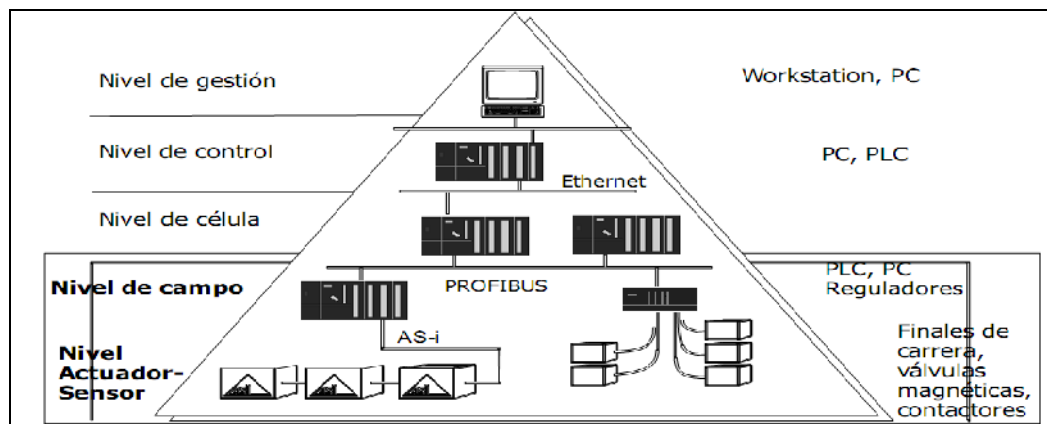


Figura III.17 Ubicación de ASi en la Pirámide de automatización²⁰

¹⁹ Fuente: <http://www.asinterface.com>

²⁰ Fuente: Bus de Accionadores y Sensores, AS-i. Manual didáctico. Telemecanique. Grupo Schneider. 1998

ASInterface o ASi fue diseñado en 1990 como una alternativa económica al cableado tradicional. El Objetivo fundamental fue determinar un sistema de comunicación único para todos los fabricantes de sensores y actuadores. La idea original fue crear una red simple para sensores y actuadores binarios, capaz de transmitir datos y alimentación a través del mismo bus, manteniendo una gran variedad de topologías que faciliten la instalación de los sensores y actuadores en cualquier punto del proceso con el menor esfuerzo posible y que cumpliera con las normativas de seguridad. Desde entonces, el concepto ASInterface se ha extendido considerablemente y las especificaciones iniciales se han revisado para adaptar el bus a las nuevas circunstancias y necesidades del mercado

En 1992 se creó la ASInternational Association, cuyas tareas fundamentales son:

- ❖ Difusión del concepto ASi.
- ❖ Informar a los usuarios y proporcionar soporte técnico sobre ASi.
- ❖ Estandarización de las normas ASi y revisión periódica de éstas.
- ❖ Certificación de los productos que se adapten a las normas de ASInterface, de forma que se garantice el correcto funcionamiento de éstos en cualquier red ASi independientemente del fabricante.

Actualmente hay 13 países que forman parte de esta asociación: Bélgica, Alemania, Francia, Gran Bretaña, Italia, Japón, Holanda, Suiza, Suecia, Estados Unidos, China, Chequia y Corea del Sur. A nivel de empresas, la lista de miembros de esta asociación cubre casi la totalidad de fabricantes de sensores y actuadores, así como multitud de empresas relacionadas con la automatización industrial.

Desde entonces, el concepto ASinterface se ha extendido considerablemente y las especificaciones iniciales se han revisado para adaptar el bus a las nuevas necesidades del mercado.

3.3 CONCEPTO ASi (Actuator Sensor Interface)

ASInterface es un sistema que responde a las necesidades de integración de los automatismos industriales. Permite conectar rápidamente sensores y accionadores al

autómata programable a través de un cable único que realiza a la vez la transmisión de datos y la alimentación de los sensores. El sistema ASInterface sustituye con todas las ventajas al cableado paralelo entre el autómata y los sensores/accionadores.

ASInterface es un estándar industrial abierto y respaldado por la asociación ASIInternational. Esta asociación cuenta entre sus miembros con los líderes del mercado de los sensores, los accionadores, los autómatas programables y los conectores.

ASInterface es un sistema abierto y garantiza la capacidad de intercambio y la interoperabilidad entre los diferentes productos del mercado. Esta garantía está asegurada por la certificación ASInterface.

ASInterface se utiliza actualmente en gran medida en numerosos sectores de la industria: máquinas de ensamblaje, transporte, manutención,

3.4 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- ❖ Ideal para la interconexión de sensores y actuadores binarios.
- ❖ Principio de funcionamiento basado en la técnica de sondeo con un maestro y varios esclavos.
- ❖ A través del cable AS- i tiene lugar tanto el intercambio de datos entre sensores/actuadores (esclavos AS- i) y el maestro AS- i como también la alimentación de corriente de los sensores y actuadores.
- ❖ Cableado sencillo y económico. Típicamente se habla de un ahorro de entre el 15 y 40 % respecto al cableado tradicional.
- ❖ El cable ASi es autocatrizante y está codificado mecánicamente para evitar su polarización incorrecta.
- ❖ Gran flexibilidad de topologías sin necesidad de terminadores de resistencia.
- ❖ Admite cualquier topología de la red (incluyendo topologías mixtas), con una longitud máxima de 100 metros sin repetidores con caída de tensión máxima de 3V.
- ❖ Sistema de comunicación maestro/esclavo
- ❖ Ciclo del bus rápido. Máximo tiempo de ciclo 5 ms con direccionamiento estándar y

- ❖ 10 ms con direccionamiento extendido.
- ❖ Permite la conexión de sensores y actuadores No AS i mediante módulos activos.
- ❖ Un maestro puede controlar hasta 31 esclavos con direccionamiento estándar aunque este número llega a 62 con direccionamiento extendido
- ❖ Hasta 124 sensores y 124 actuadores binarios con direccionamiento estándar.
- ❖ Hasta 248 sensores y 186 actuadores binarios con direccionamiento extendido.
- ❖ La velocidad de transferencia (Baudrate) es de 167 Kbit/s.
- ❖ Es posible la comunicación con módulos analógicos.
- ❖ El direccionamiento de los esclavos es electrónico, mediante el maestro, o con dispositivo específico de direccionamiento.
- ❖ La tensión de operación de los esclavos debe estar entre 26,5 y 31,6 V.
- ❖ Típicamente la corriente de consumo de cada esclavo es de 200 mA
- ❖ Las estaciones (esclavos AS- i) conectadas al cable AS- i pueden ser sensores/actuadores con conexión AS- i integrada o bien módulos AS- i, a los que se pueden conectar en cada caso hasta ocho sensores/actuadores binarios convencionales.
- ❖ Grado de protección IP-65/67 (*véase Anexo I*), para ambientes exigentes.

3.5 VENTAJAS DEL SISTEMA ASi

Cuando se quiere automatizar un proceso, es necesario utilizar una gran cantidad de sensores y actuadores. Por ejemplo, en un centro de logística, donde los detectores de ultrasonidos se encargan de averiguar la posición de un paquete dentro de la cinta transportadora, o en una embotelladora de bebidas, donde hay que controlar el nivel de llenado, o en una fundición, donde los perfiles en T tienen que ser colocados en su posición correcta. Los sensores son “los ojos y los oídos” para el control del proceso, y están distribuidos en todas las partes de la instalación.

El cableado de cada uno de los sensores y actuadores se ha realizado durante mucho tiempo según la tecnología tradicional: cada uno de los sensores y actuadores se cablean directamente al PLC de control. De esta forma es necesario utilizar una gran cantidad de cables, conectados al PLC en su correspondiente armario de distribución. La tecnología

actual es la denominada técnica del bus, ya utilizada desde hace tiempo en el nivel de fabricación y proceso. Esta tecnología es la empleada con el bus ASInterface desde mediados de los años 90, para la conexión en red de sensores y actuadores (nivel Actuador/Sensor).

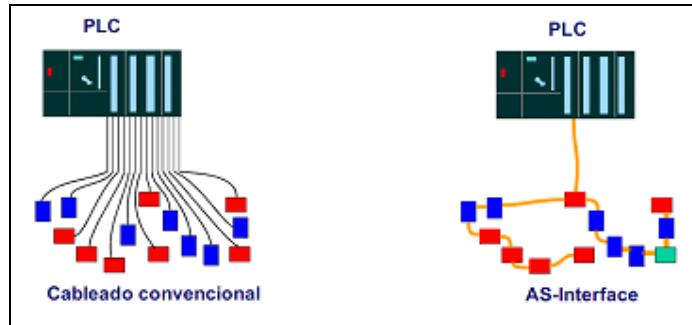


Figura III.18 Comparativa gráfica entre el sistema convencional y con ASi²¹

Otras ventajas son:

El montaje tan sencillo garantiza un funcionamiento muy simple.

La transmisión de datos y energía por el mismo cable ahorra costes en las conexiones y el montaje.

Alta seguridad de funcionamiento gracias a la continua supervisión de los esclavos conectados en la red.

Puesta en marcha rápida y sencilla E/S y menos bornes.

3.6 LOS INTERESES DE ASINTERFACE

3.6.1 La sencillez

La sencillez del sistema de cableado ASInterface reside en:

Un solo cable para conectar el conjunto de los sensores de un sistema de automatismos.

La gestión de las comunicaciones está integrada en los productos.

3.6.2 La reducción de los costes

La reducción de los costes puede llegar hasta el 40% a través de:

²¹ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 58

La reducción de los tiempos de estudio, de realización, de puesta a punto y de puesta en servicio.

El ahorro de espacio en los armarios con productos más compactos y la eliminación de los cofres intermedios; la mayoría de las funciones se pueden trasladar a la máquina.

La eliminación de los cables de control y la reducción de las canaletas.

3.6.3 La máxima seguridad

ASInterface contribuye a mejorar la fiabilidad, la disponibilidad y la seguridad de su máquina:

Ya no son posibles los errores de cableado.

Ningún riesgo de pérdida de conexión eléctrica.

Alta inmunidad a las perturbaciones electromagnéticas (EMC)

La función de seguridad de la máquina se puede integrar totalmente con ASInterface “Safety at Work” (véase Anexo 2).

3.7 EL CHIP ASIC

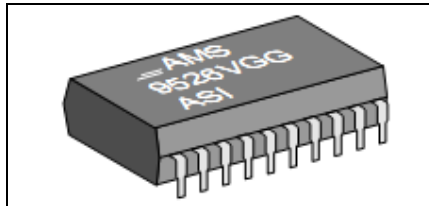


Figura III.19 Chip ASIC²²

Las funcionalidades de los componentes de las redes ASi giran en torno a un circuito integrado específico que reúne en una sola pastilla todos los elementos electrónicos necesarios para las comunicaciones y el control de entradas y salidas del esclavo ASi.

Este circuito se encuentra localizado:

- ❖ En el sensor o actuador. En este caso hablamos de sensores o actuadores ASi
- ❖ en las interfaces de entradas y salidas, en donde los sensores o actuadores tradicionales pueden ser conectados

²² Fuente: RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 317

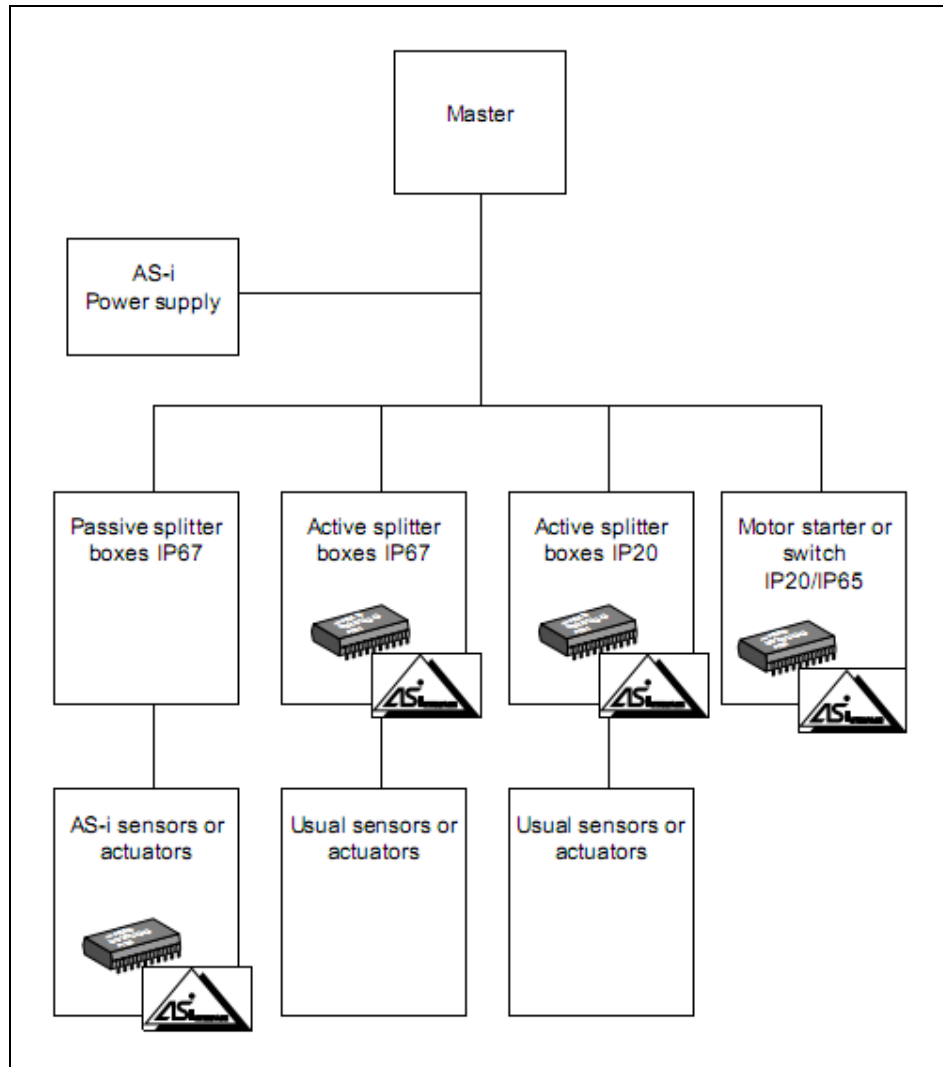


Figura III.20 Diferentes localizaciones del ASIC²³

Los circuitos integrados que realizan este tipo de funciones concretas se denominan ASIC (Application Specific Integrated Circuit – Circuito Integrado para Aplicación Específica). En la práctica hay un ASIC por cada esclavo.

Las principales funciones de este circuito integrado son:

- ❖ Intercambiar con el maestro de bus la información referente a las entradas y salidas del esclavo.
- ❖ Notificar datos sobre el estado operativo de cada entrada (sensor) o salida (actuador).

²³ Fuente: http://www.dee.hcmut.edu.vn/vn/ptn/sch/download/Network_Architecture/AS_i_bus.pdf

Aunque el chip ASi se encuentra en todos los esclavos, esto no quiere decir que realizan la misma función, ya que esta viene determinada por los Perfiles (*Véase Anexo 3*) que son los identificadores que permite distinguir los esclavos (módulos, sensores, actuadores) independientemente del fabricante.

3.8 CAMPOS DE APLICACIÓN SISTEMAS ASI

3.8.1. Para aplicaciones industriales

Las aplicaciones industriales requieren aparatos electrónicos robustos y de fácil manejo, con un alto estándar tecnológico.

3.8.2. Para zonas asépticas y húmedas

En todos los procesos, pero sobre todo en la industria alimentaria y farmacéutica, deben tenerse en cuenta normas especiales. Esto exige el uso de materiales especiales para los componentes utilizados. Una característica importante que deben presentar los detectores de estas instalaciones es una larga vida útil, con alta estabilidad frente a limpiezas frecuentes y agresivas.

3.8.3. Para zonas explosivas

Detectores y amplificadores de evaluación conforme a 94/9/CE (ATEX): Para zonas potencialmente explosivas (ATEX) están disponibles tanto detectores inductivos como también capacitivos. Las normas de instalación correspondientes son de observancia obligatoria por parte del usuario. Los detectores con seguridad intrínseca sólo se pueden utilizar en amplificadores adecuados con certificado del examen de tipo de la CE.

También existen exigencias especiales con respecto al cableado de los detectores, que deben ser respetadas obligatoriamente. El usuario se hace responsable de ello.

3.8.4. Para aplicaciones de seguridad

En la técnica de la automatización industrial se aseguran sectores de seguridad para la protección de las personas. Para los dispositivos desarrollados con este fin se aplican las

normas actuales EN 954-1 y IEC 61508. Hasta ahora el cableado de los detectores destinados a la seguridad se realizaba por separado. Desde la creación de Safety at Work es posible transmitir señales tanto de seguridad como “normales” mediante el sistema de bus ASInterface.

3.8.5. ASInterface como sistema práctico

ASInterface es un sistema que ofrece varios métodos para conseguir un propósito final. Por un lado, ASi tiene módulos de E/S clásicos como puede tener cualquier otro sistema de bus, pero con la diferencia que ASi, debido a su estructura divisible por 4, opera en bloques bastante más pequeños. Este hecho posibilita la creación de una descentralización real, en la cual la conexión del bus se realiza en dirección al detector, y no al contrario. Por otro lado, es también importante recalcar la integración directa de la conexión ASi en el detector o actuador. Esto representa el futuro de este tipo de tecnología. De esta manera, sólo se necesitará tender un cable de bus (en este caso, el cable plano ASi), y una línea de alimentación, por ejemplo, 400 V de corriente trifásica y, si es necesario, aire comprimido. Esta instalación flexible es muy adecuada sobre todo en la construcción de máquinas especiales y en el campo del transporte industrial, ya que los armarios eléctricos se reducen de forma drástica y no es necesario reservar más espacio.

3.9 COMPONENTES SISTEMAS ASi

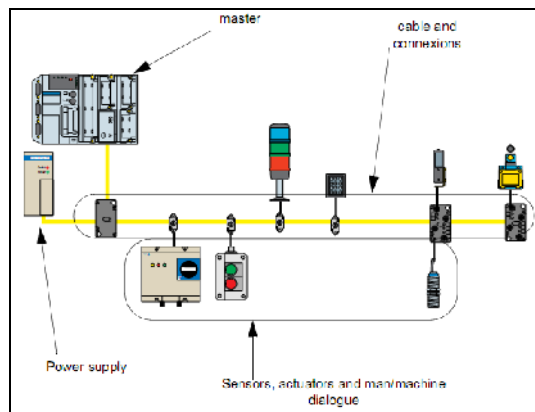


Figura III.21 Componentes sistemas ASi²⁴

²⁴ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

Los componentes básicos de los sistemas ASi son:

- ❖ El maestro ASi
- ❖ La fuente de alimentación ASi
- ❖ Los esclavos ASi
- ❖ Los cables y conectores
- ❖ Otros componentes ASi

3.9.1 Maestro AS- i

Es el componente central del sistema. Su función consiste en gestionar el intercambio de datos con los interfaces y los componentes (denominados también esclavos) repartidos por la instalación.

El maestro puede:

- Integrarse en un autómata, en forma de extensión.
- Conectarse a un bus de campo (por ejemplo, Modbus). Es lo que se denomina una pasarela o gateway.

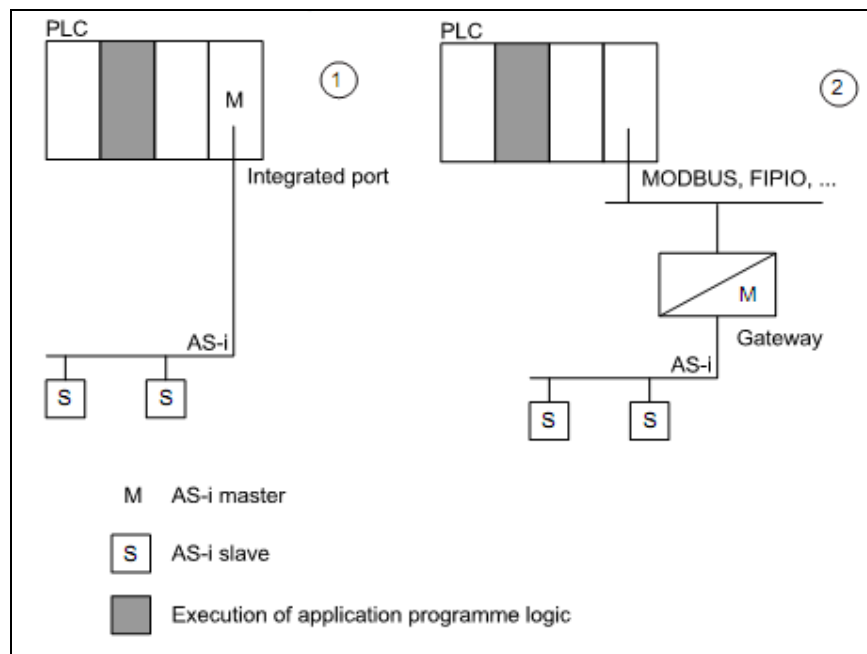


Figura III.22 Formas de Integración del maestro ASi²⁵

3.9.1.1 Perfiles de los maestros

²⁵ Fuente: http://www.dee.hcmut.edu.vn/vn/ptn/sch/download/Network_Architecture/AS_i_bus.pdf

Las especificaciones de ASi determinan un número de funcionalidades relativas al bus:

- ❖ lectura y escritura de entradas/salidas,
- ❖ modificación de los parámetros del esclavo,
- ❖ test del bus,
- ❖ verificación de los esclavos existentes en relación a la configuración inicial.

Para reducir costes y facilitar su uso, muchos buses ASi sólo se equipan función de lectura y escritura de entradas/salidas.

Para escoger el maestro es necesario conocer sus posibilidades. Las especificaciones ASi definen tres perfiles maestro M0, M1 y M2 (ver página siguiente).

En un bus ASi, el maestro responde a un perfil específico (M0, M1, M2) con unas funciones particulares:

Tabla III.IV Tipos de perfiles maestros ASi²⁶

	Perfil	Funciones
Perfil mínimo	M0	Lectura y escritura de datos entrada/salida
Perfil reducido	M2	Lectura y escritura de datos entrada/salida Modificación de parámetros del esclavo
Perfil completo	M1	Lectura y escritura de datos entrada/salida Modificación de parámetros del esclavo Test/diagnóstico de la red Verificación de la configuración proyectada en relación con la configuración real.

Estas funciones son imprescindibles para obtener la calificación de tipo.

Los maestros pueden tener funciones adicionales además de las del perfil.

3.9.1.2 Modos de funcionamiento del maestro

El bus ASi ofrece dos modos de funcionamiento distintos:

Modo configuración: en este modo todos los esclavos conectados al bus están activados.

²⁶ **Fuente:** Bus de Accionadores y Sensores, AS-i. Manual didáctico. Telemecanique. Grupo Schneider. 1998

- ❖ el maestro no tiene en cuenta ninguna configuración de referencia y dialoga directamente con la configuración detectada.

- ❖ en este modo no se puede realizar ningún direccionamiento automático

Modo protegido: este es el modo por defecto y el más utilizado. El maestro sólo dialoga con los esclavos proyectados en la configuración y detectados en la red.

- ❖ este es el único modo en el que se puede realizar direccionamientos automáticos.

Direccionamiento automático

- ❖ Las principales características para el proceso de direccionamiento automático son:

- ❖ El direccionamiento automático consiste en asignar una dirección a los aparatos nuevos del bus que sustituyen a los aparatos defectuosos, de forma transparente para el usuario, siempre que tengan el mismo perfil.

- ❖ El maestro gestiona el nuevo direccionamiento sin que intervenga el usuario

- ❖ El direccionamiento automático sólo es efectivo si la red se encuentra en “modo protegido”

- ❖ Se necesita un maestro con perfil M2 como mínimo y que disponga de información sobre la configuración del bus (tipo, dirección, perfil de esclavos)

- ❖ Cuando falla un esclavo, se sustituye por otro con el mismo perfil y dirección nula (todo producto ASi debe suministrarse con dirección nula)

- ❖ El maestro lo detecta automáticamente y le atribuye la dirección y los parámetros del aparato defectuoso utilizando las tablas adecuadas

- ❖ La asignación de la dirección se realiza en varios ciclos (pueden ser varias decenas de ciclos ASi).

3.9.2 Fuente de Alimentación ASi

Suministra una tensión MBTP (muy baja tensión de protección) de 29,5 a 31,6 V para los interfaces y componentes alimentados por la línea ASInterface.

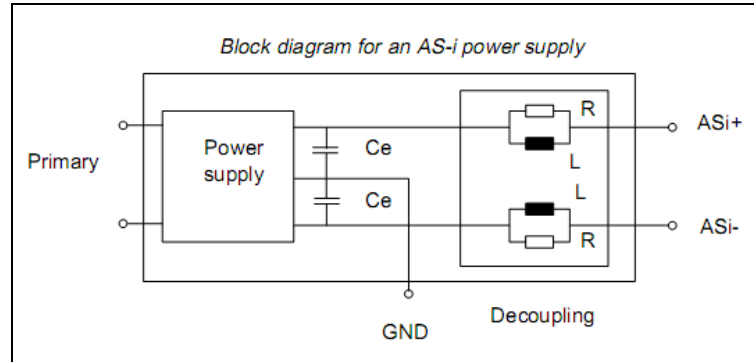


Figura III. 23 Diagrama de bloques de una fuente ASi²⁷

Como los datos y la alimentación se transmiten por el mismo bus, la fuente de alimentación realiza la desconexión de los datos de comunicación para que estos sean sobrepuestos en la alimentación. Está protegida contra las sobrecargas y los cortocircuitos. Sólo se puede conectar este tipo de alimentación a la línea ASInterface. Puesto que la corriente en el cable ASInterface está limitada, a veces es necesario alimentar determinados circuitos, concretamente los accionadores, directamente o por medio de salidas de interfaces, con una alimentación 24 Vcc estándar separada. Es posible en tal caso utilizar una alimentación doble: ASInterface y 24 Vcc.

3.9.3 Esclavo AS- i

Todas las estaciones que pueden ser aludidas desde un maestro AS- i reciben el nombre de esclavos AS- i.

3.9.3.1 Tipos de esclavos AS- i según la técnica de montaje

Se ofrecen esclavos AS- i con las siguientes técnicas de montaje:

- ❖ Sensores/actuadores con conexión AS- i integrada

Los sensores/actuadores con conexión AS- i integrada se pueden conectar directamente al AS- Interface.

- ❖ Módulos AS- i

Los módulos AS- i con esclavos AS- i a los que se pueden conectar sensores y actuadores convencionales.

²⁷ Fuente: http://www.dee.hcmut.edu.vn/vn/ptn/sch/download/Network_Architecture/AS_i_bus.pdf

3.9.3.2 Tipos de esclavos AS- i según el espacio de direccionamiento

Se ofrecen esclavos AS- i con los siguientes espacios de direccionamiento:

- ❖ Esclavo AS- i Standard

Cada esclavo AS- i Standard ocupa una dirección en el AS- Interface. Se pueden conectar hasta 31 esclavos AS- i Standard al AS- Interface.

- ❖ Esclavos AS- i con espacio de direccionamiento extendido (esclavos A/B)

Los esclavos AS- i con espacio de direccionamiento extendido se pueden utilizar por parejas, gracias a un sistema de direccionamiento de 2 bancos (direccionamiento denominado extendido o A/B). Con esto se duplica a 62 el número de esclavos AS- i que pueden ser aludidos.

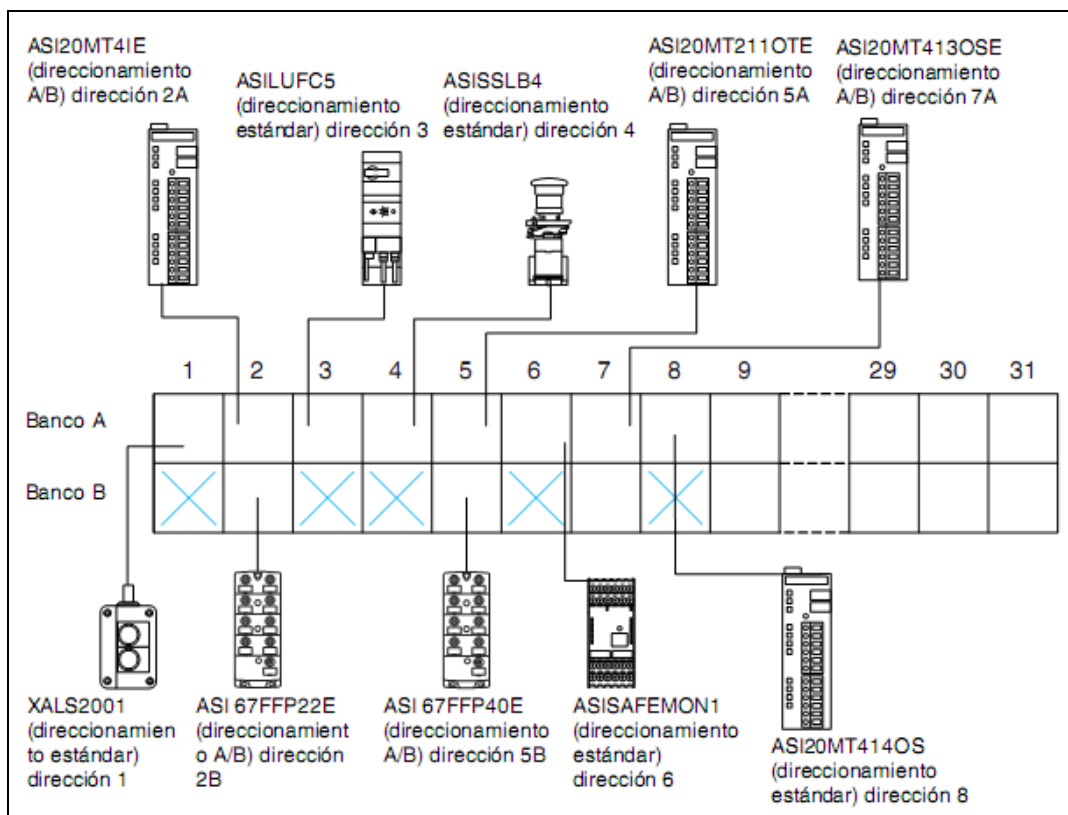


Figura III.24 El direccionamiento extendido o A/B²⁸

3.9.3.3 Perfil de los esclavos

²⁸ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

Cada esclavo que se conecta al bus ASi está definido por el perfil X.Y.

El perfil se determina por un "Código I/O" y un "Código ID - Código de identificación".

El código I/O permite caracterizar la clase(s) de elemento que se puede conectar a un esclavo: entrada, salida, elementos bidireccionales ó 3 estados. El tipo de conexión está representado por 16 códigos de 0 á F caracterizando el esclavo a nivel de su interface con el bus. Esta identificación se refleja en las informaciones D0 a D3.

La codificación de 0 a F (letra X del perfil) se define en la tabla de perfiles de esclavos (véase Anexo 3).

El "Código de identificación" permite diferenciar esclavos con el mismo "código I/O". Este código de identificación (letra Y del perfil) se define por un valor de 0 á F.

Algunos "códigos de identificación" ya están estandarizados (véase Anexo 3). Si un fabricante define un nuevo modelo de esclavo, su "Código de identificación" debe ser acordado por los miembros de la asociación ASi.

3.9.4 Cables y Conectores

El cable ASi es el rasgo más distintivo de esta tecnología.

El sistema ASi se ha concebido para posibilitar la transmisión de alimentación y datos con los elementos conectados al bus mediante un único cable bifilar.

El cable ASi estándar es un cable bifilar, plano, robusto y flexible, con las siguientes dimensiones:

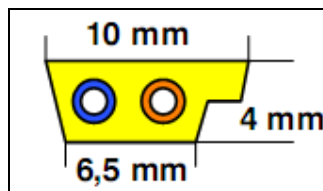


Figura III.25 Dimensiones cable ASi²⁹

El cable esté envuelto por una cubierta codificada mecánicamente para prevenir posibles problemas de polaridad.

²⁹ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

Esta cubierta está hecha de un material denominado autocicatrizante, que cierra las perforaciones de conexión al retirar los elementos de bus (módulos esclavos, derivaciones, etc.).

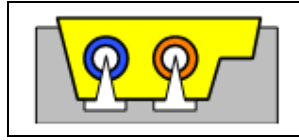


Figura III.26 Conexión cable ASI³⁰

En función del entorno de instalación, el cable varía su recubrimiento:

Los diversos cables de perfil AS- i se diferencian en el material de la envoltura:

- ❖ EPDM - goma
 - Aplicación en zonas protegidas con escasas influencias de agentes químicos
- ❖ TPE - elastómero termoplástico - compuesto de PVC especial
 - Para aplicaciones más exigentes en cuanto a la resistencia a los agentes químicos
 - Autorización UL/CSA
- ❖ PUR - poliuretano
 - Para aplicaciones más exigentes en cuanto a la resistencia a los agentes químicos
 - Área alimentaria
 - Cables y cadenas de alimentación y arrastre (menor abrasión)
 - Autorización para construcciones navales

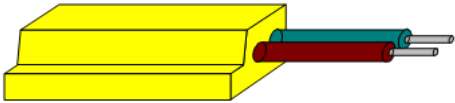
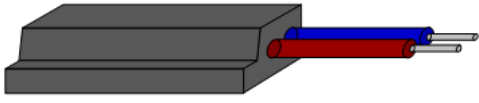
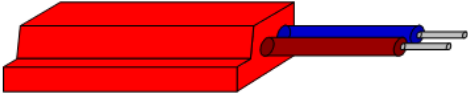
Dos aspectos importantes a tener en cuenta en el cable a utilizar son:

- ❖ La resistencia eléctrica para la distribución de corriente a los distintos componentes conectados (hasta 8 A, según fuente de alimentación).
- ❖ Las características como línea de transmisión debido a la frecuencia de transmisión de los datos.

³⁰ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

En una red industrial ASi nos podemos encontrar con cables perfilados de los siguientes colores:

Tabla III.V Tipos de cables perfilados según su aplicación.³¹

Tipo de cable	Color externo	Aplicación
	Amarillo	Bus ASi portador de datos + alimentación
	Negro	Alimentación auxiliar de esclavos a 24 VDC
	Rojo	Alimentación auxiliar de esclavos a 220 VAC

Es recomendable una distancia de 100 m bajo condiciones normales para cualquier tipo de topología sin elementos adicionales de expansión como se muestra a continuación:

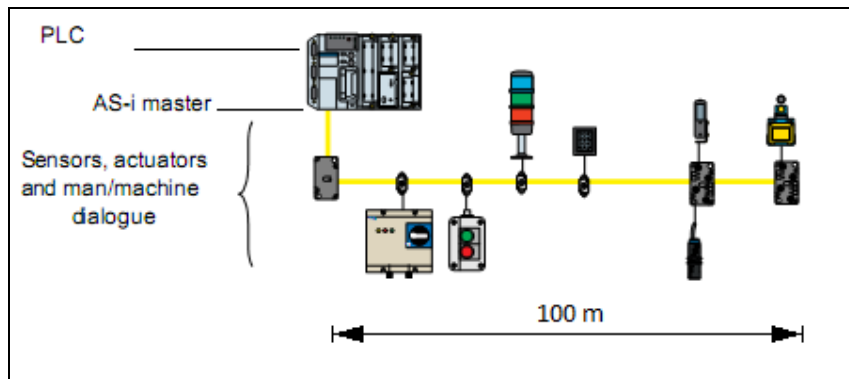


Figura III.27 Distancia red ASi sin elementos de expansión³²

Se puede realizar una ampliación de la red ASi mediante la implementación de repetidores, que pueden ser ubicados en la red en un número máximo de 2. Los repetidores regeneran la señal a la vez que aíslan galvánicamente los segmentos por lo que una fuente de alimentación ASi es requerida en los segmentos formados por cada repetidor.

³¹ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 58

³² Fuente: http://www.dee.hcmut.edu.vn/vn/ptn/sch/download/Network_Architecture/AS_i_bus.pdf

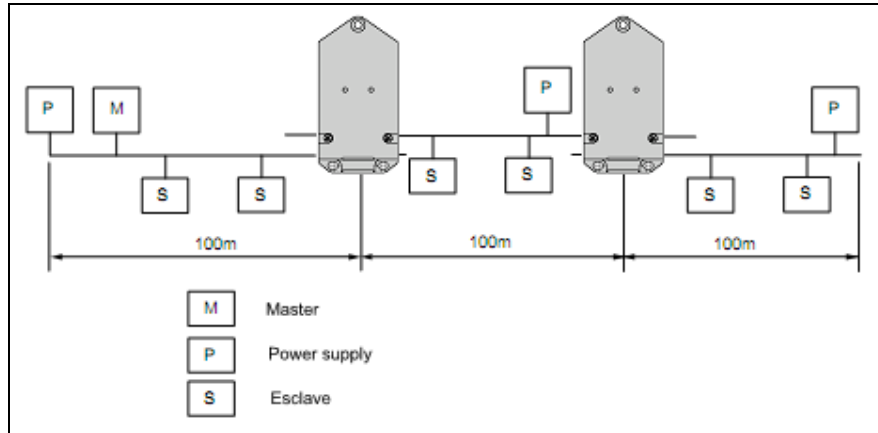


Figura III.28 Distancia red ASi con repetidores³³

En cuanto a los conectores, estos se utilizan cuando se quiere conectar un dispositivo estándar, ya sea un sensor o actuador, a esclavos del bus ASi

Estos conectores están formados por una carcasa y cinco conexiones. Estas conexiones pueden tener una finalidad diferente según el componente aplicado, sensor a dos hilos o a tres hilos, sensor digital o analógico, etc.

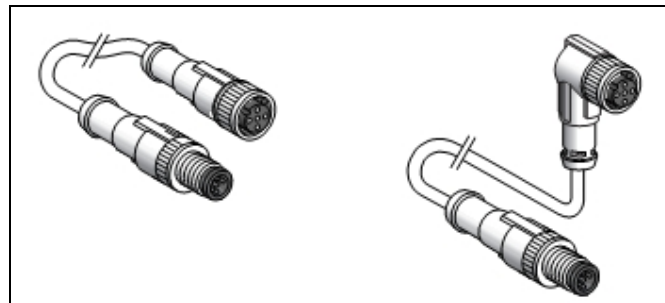


Figura III.29 Conectores para esclavos ASi³⁴

3.9.5 Otros Componentes ASi

3.9.5.1 Unidad De Direccionamiento

La unidad de direccionamiento hace posible una programación sencilla de las direcciones de esclavos AS- i. Cada esclavo conectado a AS- Interface necesita una

³³ Fuente: http://www.dee.hcmut.edu.vn/vn/ptn/sch/download/Network_Architecture/AS_i_bus.pdf

³⁴ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

dirección. Esta dirección se memoriza en el esclavo. Con la unidad de direccionamiento se programa la dirección de un esclavo.

Esto puede tener lugar del siguiente modo:

- ❖ offline por medio de una unidad de direccionamiento
- ❖ online a través del maestro del sistema AS- Interface.

Como dirección se permiten los valores 1 a 31 (o bien 1A hasta 31A y 1B hasta 31B en caso de especificación extendida).



Figura III.30 Unidad de direccionamiento³⁵

Funciones

- ❖ Lectura de la dirección de esclavo 0 a 31, A/B
- ❖ Lectura de los códigos IO e ID del esclavo
- ❖ ID-Code1 y ID-Code2 Standard y Extended
- ❖ Modo de direccionamiento estándar y extendido según AS- Interface Versión 2.11
- ❖ Programación del ID-Code 1

³⁵ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

- ❖ Prueba funcional de esclavos: leer entradas y escribir salidas de esclavos digitales o analógicos.
- ❖ Test de AS- Interface: medición de tensión (margen de medición 0 a 35 V) y de consumo de corriente (margen de medición 0 a 100 mA) del bus de AS-Interface.
- ❖ Memorización: se pueden guardar en memoria configuraciones de instalación completas (perfiles de todos los esclavos, también con extensión según la especificación AS- Interface 2.11).
- ❖ Identificación de equipamientos de instalación completos

3.9.5.2 Aparato de Diagnostico - AS- Interface Analyser

El AS- Interface Analyser sirve para analizar redes AS- i. La localización de averías se hace más sistemática y se simplifica la supervisión permanente.

Con este aparato se pueden detectar errores o fallos cometidos en la instalación, como p. ej. contactos flojos o perturbaciones de la compatibilidad electromagnética en caso de carga extrema. Así es posible evaluar la calidad de redes completas.

El AS- Interface Analyser permite además documentar la puesta en servicio y prestaciones de mantenimiento o reparación a través de actas de comprobación.

Con funciones de trigger se ofrece un diagnóstico detallado para usuarios avanzados de AS- Interface. Como estación pasiva, el AS- Interface Analyser escucha la comunicación desarrollada en la red AS- Interface. El aparato es abastecido al mismo tiempo por el cable AS- i. Este monitor de bus interpreta las señales físicas y graba la comunicación.

A través de una interfaz RS 232 se transmiten los datos obtenidos a un PC, donde se analizan con el software de diagnóstico adjuntado. Este modo proporciona una rápida visión de conjunto del sistema AS- Interface disponible. La configuración de los esclavos y los datos actuales transmitidos se visualizan con claridad. A través de la estadística ampliada se pueden ver los datos numéricos de los telegramas transmitidos.

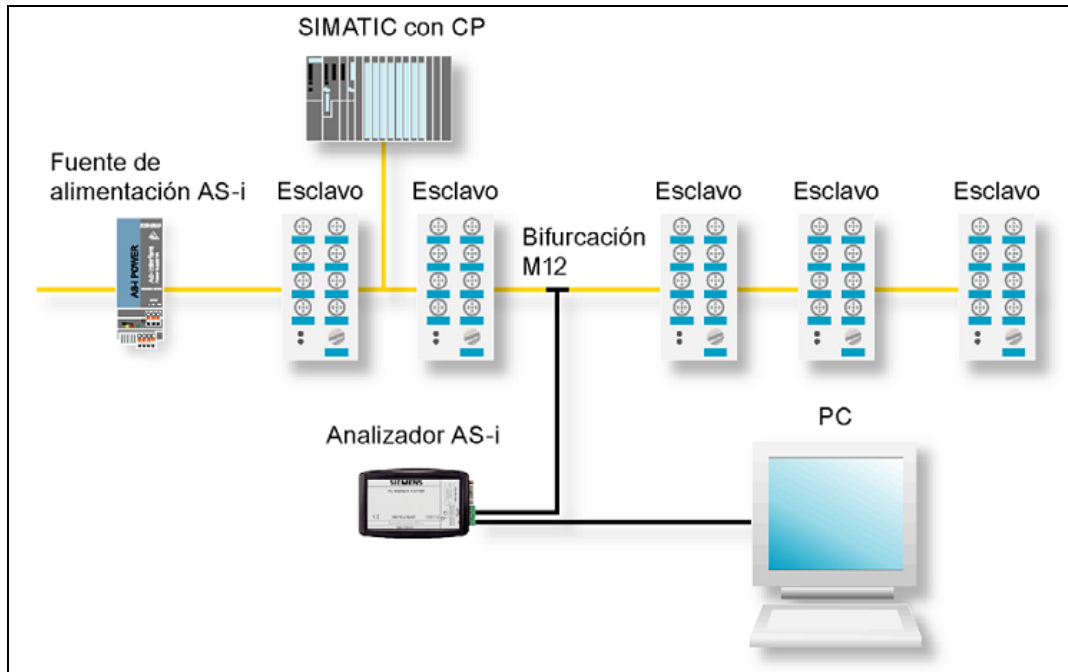


Figura III.31 Uso del AS- Interface Analyser³⁶

3.9.5.3 Repeater

Un repeater amplía las posibilidades de aplicación del AS- Interface por prolongación del segmento AS- i, con lo que ofrece mayor libertad al concebir la instalación. Además se pueden reducir los tiempos de inactividad y de paradas por mantenimiento o reparación en caso de avería, ya que la tensión del AS- Interface se visualiza por separado para cada lado (alimentación de corriente separada).

Otras propiedades del repeater:

- ❖ Se pueden utilizar esclavos a ambos lados del repeater.
- ❖ Separación galvánica de los dos ramales de cables de perfil AS- i.
- ❖ Como máximo se pueden utilizar dos repeater en serie (longitud máx. de cable 300 m).
- ❖ El posible la conexión en paralelo de varios repeater (configuración en estrella posible).

³⁶Fuente: Manual AS-interface Introducción y Nociones fundamentales, Simatic Net

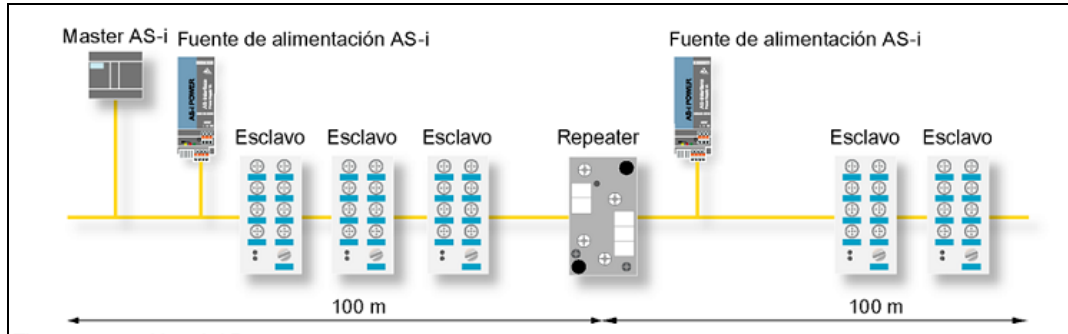


Figura III.32 Uso del AS- Interface Repeater³⁷

3.9.5.4 Extender

El Extender AS- Interface cubre aplicaciones en las que el maestro está montado a una distancia considerable de la instalación AS- Interface propiamente dicha.

El Extender tiene las siguientes características:

- ❖ Los maestros se pueden montar a distancias de hasta 100 m del segmento AS-Interface;
- ❖ Sólo se pueden instalar esclavos en el lado del Extender opuesto al maestro.
- ❖ Sólo se requiere una alimentación de corriente en el lado opuesto al maestro.
- ❖ No hay separación galvánica de ambos ramales de cables.
- ❖ Indicación de la tensión correcta.
- ❖ Montado en la carcasa del módulo de usuario Standard; como parte inferior se utiliza el módulo de acoplamiento FK-E

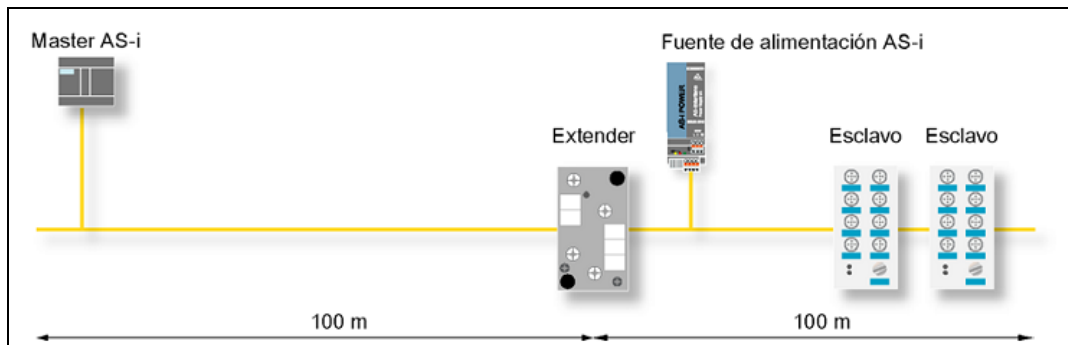


Figura III.33 Uso del Extender³⁸

³⁷ Fuente: Manual AS-interface Introducción y Nociones fundamentales, Simatic Net

³⁸ Fuente: Manual AS-interface Introducción y Nociones fundamentales, Simatic Net

3.9.5.5 Extension Plug

El uso del Extension Plug permite duplicar de 100 a 200 m la máxima longitud de cable posible en un segmento AS- Interface.

El Extension Plug es un componente pasivo y se conecta en el lugar de la red AS-Interface más alejado de la fuente de alimentación.

Para la alimentación de corriente de los esclavos sólo se necesita una fuente de alimentación para el segmento de hasta 200 m de longitud.

Un dispositivo de detección de subtensión integrado en el Extension Plug vigila la tensión de AS- i e indica a través de un LED de diagnóstico si al final del cable bus se dispone de la tensión suficiente.

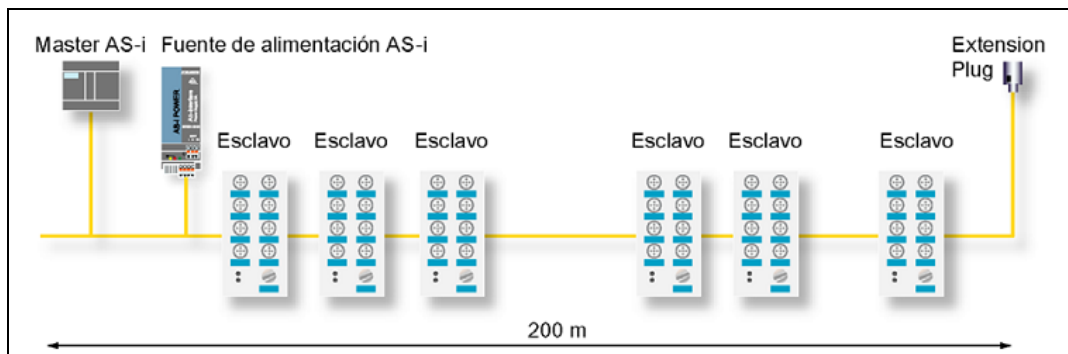


Figura III.34 Uso del Extension Plug³⁹

❖ Extensión máxima de la red con Repeater y Extension Plugs

Para redes AS- Interface particularmente grandes se puede aumentar aún más la longitud de cable máxima posible utilizando repetidores (Repeater).

Resulta una distancia máxima posible entre el maestro y un esclavo de 400 m y una extensión máxima absoluta de la longitud de 600 m. Es posible una conexión en paralelo del Repeater para formar una estructura en estrella con segmentos de hasta 200 m de longitud cada uno.

³⁹ Fuente: Manual AS-interface Introducción y Nociones fundamentales, Simatic Net

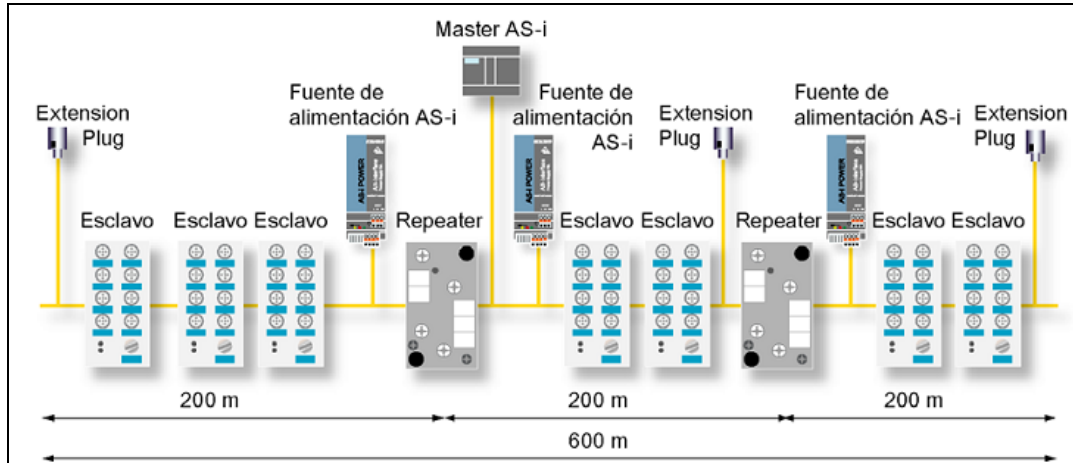


Figura III.35 Uso combinado de Repeater y Extension Plug⁴⁰

3.9.5.6 Gateway

La gateway, es el dispositivo que permite conectar una red tipo ASInterface con otra de nivel superior (Profibus, DeviceNet, FIPIO, Interbus,...).

ASi está concebido como una interfaz actuador-sensor para componentes binarios. Por este motivo, existen acopladores (denominados gateway) a los sistemas de bus superiores, que se utilizan para transmitir cantidades de datos más grandes. La gateway consta, por un lado, de un maestro ASi que establece la conexión a ASi, y por otro lado, se compone de una conexión a un sistema del nivel superior, al cual se transmiten los datos ASi. Desde el punto de vista de la programación, el maestro ASi es considerado un módulo del bus superior.

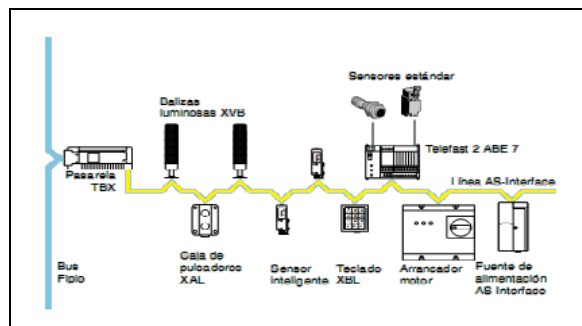


Figura III.36 Uso de la Gateway (pasarela)⁴¹

⁴⁰ Fuente: Manual AS-interface Introducción y Nociones fundamentales, Simatic Net

⁴¹ Fuente: Manual AS-interface Introducción y Nociones fundamentales, Simatic Net

3.10 PROPIEDADES DEL SISTEMA ASi Y DATOS CLAVE

3.10.1 Funcionamiento

El funcionamiento del sistema ASInterface/ASi reúne las siguientes características:

❖ Método de acceso maestro-esclavo

ASInterface es un, así llamado, “sistema Single Master”, lo que significa que por cada red ASi sólo existe un maestro, que controla el intercambio de datos. Este maestro llama consecutivamente a todos los esclavos ASi y espera su respuesta.

❖ Ajuste electrónico de direcciones

La dirección del esclavo ASi es su identificación. Sólo existe una vez dentro de un ASInterface. El ajuste se puede efectuar con un direccionador especial o a través de un maestro ASi. La dirección se almacena siempre de forma no volátil en el esclavo ASi. A la entrega, los esclavos ASi tienen siempre la dirección “0”.

❖ Seguridad de funcionamiento y flexibilidad

El método de transmisión utilizado (modulación de corriente) garantiza un alto grado de seguridad de funcionamiento. El maestro supervisa la tensión en la línea así como los datos transmitidos. Detecta errores de transmisión al igual que el fallo de esclavos, y los comunica al PLC (SPS). El usuario puede reaccionar a estos avisos.

El cambio o la incorporación de esclavos ASi durante el funcionamiento normal no perturba la comunicación con los demás esclavos ASi.

3.10.2 Características de diseño

Las características de diseño más importantes del ASInterface y sus componentes son:

❖ Cable bifilar para datos y energía auxiliar

Para la interconexión en la red se puede utilizar un simple cable bifilar con una sección de 2 x 1,5 mm². No son necesarios apantallamiento ni trenzado. Por este cable se transportan tanto los datos como la energía. La magnitud de la energía disponible depende de la fuente de alimentación ASi utilizada.

Para optimizar el cableado se ofrece el cable ASi codificado mecánicamente (y por lo tanto a prueba de polaridad incorrecta), que se puede conectar fácilmente gracias a la técnica de perforación de aislamiento de los módulos de usuario ASi.

❖ Red con estructura de árbol para longitudes de cable hasta 100 m

La “estructura de árbol” del ASInterface permite utilizar cada punto de un tramo de cable como principio de una nueva “rama”. La longitud total de todas las secciones puede alcanzar los 100 m (*véase Anexo 4*).

❖ Integración directa

Prácticamente toda la electrónica necesaria para un esclavo se ha integrado en un CI especial. Esto hace posible una integración directa de la conexión de ASi en actuadores o sensores binarios. Todos los componentes necesarios se pueden alojar en un volumen de aprox. 2 cm³.

❖ Más funciones, mayor utilidad para el usuario

La integración directa permite dotar de más funciones a los aparatos. Se dispone de 4 cables de datos y 4 de parámetros. Los actuadores/sensores “inteligentes” que así se crean ofrecen nuevas posibilidades, como son la vigilancia, la parametrización, el control de desgaste o suciedad y otras.

❖ Alimentación adicional de tensión en caso de una demanda incrementada de energía

Para esclavos con gran demanda de potencia se puede prever una fuente de alimentación de tensión externa.

3.10.3 Datos cuantitativos

❖ Tiempo de ciclo

– máx. 5 ms caso de esclavo ASi estándar

– máx. 10 ms caso de esclavo ASi con espacio de direcciones extendido

ASInterface/ASi utiliza longitudes de mensajes constantes. No son necesarios los complejos procedimientos de control de emisión e identificación de longitudes de mensajes o formatos de datos. Gracias a ello es posible que un maestro consulte todos

los esclavos estándar a él conectados en 5 ms como máximo, pudiendo actualizar también en ese tiempo los datos en el maestro y en el esclavo.

Si en el caso de esclavos ASi con espacio de direcciones extendido sólo se encuentra un esclavo en una dirección, este esclavo es consultado como mínimo cada 5 ms.

Si dos esclavos extendidos (esclavo A y B) comparten una dirección, el ciclo de consulta máximo es de 10 ms. (Esclavos B sólo se pueden conectar a maestros extendidos.)

❖ Número de esclavos ASi conectables

– como máximo 31 esclavos estándar

– como máximo 62 esclavos con espacio de direcciones extendido

Los esclavos ASi son los canales de entrada y salida del sistema ASInterface/ASi.

Sólo se activan tras ser llamados por el maestro ASi. Siguiendo su instrucción provocan acciones o transfieren reacciones al maestro.

Cada esclavo ASi está identificado por su propia dirección (1..31). A un maestro extendido se pueden conectar como máximo 62 esclavos con espacio de direcciones extendido. Cada pareja de esclavos con espacio de direcciones extendido ocupa una dirección, lo que significa que las direcciones 1..31 pueden ser utilizadas por partida doble en el caso de esclavos extendidos.

Si se conectan esclavos estándar a un maestro extendido, cada esclavo ocupa una dirección completa, por lo que como máximo se pueden conectar 31 esclavos estándar a un maestro extendido.

❖ Número de entradas/salidas utilizables

– como máximo 248 entradas y salidas binarias en el caso de módulos estándar

– como máximo 248 entradas / 186 salidas en el caso de módulos con espacio de direcciones extendido

Cada esclavo ASi estándar puede recibir 4 bits de datos y emitir 4 bits de datos.

Módulos especiales permiten utilizar cada uno de estos bits para un actuador binario o para un sensor binario. De este modo pueden existir en un cable ASi con esclavos

ASi estándar como máximo 248 conexiones binarias (124 entradas y 124 salidas).

Por esta vía se pueden conectar al ASInterface/ASi todos los sensores y los actuadores usuales. Los módulos se utilizan entonces como entradas/salidas descentralizadas.

Si se utilizan módulos con espacio de direcciones extendido, se dispone por cada módulo de como máximo 4 entradas y 3 salidas. Esto significa que en el caso de módulos con espacio de direcciones extendido se pueden operar como máximo 248 entradas y 186 salidas.

3.11 OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS ASi

3.11.1 Principios de los sistemas ASi

El protocolo ASi está basado bajo la configuración maestro/esclavo. El maestro interroga a cada uno de los esclavos de la red por turnos y actualiza la información relacionada a las entradas y salidas de los esclavos.

El ciclo de tiempo garantizado para que esto se lleve a cabo es completamente determinístico.

Durante la operación normal, el ciclo de tiempo es típicamente 5 ms para el número máximo de 31 esclavos conectados:

$$Ciclo_ASi = 156\mu S + (156\mu S * \text{número de esclavos})$$

3.11.2 Rol del Master

Como regla general, el maestro gestiona las siguientes funciones:

- ❖ Inicialización del sistema
- ❖ Identificación de los esclavos conectados.
- ❖ Transmisión acíclica de los datos de los parámetros de cada esclavo.
- ❖ Intercambio cíclico de los datos de Entrada/Salida.
- ❖ Diagnóstico o gestión de la red (estado de los esclavos, fallo de alimentación, etc.).

- ❖ Transmisión de los fallos detectados al sistema de control.
- ❖ Asignación de nuevas direcciones a los subordinados en caso de cambio de configuración (por ejemplo, sustitución de un módulo ASi).
- ❖ El “perfil” del maestro definirá las características individuales de cada tipo de “Maestro”.

3.11.2 Rol de los Esclavos

Los esclavos decodifican las peticiones que reciben y las responden inmediatamente al “Maestro”. Así como el maestro las características individuales se definen según un “perfil”.

3.11.3 Diagrama de un ciclo de ejecución normal ASi.

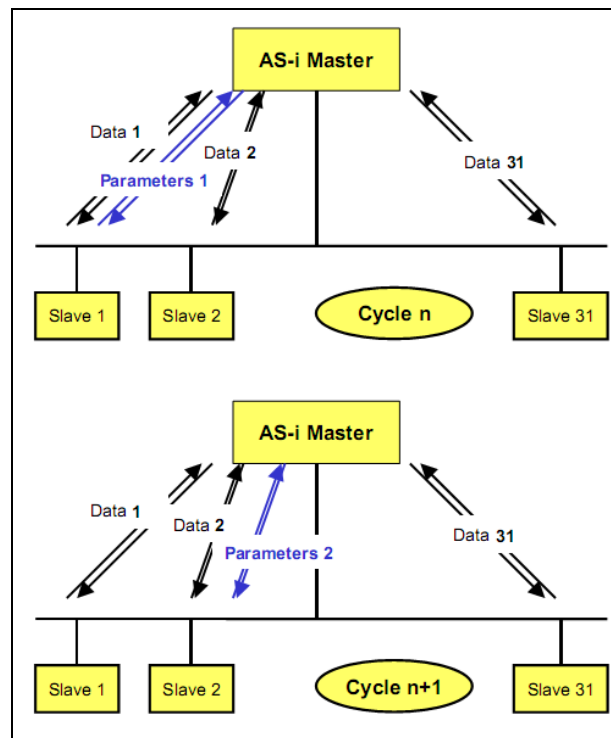


Figura III.37 Ciclo de ejecución ASi⁴²

⁴² Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

3.11.4 Fases de operación del Master.

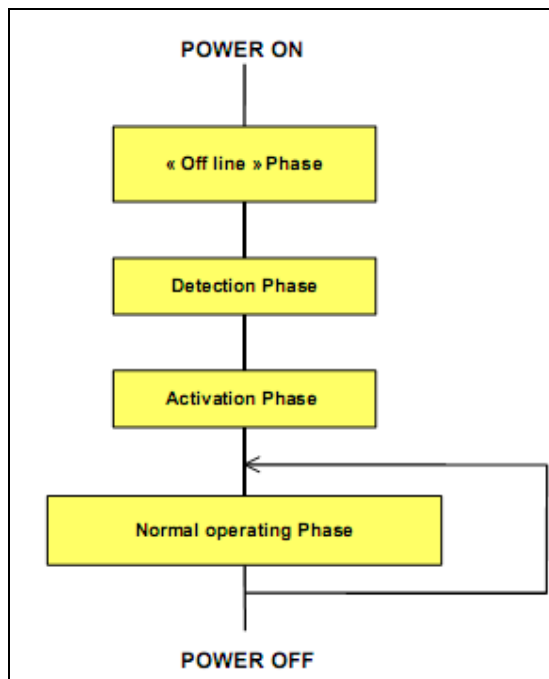


Figura III.38 Fases de operación del Master.⁴³

3.11.4.1 Fase de inicialización “off-line”

El propósito de esta fase es el de establecer a los elementos constitutivos del bus a un valor inicial “0”

3.11.4.2 Fase de detección

La fase de detección consiste en detectar los esclavos presentes en el cable ASi y memorizar sus direcciones y perfiles.

3.11.4.3 Fase de activación

La fase de activación consiste en activar los esclavos detectados de acuerdo a los perfiles correspondientes a la configuración planeada.

3.11.4.4 Fase de Operación normal

Esta fase corresponde a la operación normal de la red: intercambio de datos periódicos entre el maestro y los esclavos.

3.11.5 Elementos de diálogo Maestro/Esclavo

⁴³ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

Al respecto se proyectan en la ilustración siguiente los campos de datos y las listas del sistema en el diagrama de la estructura del sistema, que ya conoce de la sección anterior.

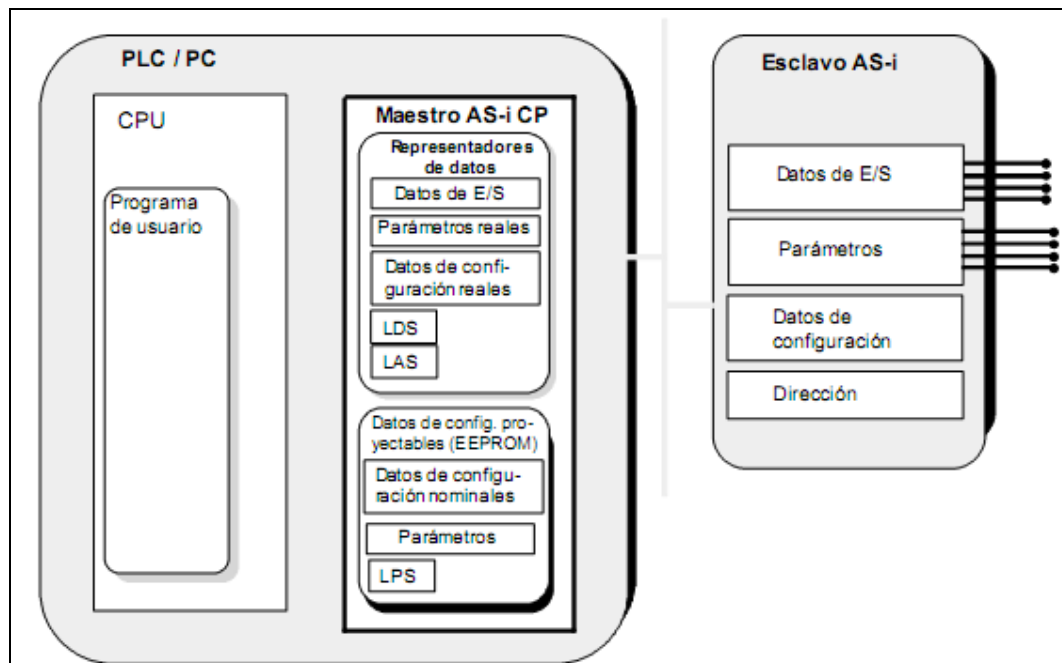


Figura III.39 Elementos de diálogo Maestro/Esclavo⁴⁴

3.11.5.1 Elementos de diálogo Maestro

En el maestro ASi deben distinguirse:

Representadores de datos

Se trata de informaciones almacenadas en forma volátil:

– Parámetros reales

Los parámetros reales son una representación de los parámetros que se encuentran actualmente en el esclavo ASi.

– Datos de configuración reales

En el campo de los Datos de configuración reales están registrados las configuraciones de E/S y los códigos de identificación de todos los esclavos ASi conectados, una vez tales datos se han leído de los esclavos ASi.

– Lista de los esclavos ASi identificados (LDS)

La LDS indica qué esclavos ASi se han identificado en el bus ASi.

⁴⁴ **Fuente:** User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

– Lista de los esclavos ASi activados (LAS)

La LAS indica qué esclavos ASi han sido activados por el maestro ASi. El intercambio de datos de E/S sólo tiene lugar con los esclavos ASi activados.

Datos de E/S

Son los datos de entrada y salida de los procesos.

Datos de configuración proyectables

Se trata de datos almacenados en forma no volátil (p. ej. en EEPROM) que están disponibles sin alteración incluso después de un fallo del suministro eléctrico.

– Datos de configuración nominales

Son valores comparativos proyectables que permiten verificar los datos de configuración de los esclavos ASi reconocidos.

– Lista de esclavos ASi configurados (LPS)

Con esta lista se especifican los esclavos ASi que el maestro ASi espera encontrar en el cable ASi. El maestro ASi comprueba continuamente si existen todos los esclavos ASi indicados en la lista LPS y si sus datos de configuración coinciden con los prescritos como nominales.

3.11.5.2 Elementos de diálogo Esclavo

En el esclavo ASi deben distinguirse:

Datos de E/S

Parámetros

Datos de configuración

Los datos de configuración contienen la configuración de E/S y los códigos de identificación (ID-Codes) del esclavo ASi.

Dirección

Los esclavos ASi se suministran con la dirección '0'. Para que sea posible el intercambio de datos se tienen que programar los esclavos ASi con una dirección distinta de '0'. La dirección '0' queda reservada para funciones especiales.

3.11.6 Funciones de interfaz

Para el desarrollo del control maestro/esclavo desde el programa de usuario se dispone de diversas funciones en la interfaz. Las posibilidades se exponen con ayuda de la ilustración siguiente. Primero se representan las operaciones posibles y la dirección de flujo de datos a ellas vinculada.

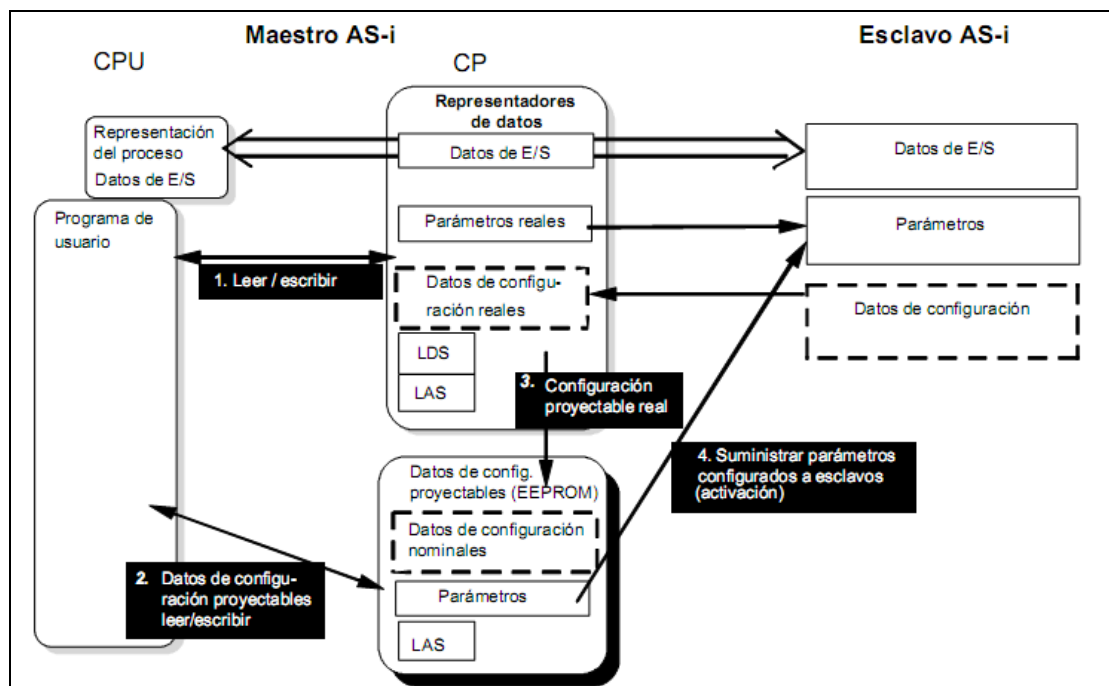


Figura III.40 Funciones en la interfaz⁴⁵

1. Leer / escribir

Al escribir, los parámetros se transmiten a los esclavos y a los representantes de parámetros del CP; al leer, los parámetros se transmiten desde el esclavo o desde la representación de parámetros del CP a la CPU.

2. Leer y almacenar (proyectar) datos de configuración

Los parámetros o los datos de configuración proyectados se leen de la memoria no volátil del CP o respectivamente se almacenan en la memoria no volátil del CP.

3. Configuración proyectable real

Al leer, los parámetros y los datos de configuración se leen del esclavo y se almacenan en forma no volátil en el CP. Al escribir, los parámetros y los datos de configuración se almacenan en forma no volátil en el CP.

4. Suministrar parámetros proyectados a esclavos

⁴⁵ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

Los parámetros proyectados (configurados) se transmiten desde el área no volátil del CP a los esclavos.

3.11.7 Codificación de la Señal

La transmisión se hace basándose en la codificación Manchester. La señal con la codificación Manchester se traduce en pulsos de corriente, que producen pulsos positivos y negativos en la tensión de alimentación, que indican las transiciones en la señal. A partir de la detección de dichas transiciones se reconstruye la secuencia de bits transmitida.

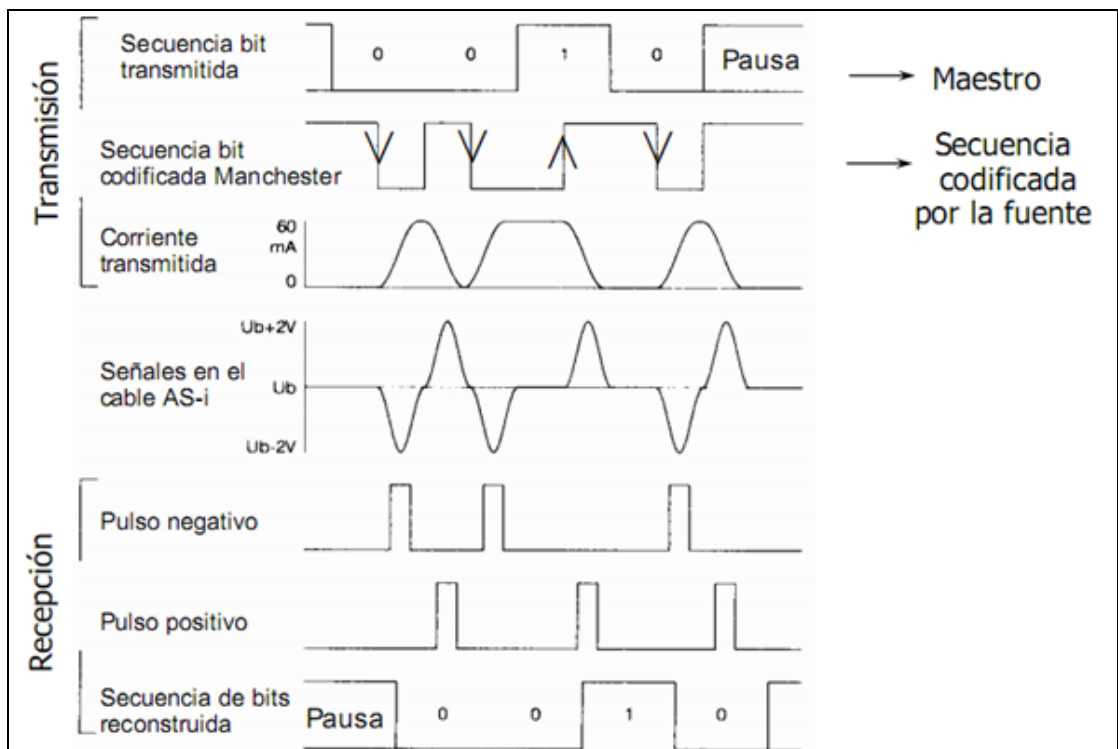


Figura III.41 Codificación de la señal⁴⁶

3.11.8 Tramas

La comunicación entre maestro y esclavo se denomina transacción y contiene:

- Petición de maestro: El maestro envía peticiones a la dirección de un esclavo

⁴⁶ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

- Respuesta del esclavo: El esclavo direccionado responde dentro de un tiempo

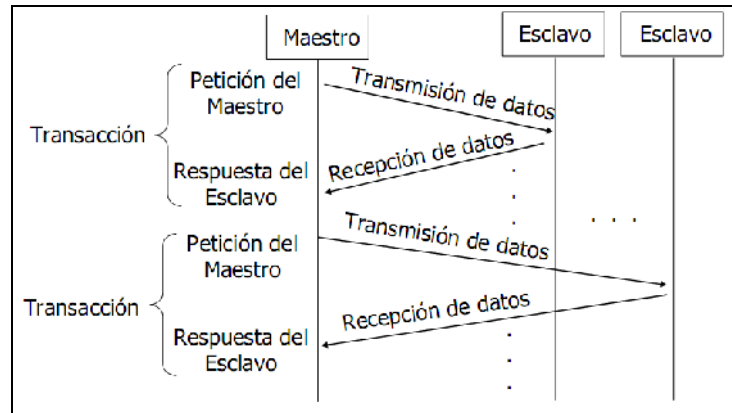


Figura III.42 Comunicación entre el maestro y el esclavo⁴⁷

Una transacción ASi contiene los siguientes elementos:

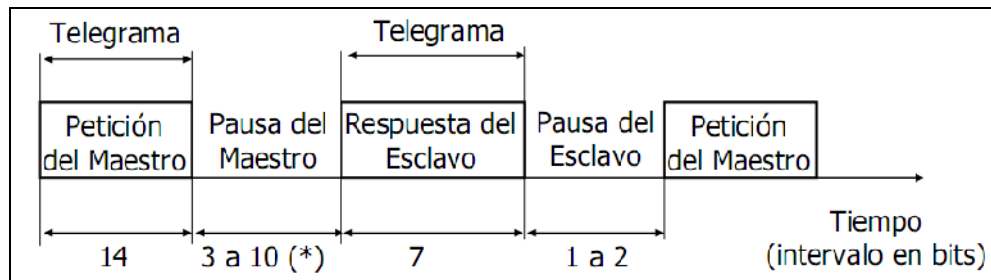


Figura III.43 Elementos de una transacción⁴⁸

(*) Tiempo máximo de espera del maestro para recibir respuesta.

La unidad de tiempo corresponde a $6 \mu\text{s}$ y corresponde al tiempo que se necesita para enviar un bit.

Necesita $14 + 3 + 7 + 2 = 26$ periodos de bit para realizar una transacción, por ej:

$$26 \times 6 \mu\text{s} = 156 \mu\text{s}.$$

Si se supera este tiempo es porque el esclavo falla.

El intervalo de tiempo o "intervalo bit"

- El esclavo sólo responde al maestro después de una pausa que dura como mínimo 3 intervalos bit.

⁴⁷ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

⁴⁸ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

- El esclavo en estado “síncrono” (en fase de funcionamiento normal, no de inicialización), puede transmitir la respuesta después de los tres intervalos bit.
- Se prevé un límite de diez intervalos bit para poder utilizar repetidores.
- En todas las topologías, si el maestro no recibe la respuesta después de diez intervalos bit, puede iniciar la siguiente transacción.

3.11.8.1 Telegramas ASi

Las tramas ASi se llaman telegramas.

La estructura del telegrama ofrece las siguientes ventajas:

- sencillez
- extensiones fijas (para el maestro y para el esclavo)
- extensión reducida
- alta proporción (información útil / información de servicio)

❖ Formato del telegrama con las peticiones del maestro:

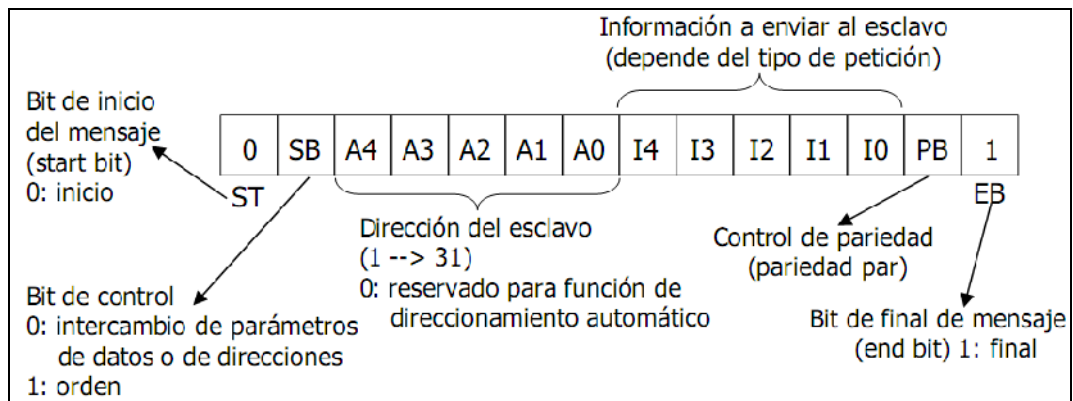


Figura III.44 Telegrama con las peticiones del esclavo⁴⁹

⁴⁹ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

Formato del telegrama con las respuestas del

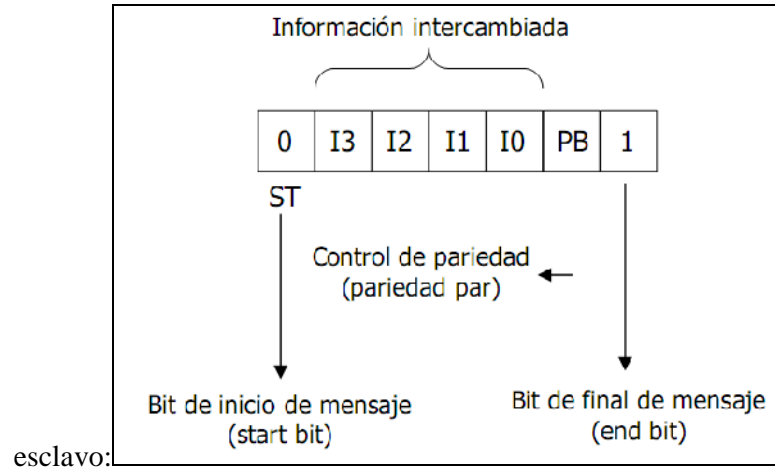


Figura III.45 Telegrama con las respuestas del esclavo⁵⁰

3.11.8.2 Órdenes del protocolo de enlace de ASi

El procesador de comunicaciones principal de la red ASi puede enviar telegramas ASi a los esclavos con 9 tipos de órdenes distintas:

- ❖ Intercambio de datos (“Data Exchange”)
- ❖ Escritura de parámetros (“Write Parameter”)
- ❖ Asignación de dirección (“Assign Address”)
- ❖ Supresión de dirección (“Delete Address”)
- ❖ Inicialización (“Reset”)
- ❖ Lectura de la configuración de E/S (“Read I/O Configuration”)
- ❖ Lectura del código de identificación (“Read ID Code”)
- ❖ Lectura de estado (“Read Status”)
- ❖ Lectura y puesta a cero del estado (“Read and Reset Status”)

⁵⁰ Fuente: User guide Actuator-sensors interface ASi-bus, Schneider-Electric

CAPÍTULO IV:

DISEÑO, SELECCIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RED ASi

4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se pretende cubrir las características de diseño, que conlleva a considerar lineamientos generales antes de implementar una red ASi. Consideraciones que llevan a analizar el tipo de maestro, selección de esclavos, escenario de ambiente de trabajo, aplicación, etc.

También se debe definir la arquitectura de la red en configuración por lo que es necesario prever y recordar que:

La topología física a implementarse es flexible, siempre y cuando no exceda los 100m (sin elementos de expansión).

El número de esclavos no debe sobrepasar los máximos permitidos para los tipos de direccionamiento estándar y extendido.

Así mismo es importante identificar si los elementos de la red son con la tecnología ASi integrada o con sensores tradicionales por lo que necesitaríamos de módulos con la tecnología ASi integrada.

Además se debe tener en cuenta en entre otras consideraciones que si bien es cierto que el cable amarillo transmite datos y alimentación, a veces es necesario una alimentación externa de 24 Vcc para dispositivos que requieren alimentación adicional como las válvulas electroneumáticas. En la cual el cable amarillo alimentaría la electrónica del actuador, mientras que la alimentación adicional permitirá el accionamiento de las mismas.

4.2 DISEÑO DE UNA RED ASi

Se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones generales para el diseño de una red ASi:

- ❖ El sistema objeto de automatización debe disponer, preferentemente, de sensores y actuadores de tipo binario (todo/nada).
- ❖ Está especialmente indicada para sistemas en los que la “dispersión” de los elementos de campo es elevada (es decir, se encuentran distribuidos a lo largo de un espacio relativamente amplio) y su “densidad” pequeña (es decir, se encuentran concentrados en grupos de pequeño volumen de E/S).
- ❖ Un dato significativo que puede condicionar asimismo la aplicación de la red ASi es su velocidad de respuesta. Si en el sistema existen señales que deben ser muestreadas a elevada cadencia (por ejemplo, mayor de 5 ó 10 ms. para señales binarias) puede no ser adecuada.

Consideraciones específicas en el diseño de una red ASi:

- ❖ Determinación del número de E/S existentes en la instalación.
- ❖ Estudio de las dimensiones y morfología de la instalación.
- ❖ Estudio y selección del tipo de módulos de usuario y/o dispositivos de campo con circuito ASi integrado que se desea utilizar en la instalación.
- ❖ Estudio y selección de las fuentes de alimentación auxiliar.
- ❖ Definición, disposición y conexión de las redes electrotécnicas de seguridad asociadas al sistema.
- ❖ Estudio de las distancias existentes entre la posición definida para los nodos subordinados y cada uno de los sensores-actuadores.
- ❖ Estudio de la normativa interna de automatización de la empresa.

4.3 SELECCIÓN DE HARDWARE

El hardware utilizado es:

- ❖ 1 PLC (Controlador Lógico Programable) TWIDO TWDLCD 40DRF
- ❖ 1 módulo maestro TWDNOI 10M3
- ❖ 1 fuente ASI ABLM 3024
- ❖ 2 esclavos ASI 67FMP44D
- ❖ 2 adaptadores de vampiro TCS ATV011F2

- ❖ 16 conectores macho para E/S de los esclavos XZCP1564L05
- ❖ 1 cable amarillo XZC B10501 (transmisión).
- ❖ 1 cable negro XZC B10502 (potencia).

Equipos adicionales:

- ❖ 1 Direccionador ASI TERV2

4.4 SELECCIÓN DEL SOFTWARE

El software utilizado para el desarrollo e implementación de la red:

- ❖ TwidoSuite versión 2.20

4.5 CABLEADO DE UNA RED ASI

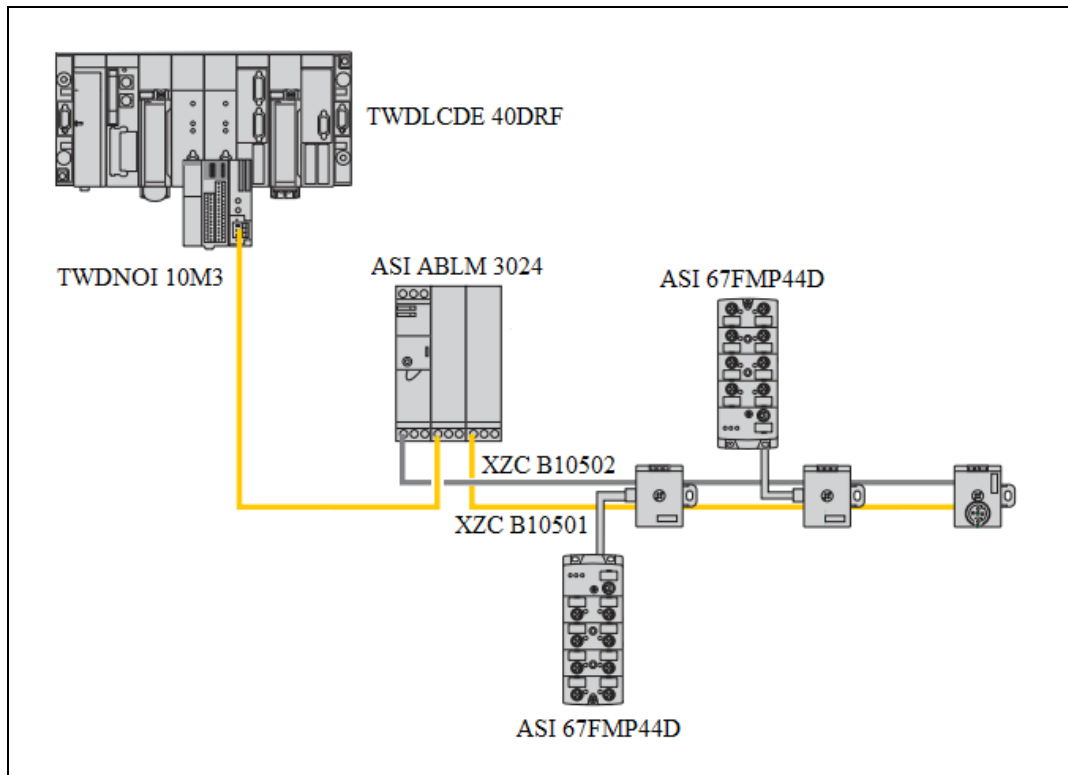


Figura IV.46 Cableado de una Red ASI⁵¹

⁵¹ Fuente: Tesista

4.6 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DE COMUNICACIÓN HARDWARE

4.6.1 Módulo maestro TWDNOI 10M3

El módulo maestro TWD NOI 10M3 para sistema de cableado AS-Interface confiere al controlador Twido (versión u 2.0) la función de maestro AS-Interface.

El sistema de cableado consta de una estación maestra (controlador Twido) y varias estaciones esclavas. El maestro que incluye el perfil AS-Interface interroga uno a uno a todos los equipos conectados al sistema de cableado AS-Interface y almacena la información (estado de los sensores/accionadores, estado de funcionamiento de los equipos) en la memoria del controlador. La gestión de la comunicación con el sistema de cableado AS-Interface es totalmente transparente para el programa de aplicación Twido.

4.6.1.1 Descripción

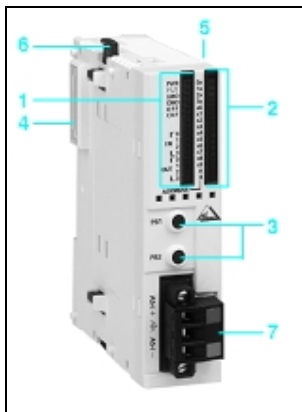


Figura IV.47 Módulo TWD NOI 10M3⁵²

Catálogo sistema de Cableado AS-interface

El módulo TWD NOI 10M3 es un módulo de formato estándar. Se conecta a una base Twido (compacta o modular), como cualquier otro módulo de E/S.

En la parte frontal incluye:

1 Un bloque de visualización, que incluye:

- ❖ 6 pilotos representativos del modo de funcionamiento del módulo:

⁵² Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

- piloto verde PWR: modulo en tensión,
- piloto rojo FLT: error en la configuración cargada,
- piloto verde LMO: módulo en modo local,
- piloto verde CMO: módulo en modo conectado,
- piloto rojo CNF: no se utiliza,
- piloto rojo OFF: módulo en modo protegido sin conexión.

❖ 6 pilotos verdes, 3 para las entradas, 3 para las salidas.

2 Un bloque de visualización del estado de las direcciones.

3 Dos pulsadores PB1 y PB2 de control del estado de los esclavos mediante selección de su dirección y cambio de modo.

4 Un conector de ampliación para conectarse con el módulo anterior.

5 Un conector (del lado derecho) para módulo de ampliación de entradas/salidas TWD Dxx y TWD Axx (4 ó 7 según el modelo).

6 Un dispositivo mecánico de enclavamiento al módulo anterior.

7 Un bornero de alimentación desenchufable con tornillos.

4.6.1.2 Características

Tabla IV.VI Características módulo TWD NOI 10M3⁵³

Características generales		
Tipo de módulo		TWD NOI 10M3
Perfil AS-Interface		AS-Interface M3, V 2.11 (perfil S-7.4 no compatible)
Tipo de direccionamiento		Estándar y ampliado
Homologaciones de los productos		AS-Interface n° 47801
Grado de protección		IP 20
Altitud	m	De funcionamiento: 0...2000. De transporte: 0...3.000
Temperatura	°C	De funcionamiento: 0...+ 55. De almacenamiento: - 25...+ 70
Humedad relativa		30...95% (sin condensación)
Grado de contaminación		2 según IEC 60664
Inmunidad a la corrosión		Sin gases corrosivos
Resistencia a las vibraciones	Montaje sobre perfil "L"	Hz 10...57, amplitud 0,075 mm, 57...150 (aceleración: 9,8 m/s ²); durante 2 horas en los 3 ejes
	Montaje sobre placa o panel (con el kit de fijación TWD XMT5)	Hz 2...25, amplitud 1,6 mm, 25...100 (aceleración: 39,2 m/s ²); durante 90 minutos en los 3 ejes
Resistencia a los choques		m/s ² 147 (15 g) duración 11 ms, en los 3 ejes
Alimentación externa AS-Interface		≡ V 29,5...31,6
Corriente interna	Con ≡ 5 V	mA 80
	Con ≡ 24 V	mA 0
Consumo AS-Interface a ≡ 24 V		mW 540
Características de comunicación		
Duración de ciclo del sistema	Con 1 a 19 equipos	ms 3
	Con 20 a 62 equipos	ms 0,156 x (1 + N) con N = número de esclavos activos
AS-Interface de cableado	Con 31 equipos estándar o bancos A y B	ms 5
	Con 62 equipos de los bancos A y B	ms 10
N° máx. de esclavos	Equipos analógicos (f)	7
	Equipos TON (f)	62
N° máx. de E/S	Esclavos estándar	248 = 124 entradas + 124 salidas
	Esclavos de los bancos A y B	434 = 248 entradas + 186 salidas
Longitud máx. del cable AS-Interface	Sin repartidor ni alargador	m 100
	Con un total de 2 repartidores o alargadores	m 300
Tensión del sistema de cableado AS-Interface		≡ V 30

⁵³ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

4.6.1.3 Dimensiones

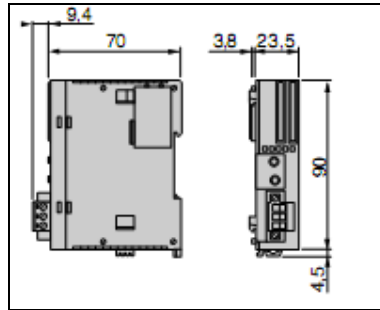


Figura IV.48 Dimensiones módulo TWD NOI 10M3⁵⁴

4.6.2 Fuentes de alimentación conmutadas ASI ABL

4.6.2.1 Características

Las fuentes de alimentación ASI tienen las siguientes características fundamentales

Tabla IV.VII Características fuentes de alimentación ASI⁵⁵

Tensión de entrada de red 47...63 Hz	Tensión de salida	Potencia nominal	Corriente nominal	Rearme de la autoprotección	Detección de fallo tierra	Referencia	Peso
V	= V	W	A				kg
100...240 monofásica de amplio rango	30	72	2,4	auto	no	ASI ABLB3002	0,800
		145	4,8	auto	no	ASI ABLB3004	1,300
		72	2,4	auto	sí	ASI ABLD3002	0,800
		145	4,8	auto	sí	ASI ABLD3004	1,300
30 + 24	2 x 72	2,4 + 3	auto	no	ASI ABLM3024	1,300	

4.6.2.2 Dimensiones

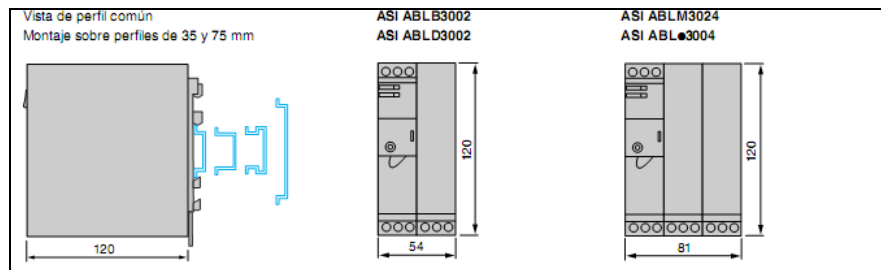


Figura IV.49 Dimensiones fuentes de alimentación ASI⁵⁶

⁵⁴ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

⁵⁵ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

⁵⁶ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

4.6.2.3 Esquemas

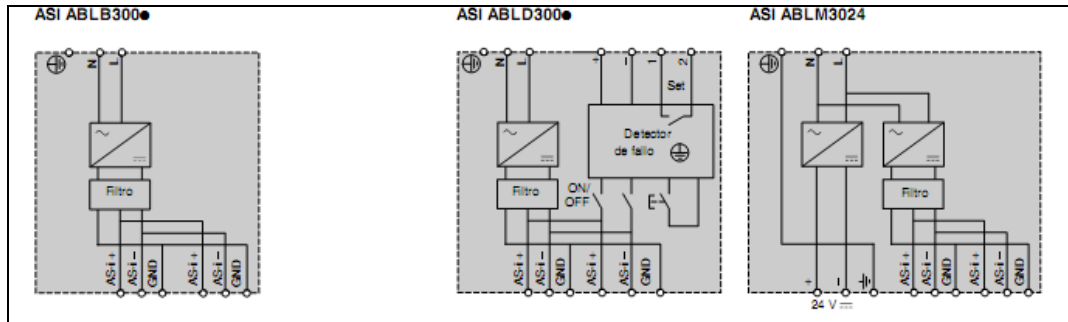


Figura IV.50 Esquemas fuentes de alimentación ASI⁵⁷

4.6.2.4 Fuente ASI ABLM 3024

ASI ABL M3024 incluye dos fuentes de alimentación totalmente independientes:

- ❖ Alimentación de 30 VCC 2,4 A, 72 W para el bus AS-Interface;
- ❖ Alimentación de 24 VCC 3 A, 72 W que puede proporcionar energía para el equipo de control.

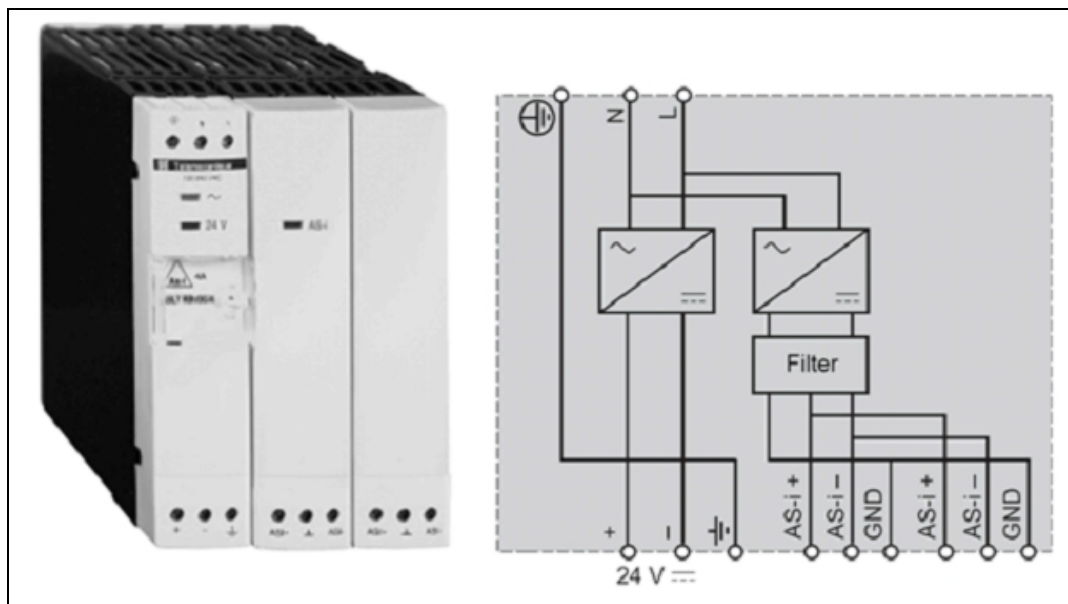


Figura IV.51 ASI ABL M3024 y su esquema⁵⁸

⁵⁷ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

⁵⁸ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

4.6.3 Esclavos ASI 67FMP44D

Los interfaces ASI 67F permiten conectar los sensores y accionadores tradicionales y concretamente los detectores de proximidad, los detectores fotoeléctricos y los interruptores de posición en el sistema de cableado AS-Interface.

Se montan directamente en la máquina, lo más cerca posible de los sensores y los accionadores, gracias a su índice de protección IP 67.

Los sensores y accionadores se conectan al interface mediante conectores de tipo M12. Según el modelo, la línea AS-Interface así como la eventual alimentación auxiliar se conectan según uno de los siguientes modos:

- ❖ Directamente a los cables planos por toma vampiro (2 posiciones de montaje posibles).
- ❖ A través de un conector tipo M12.

4.6.3.1 Características

Los interfaces ASI 67F tienen las siguientes características fundamentales:

Tabla IV.VIII Características esclavos ASI 67F⁵⁹

Versión AS-Interface		V2.1
Fuente de alimentación AS-Interface		V 26.5...31.6
Protección		Contra la inversión de polaridad
Conexión		En el terminal de direccionamiento Conector tipo "Jack" (para ASI 67FF●●●) Conector tipo M12 (para ASI 67FMP●●●)
Señalización de diagnóstico	Presencia de alimentación AS-Interface	LED verde
	Presencia de la alimentación auxiliar	LED verde
	Defecto	LED rojo
	Estado de las entradas/salidas	LED amarillo

4.6.3.2 Descripción

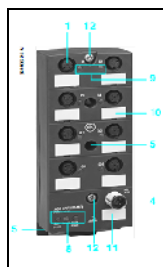


Figura IV.52 Descripción esclavos ASI 67F⁶⁰

⁵⁹ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

⁶⁰ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

Los interfaces ASI 67F incluyen:

- 1 Conectores de tipo M12 para conectar sensores y accionadores.
- 2 Conexión para cable plano amarillo (línea AS-Interface).
- 3 Conexión para cable plano negro (alimentación auxiliar), según el modelo.
- 4 Conectores de tipo M12 para conectar la línea AS-Interface y la alimentación auxiliar; permite también la conexión para el direccionamiento con un cable de conexión ASI TERACC1F.
- 5 Orificios para tornillos de fijación.
- 6 Dispositivo de enganche sobre perfil simétrico de 35 mm.
- 7 Conector tipo “Jack” para la conexión de un cable ASI TERACC2 para terminal ASI TERV2 ó XZ MC11.
- 8 LED de diagnóstico.
- 9 LED de estado de las entradas/salidas.
- 10 Etiquetas de referenciado de las vías.
- 11 Etiqueta de referenciado del interface.
- 12 Tornillos de fijación del interface a la base.

4.6.3.3 Instalación de los módulos de conexión directa (toma vampiro)

Este modo de conexión de las líneas AS-Interface y de la alimentación auxiliar permite llevar a cabo un montaje sencillo y rápido, sin accesorios de conexión, así como limitar las longitudes del cable AS-Interface.

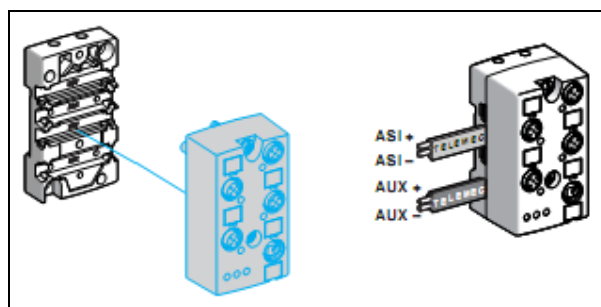


Figura IV.53 Ejemplo de conexión en módulo de 4 vías⁶¹

⁶¹ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

4.6.3.4 Instalación de los módulos de conexión remota (tipo M12)

Este modo de conexión permite desconectar rápidamente los interfaces. Se recomienda reducir al mínimo necesario las longitudes de estas derivaciones.

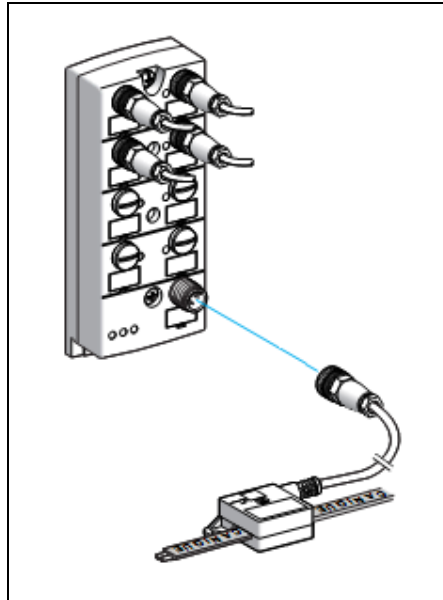


Figura IV.54 Ejemplo de conexión de los módulos de conexión remota con ayuda de derivación.⁶²

4.6.3.5 Conexión de sensores/actuadores estándar mediante módulos AS-i.

❖ Sensor de dos hilos PNP.

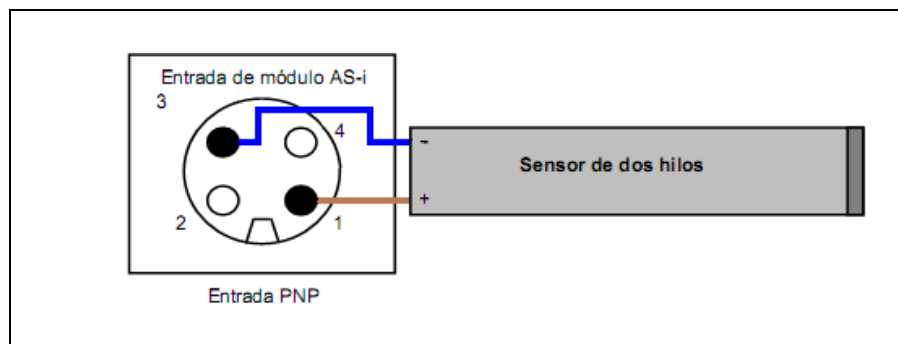


Figura IV.55 Conexión Sensor de dos hilos⁶³

❖ Sensor de tres hilos PNP.

⁶² Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

⁶³ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 92

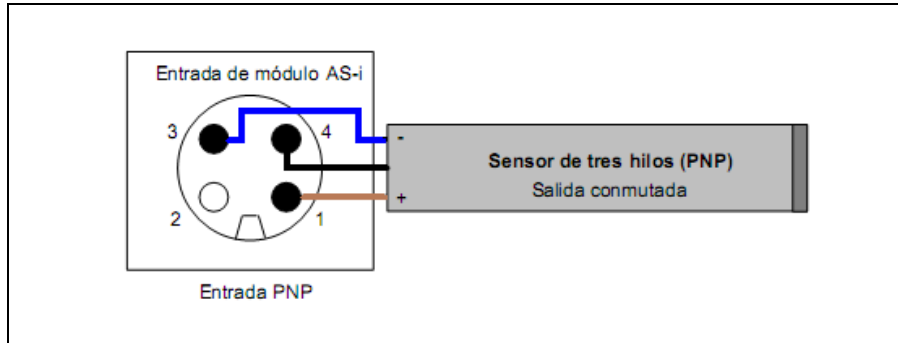


Figura IV.56 Conexión Sensor de tres hilos⁶⁴

❖ Sensor antivalente (PNP que realiza la operación lógica O exclusiva).

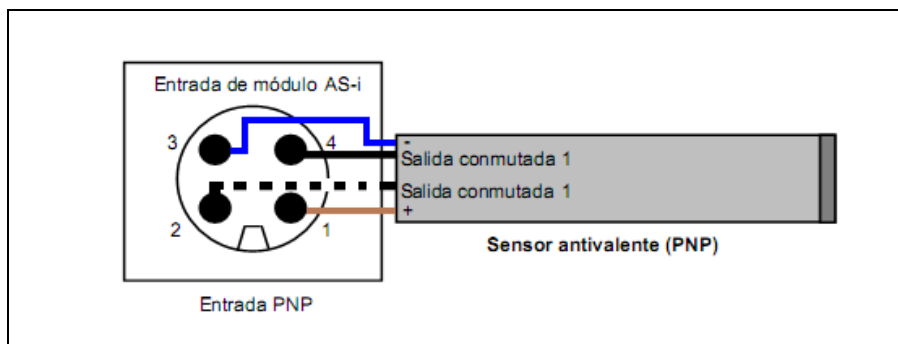


Figura IV.57 Conexión Sensor antivalente⁶⁵

❖ Actuador estándar.

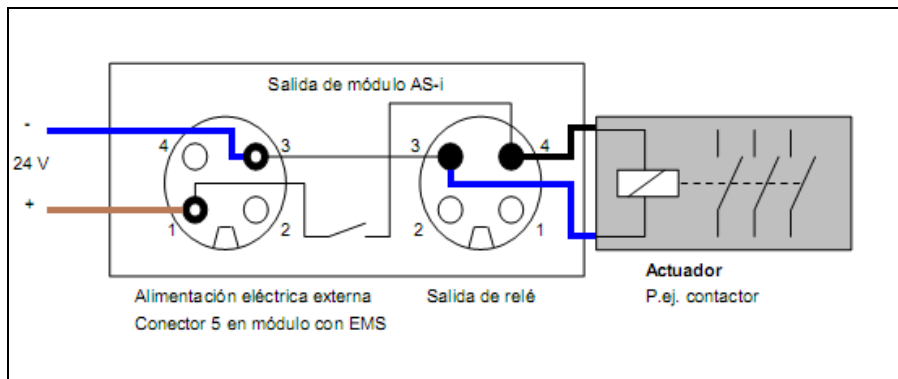


Figura IV.58 Conexión Actuador estándar⁶⁶

⁶⁴ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 92

⁶⁵ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 92

⁶⁶ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 92

4.6.4 Direccionador ASI TERV2

Consola de ajuste y diagnóstico para módulos AS- i para el direccionamiento de los interfaces AS-Interface funcionamiento por pilas LR6.

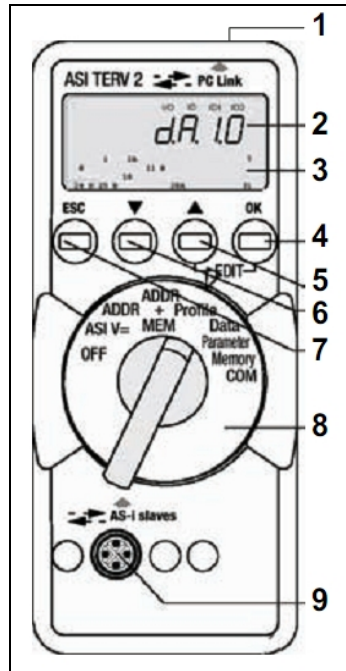


Figura IV.59 Direccionador ASi TERV2⁶⁷

- 1) Interfaz de infrarrojos,
- 2) Display principal,
- 3) Campo de direcciones: visualización de las direcciones asignadas,
- 4) Tecla de entrada,
- 5) Tecla "Sup.",
- 6) Tecla "Inf.",
- 7) Reposición/ Escape,
- 8) Selector giratorio de funciones,
- 9) Terminales de conexión al sistema AS-i.

Características

⁶⁷ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

Tabla IV.IX Características Direccionador ASi Terv2⁶⁸

Display	25 mm LCD screen
Degree of protection	IP40
AS-Interface voltage / current measurement	yes
Addresses stored in memory	yes
Access to functions	direct by selector switch
Compatibility	V1/V2

Direccionamiento de los esclavos

Cada esclavo que intervenga en la red AS-i debe tener asignado una dirección distinta entre ellos comprendidos entre los valores 1 y 31.



Figura IV.60 Ejemplo de direccionamiento de un esclavo ASi⁶⁹

4.7 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

⁶⁸ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

⁶⁹ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

4.7.1 TwidoSuite versión 2.20

El software de programación TwidoSuite está diseñado para ejecutarse en varios sistemas operativos Windows 2000/XP/Vista. A continuación se describen los requisitos de sistema del ordenador para instalar y ejecutar este software.

4.7.2 Requisitos del sistema

4.7.2.1 Requisitos de hardware

El PC debe cumplir estos requisitos de hardware mínimos para ejecutar el software de programación TwidoSuite:

Tabla IV.X Requisitos de hardware TwidoSuite⁷⁰

Requisito	Mínimo
Ordenador	Procesador Pentium a 466 MHz
RAM	128 MB
Espacio libre en el disco duro	100 MB

4.7.2.2 Requisitos de software

El software de programación TwidoSuite requiere uno de estos sistemas operativos de software:

Tabla IV.XI Requisitos de software TwidoSuite⁷¹

Sistema operativo	Edición/Service Pack	Consideraciones especiales
Windows 2000	Service Pack 2 o superior	Para Windows 2000, Windows XP o Windows Vista, necesita privilegios de administración para instalar el software de configuración TwidoSuite.
Windows XP	Service Pack 2 o superior	
Windows Vista	Service Pack 1 o superior	

4.7.3 Configuración de una red AS-Interface, con el software TwidoSuite

⁷⁰ Fuente: Guía rápida TwidoSuite

⁷¹ Fuente: Guía rápida TwidoSuite

4.7.3.1 Selección del Maestro ASi

Desde la pestaña de “Describir”, se añade desde el catalogo de hardware a la posición en la que se encuentra dentro en la configuración real del equipo. Una vez que haya aparecido en la posición deseada de la configuración, seleccionarlo y hacer doble clic sobre el módulo, para ir a la ventana de configuración de la red ASi.

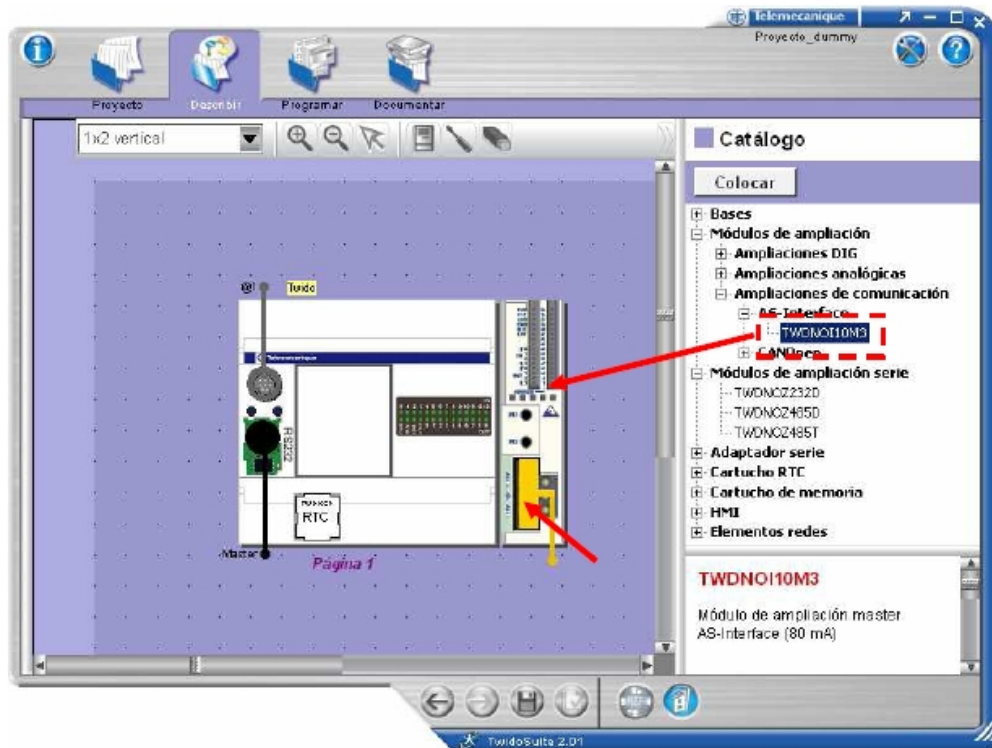


Figura IV.61 Selección del Maestro ASi⁷²

4.7.3.2 Configuración de Ventana ASi

En la configuración ASi tendremos que insertar los diferentes esclavos ASi que se van a colocar en nuestra red.

Para la configuración de cada esclavo seleccionar en la tabla, el número que tiene ese esclavo, una vez seleccionado, definiremos el tipo de esclavo, seleccionándolo en el catálogo de esclavos ASi que abriremos haciendo clic sobre el icono “Introducir a partir del catalogo”

⁷² Fuente: Tesista

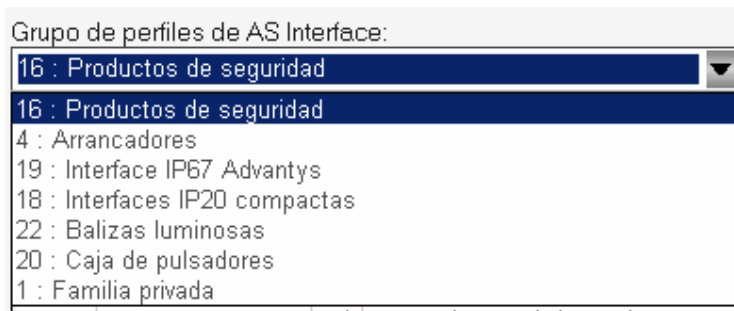
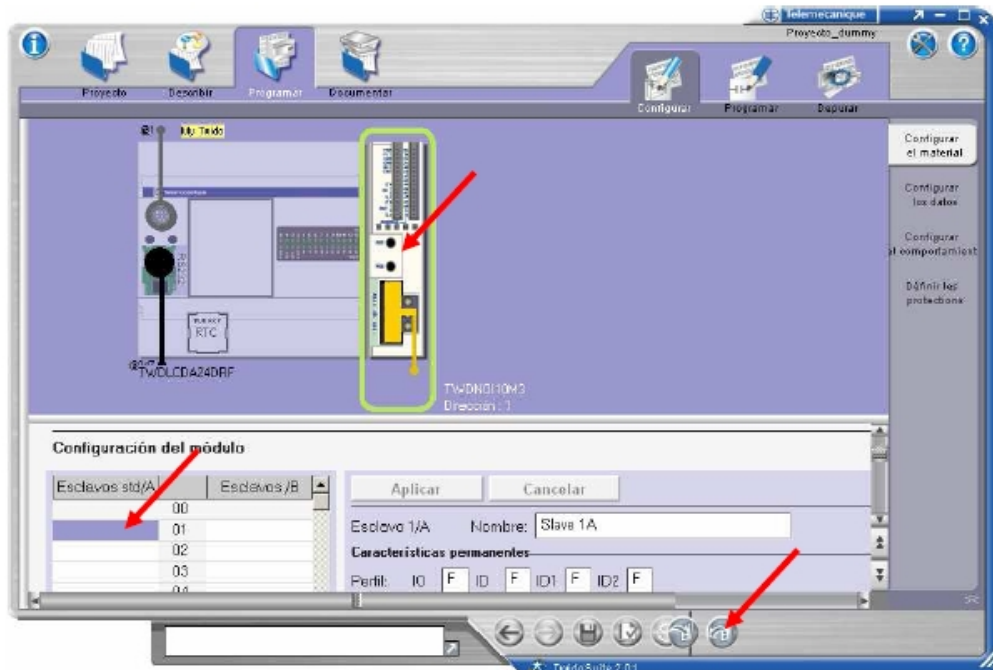


Figura IV.62 Configuración de Ventana ASI⁷³

4.7.3.3 Selección de los Equipos dentro del grupo de perfiles ASI

Después de escoger el grupo de perfil ASI al que pertenece el esclavo, aparece una lista con la referencia de los diferentes equipos que pertenecen a este grupo, seleccionar dentro de la lista el equipo y pulsar el botón “Introducir”.

Al pulsar el botón de introducir, veremos que en la ventana de configuración del módulo, aparece la descripción del equipo. En la cual se puede introducir el nombre que se desea para el esclavo. Y en la zona de “Entradas/Salidas” podemos asignar un símbolo a las direcciones ASI de este esclavo.

⁷³ Fuente: Tesista

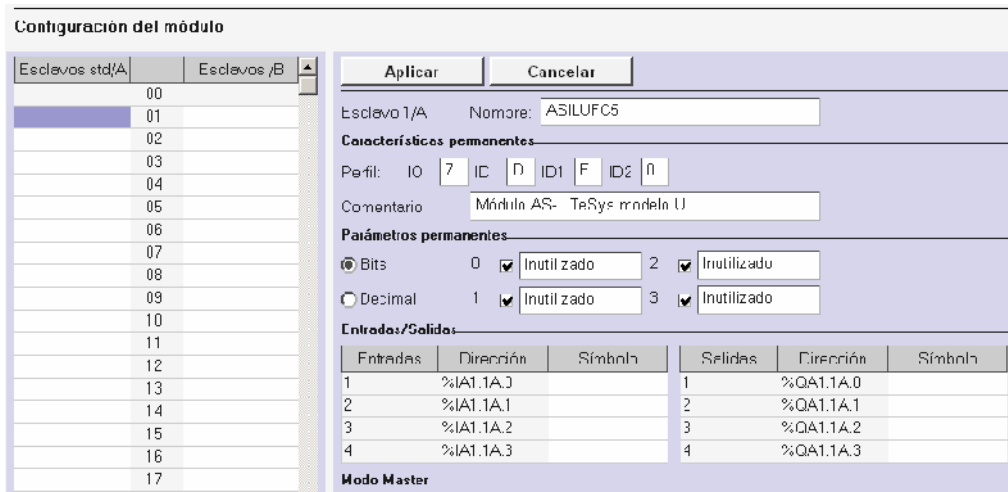
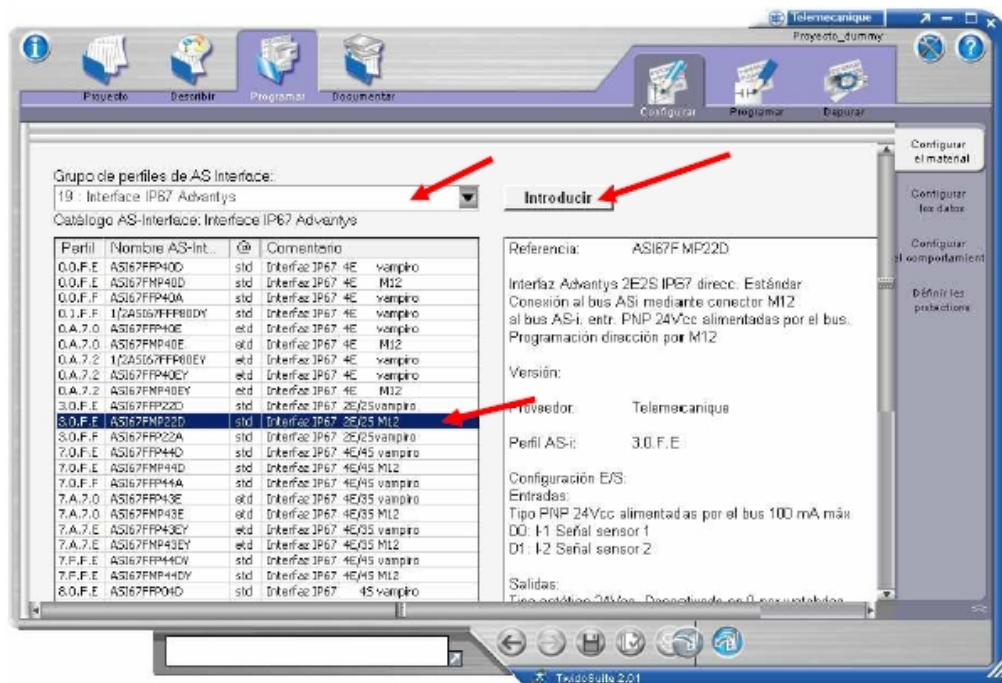


Figura IV.63 Selección de los Equipos dentro del grupo de perfiles ASI⁷⁴

4.7.3.4 Aplicación de las configuraciones

Cuando se haya acabado de configurarlo, pulsar en el botón “Aplicar”. Se observará que el esclavo configurado aparece en la columna de la izquierda. Repetir el proceso con los diferentes dispositivos instalados en la red ASI.

Una vez configurado todos los dispositivos, si pulsamos nuevamente en la pestaña de describir, podemos observar que del módulo maestro ASI aparecen colgada la red ASI,

⁷⁴ Fuente: Tesista

con los esclavos configurados. Luego de aquello se procede a cargar el programa que controlará las acciones del sistema ASi.

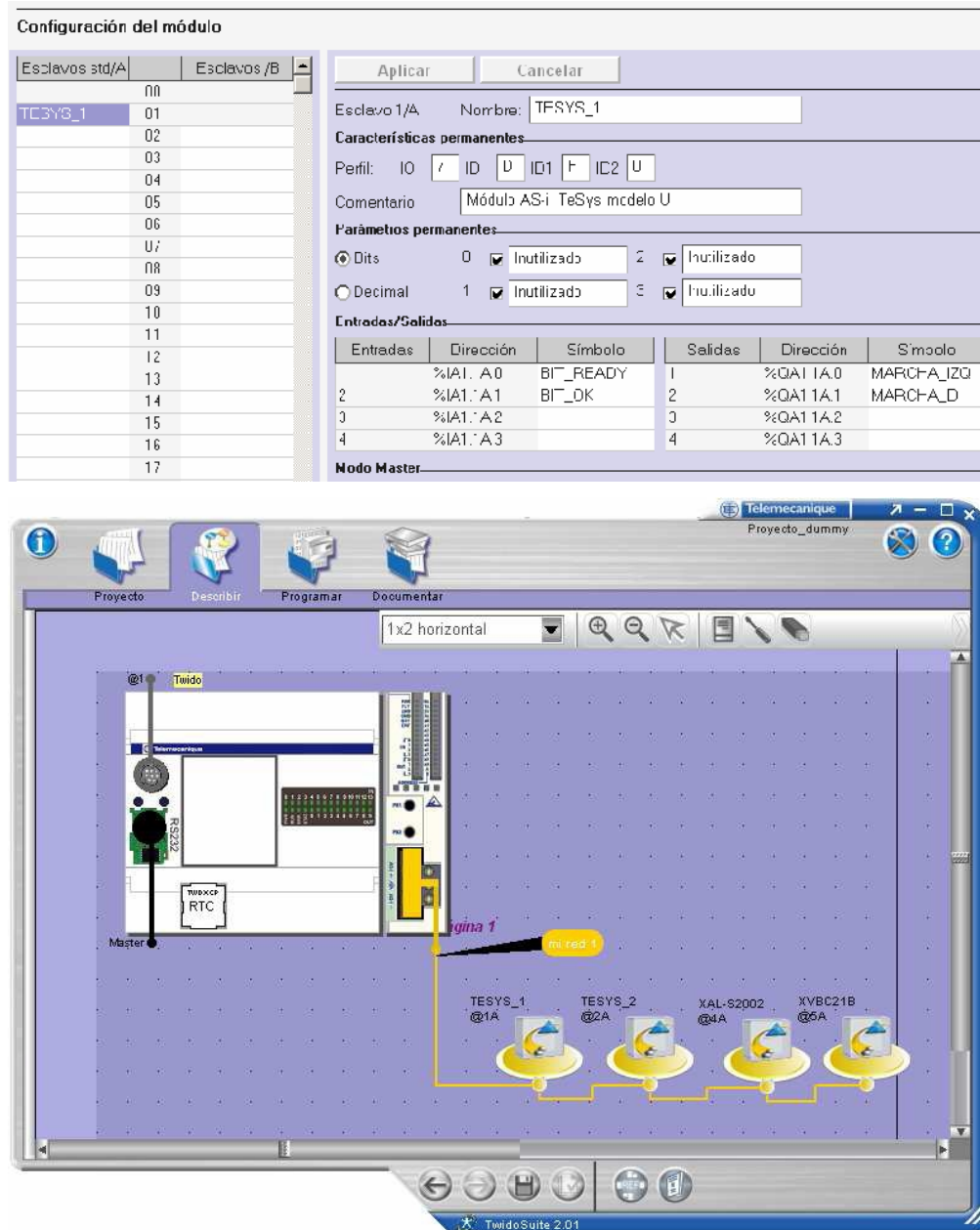


Figura IV.64 Aplicación de las configuraciones⁷⁵

⁷⁵ Fuente: Tesista

4.8 DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

4.8.1 Comparación entre el Cableado Tradicional con la tecnología ASi

Bajo el cableado de tradicional un PLC necesita una gran cantidad de cables, ya que requiere tantos cables como sensores o actuadores en sus borneras; a continuación se muestra la cantidad de cables, tarjetas expansoras, canaletas y borneras que utiliza el proceso:



Figura IV.65 Funcionamiento del sistema de envasado con el cableado tradicional⁷⁶

Una vez implementada la red ASI-BUS es notable el cambio ya que el PLC necesita únicamente la alimentación y con el Maestro ASi se realiza el tendido del cable amarillo de transmisión de datos y alimentación a través de la red. Como se puede ver en la siguiente figura dicho cable tiene dos filamentos uno café y uno azul.

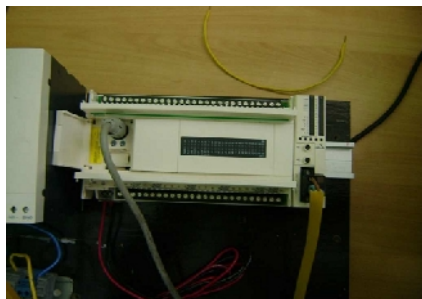


Figura. IV.66 Funcionamiento del sistema de envasado con la tecnología ASi⁷⁷

Por lo anterior expuesto se demuestra que las comunicaciones se optimizan a nivel de campo entre los dispositivos del sistema de envasado por cuanto la comunicación es más eficiente por el protocolo que utiliza y debido a que también se disminuye el costo debido a cableado, borneras, tarjetas de expansión y canaletas.

⁷⁶ Fuente: Tesista

⁷⁷ Fuente: Tesista

CONCLUSIONES.

- ❖ El diseño e implementación de un prototipo de red industrial basado en el estándar ASi (Actuator Sensor Interface) para el sistema de envasado se realizó exitosamente optimizando la comunicación entre los dispositivos de campo en el laboratorio de automatización industrial FIE”
- ❖ Se obtuvo mayor exactitud y confiabilidad de datos en la red debido a la comunicación digital, ya que los microprocesadores, por ejemplo en un transmisor y un controlador, pueden hablar directamente, en lugar de pasar a través de conversiones D/A y A/D, de las cuales hay muchas en un lazo cerrado.
- ❖ Se logró una disminución y simplificación del cableado a través de la conexión de los dispositivos sobre un solo par de cables. La conexión es una tarea sencilla, ya que todo se encuentra en paralelo y el número de terminales a utilizar es mínimo. Esto significa un bajo costo y un fácil reemplazo de viejos transmisores.
- ❖ El sistema se comporta con interoperabilidad, que es la capacidad que tiene la red de reemplazar un dispositivo por otro del mismo tipo independientemente de la marca del fabricante.

RECOMENDACIONES.

- ❖ Se recomienda al diseñar e implementar una red ASi seleccionar los dispositivos de acuerdo a las necesidades del proceso, definiendo la arquitectura de la red, la topología y tomando en cuenta las consideraciones en cuanto a cableado.
- ❖ Constatar que los voltajes que se utilizan sean los adecuados ya que el riesgo de dañar algún equipo es muy alto si no se considera la corriente eléctrica con la que se esté trabajando.
- ❖ Verificar que los cables sean los indicados para cada tipo de conexión que se realice.
- ❖ Y por ultimo se recomienda consultar los manuales y guías de usuarios para poder operar los equipos de manera adecuada y evitar una manipulación incorrecta.

RESUMEN

Se diseñó e implementó un prototipo de red industrial basado en el estándar ASi para optimizar las comunicaciones entre sensores y actuadores a nivel de campo del sistema de envasado del Laboratorio de Automatización Industrial FIE.

La metodología utilizada para el estudio fue investigativa y experimental, y la recopilación de información y su correcta aplicación la base fundamental para configurar e implementar la red. Para realizar la investigación se utilizaron los siguientes dispositivos: un PLC TWDLCDE40DRF, un maestro TWDNOI10M3, una fuente de alimentación ASIABLM3024, esclavos ASI67FMP44D, adaptadores para esclavo XZCP1564L05, adaptadores de vampiro TCSATV011F1, y cables XZCB10501 y XZCB10502 para transmisión y potencia respectivamente; y TwidoSuite versión 2.20 para el software.

Los resultados obtenidos luego del procedimiento fueron: una reducción significativa del cableado, identificación más sencilla de los elementos bajo la red, aumento de la eficacia del sistema debido a los bajos tiempos de respuesta del protocolo, transmisión de datos eficiente ya que esta tecnología permite enviar alimentación y datos por el mismo bus. También permite flexibilidad para ampliar la red porque no supone modificaciones en el cableado, y se reduce la cantidad de tiempo por mantenimiento.

En conclusión, el diseño e implementación de un prototipo de red industrial basado en el estándar ASi para el sistema de envasado del laboratorio de automatización industrial FIE, permite optimizar la comunicación entre los dispositivos de campo; recomendándose en el futuro ampliar la red industrial para unir el sistema de mezclado y de paletizado y mejorar así la línea de producción.

SUMMARY

A prototype based on the industrial networking ASi standard has been designed and implemented to optimize the communication between sensors and actuators at the field level for the packaging system of the FIE Industrial Automation Laboratory.

The methodology used for the study was investigative and experimental, and the collection of information and its proper application was the fundamental basis to set and implement the network. To accomplish the research, the following devices were used: a PLC TWDLCDE40DRF, a master TWDNOI10M3, a power source ASIABLM3024, slaves ASI67FMP44D, slave adapters XZCP1564L05, vampire adapters TCSATV011F1, and cables XZCB10502 and XZCB10501 for transmission and power respectively, and Twido Suite version 2.20 for the software.

As a result of this procedure: the wiring was significantly reduced, the identification of elements in the network was easier, the efficiency of the system was increased due to the low response times of the protocol, data transmission was efficient since this technology enables the sending of power and data on the same bus. It also allows for flexibility for the expansion of the network since this does not involve wiring changes, and reduces the amount of time spent on maintenance.

In conclusion, the design and implementation of an industrial network prototype based on the standard ASi for the packaging system of the FIE Industrial Automation Laboratory streamlined communications between field devices. It is recommended that the industrial network will be expanded, in order to join the mixing system and the palletizing system in the future to enhance the production line.

GLOSARIO

APF

AS- i Power Fail. Flag o visualizador LED que indica que la tensión de alimentación existente en el cable AS- i es demasiado baja o ha fallado (p. ej. por fallo de la fuente de alimentación AS- i).

AS- i (AS- Interface)

Interfaz actuador -sensor. Un sistema de interconexión para el área de campo más baja del nivel de automatización. Es apropiado para la interconexión de sensores y actuadores con los equipos de control. (designación anterior: SINEC S1)

Buses de Campo

Los buses de campo dentro del sector de la automatización se utilizan para agrupar datos y transmitirlos en serie a un controlador central o a un sistema de control superior.

Código ID

El código ID representa la segunda parte del perfil del esclavo. En combinación con la configuración de E/S, este código especifica las propiedades de los esclavos.

S-1.1 representaría, por ejemplo, un perfil de un detector inteligente, S-0.0 sería un esclavo con 4 entradas. Con la “A” se refiere a un esclavo con modo de dirección extendido.

EMS – Interfaz electromecánica

Interfaz entre el módulo de acoplamiento y el de usuario. La definición de EMS ha sido establecida por la asociación ASi.

Ventajas: es estándar, está protegida contra las inversiones de polaridad y permite un montaje rápido.

Esclavo A/B AS- i

Los esclavos A/B AS- i utilizan el espacio de direccionamiento extendido. Se pueden asignar en cada caso por parejas dos esclavos A/B a una dirección en AS- Interface; debido a la organización de las direcciones, se pueden conectar por tanto hasta 62 esclavos A/B AS- i a AS- Interface.

Esclavo analógico AS- i

Los esclavos analógicos AS- i con esclavos AS- i especiales (esclavos Standard o A/B) que intercambian valores analógicos con el maestro AS- i.

Esclavo AS- i

Todas las estaciones que pueden ser aludidas desde un maestro AS- i reciben el nombre de esclavos AS- i.

Los esclavos AS- i se diferencian por su técnica de montaje (módulos AS- i así como sensores o actuadores con conexión AS- i integrada) así como por su espacio de direccionamiento (esclavo AS- i Standard y esclavo AS- i A/B con espacio de direccionamiento extendido).

Esclavo AS- i Standard

Cada esclavo AS- i Standard ocupa una dirección en AS- Interface; debido a la organización de las direcciones, se pueden conectar por tanto hasta 31 esclavos AS- i Standard a AS- Interface.

IEC

La IEC (International Electrotechnical Commission – Comisión Electrotécnica Internacional) es un organismo que elabora normas internacionales.

LAS

Lista de los esclavos activados (List of Active Slaves)

LDS

Lista de los esclavos detectados (List of Detected Slaves)

LPS

Lista de los esclavos configurados (List of Prospective Slaves)

MBTP

Muy Baja Tensión de Protección (del inglés PELV: Protective Extra Low Voltage) Una de las medidas de protección contra el contacto directo según DIN VDE 0100 T410.

Maestro AS- i

A través del maestro AS- i se vigilan y controlan sensores y actuadores binarias del tipo más sencillo por medio de módulos AS- i o esclavos AS- i.

Se distingue entre maestros AS- i Standard y maestros AS- i Extended.

Maestro AS- i Extended

Un maestro AS- i Extended da soporte a 31 direcciones, que se pueden utilizar para esclavos AS- i Standard o esclavos AS- i con espacio de direccionamiento extendido (extended addressing mode). Con esto aumenta hasta a 62 el número de esclavos AS- i direccionables.

Maestro AS- i Standard

A un maestro AS- i Standard se le pueden conectar hasta 31 esclavos AS- i Standard o esclavos con espacio de direccionamiento extendido (sólo esclavos A).

Módulo ASi

Para el ASInterface se ha definido un concepto que prevé la vinculación modular de los esclavos ASi - que pueden ser sensores y actuadores - a través de los así llamados módulos ASi.

Al respecto se distinguen los siguientes módulos

El módulo ASi activo con chip ASi integrado: con él se pueden conectar hasta cuatro sensores y cuatro actuadores convencionales.

El módulo ASi pasivo: actúa como distribuidor y permite la conexión de hasta cuatro sensores y actuadores con chip ASi integrado.

Ajustándose al concepto del maestro ASi estándar y del maestro ASi extendido, en los esclavos ASi se utilizan chips ASi con función estándar o con función extendida.

Toma M12

La conexión estándar de dispositivos en los módulos de campo se realiza a través de la toma M12. Su conexión de pins está estandarizada según la norma IEC60947-5-2 como sigue:

- Pin 1: Alimentación (+)
- Pin 2: Entrada NC
- Pin 3: Alimentación (-)
- Pin 4: Entrada NA

Para algunos módulos ASi existe un puente entre el pin 2 y el pin 4 para poder conectar dispositivos NA y NC, o bien una conexión en Y para la conexión de un detector con dos salidas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1. GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L.,** Comunicaciones Industriales., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., Pp. 6-109.
- 2. KRIESEL, W. Y y otros.,** ASInterface: The Actuator-Sensor-Interface for Automation., 2a. ed., Munich-Viena., 1999., Pp 7-126
- 3. MACKAY, S. y otros.,** Practical Industrial Data Networks: Design, Installation and Troubleshooting., London-England., Elsevier., 2004., Pp. 2-154.
- 4. RODRÍGUEZ, A.,** Sistemas SCADA., 2a. ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., Pp. 253-362.

REFERENCIAS WEB

5. ASI TRADE ORGANIZATION

<http://www.ASinterface.com>

2011-03-30

6. COMUNICACIONES INDUSTRIALES

http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/ftp/material_asignaturas/Laboratorio%20de%20ComunicacionEes%20Industriales/Documentaci%F3n/Introducci%F3n%20a%20las%20Comunicaciones%20Industriales

2011-03-30

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT5/buses>

2011-03-11

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=28&rank=1>

2011-04-03

<http://www.neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/RCI.html>

2011-08-20

7. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

<http://www.emagister.com/redes-automatas-buses-campo-cursos/2534060.htm#programa>

2012-05-23

http://www.automaindus.googlepages.com/Tr_ASi_Resumen.pdf

2011-08-14

<http://www.santiagoapostol.net/srca/buses/general.pdf>

2012-06-29

8. TECNOLOGÍA ASI-BUS

<http://www.pdf.directindustry.es/pdf/ifm-electronic/sistema-de-bus-ASinterface-catalogo-2008-2009/Show/544-34574-34.html> 2012-01-18

<http://www.uhu.es/antonio.barragan/print/book/export/html/126>

2012-09-17

<http://www.uhu.es/antonio.barragan/print/book/export/html/125>

2012-04-19

ANEXOS

ANEXO I:

Reminder of the IP Degree of Protection Codes

The IP** rating defines the degree of protection provided by enclosures housing electrical equipment, conforming to the standards IEC 529, DIN 40050 and NFC 20010.

The IP code comprises 2 characteristic numerals (example: IP55).

Any characteristic numeral which is unspecified, is replaced by an X (example: IP XX).

Table: IP degree of protection codes

1 ^{er} characteristic numeral		2 ^{ème} characteristic numeral	
Equipment protected against penetration of solid objects		Personnel protected against direct contact with live parts with	Equipment protected against penetration of water with harmful effects
0	(Not protected)	(Not protected)	0 (Not protected)
1	Diameter ≥ 50 mm	Back of hand	1 Vertical dripping water
2	Diameter ≥ 12,5 mm	Finger	2 Dripping water (15 ° angle)
3	Diameter ≥ 2,5 mm	Ø 2,5 mm tool	3 Rain
4	Diameter ≥ 1,0 mm	Ø 1 mm wire	4 Splashing water
5	Dust protected	Ø 1 mm wire	5 Water jets
6	Dust tight	Ø 1 mm wire	6 Powerful water jets
			7 Temporary immersion
			8 Prolonged immersion

IP67 thus signifies that the product will withstand the effects of temporary immersion, i.e. it may be immersed to a depth of 1 metre for a period of 30 minutes, and also, that it is totally protected against the intrusion of dust. This, therefore, means that there is no need to mount this product in an enclosure. This IP rating applies to the majority of sensors, actuators and front panels of man-machine dialogue products.

IP20 usually applies to products that need to be protected from their working environment by mounting in an enclosure, since they are not designed to withstand the effects of liquid intrusion and only resist solid bodies of considerable size.

ANEXO II:

AS- Interface Safety at Work (ASIsafe)

Con “AS- Interface Safety at Work” se pueden conectar directamente a la red AS-Interface componentes de seguridad en el trabajo, como interruptores de desconexión de emergencia, interruptores de contacto de puerta o rejas ópticas de seguridad. El sistema principal sigue trabajando en estos casos sin alteración. Las señales de los sensores de seguridad son analizadas por un monitor de seguridad. A través de salidas de conmutación se pueden poner máquinas o instalaciones en un estado seguro.

ASIsafe - el concepto de seguridad

AS- Interface ofrece con la función “Safety at Work” la posibilidad de transmitir datos estándar y datos relevantes para la seguridad por un mismo cable. La base de la transmisión de datos segura es un protocolo de transmisión seguro y dinámico entre los esclavos seguros y el monitor de seguridad.

ASIsafe está certificado por la entidad de inspección técnica TÜV. Gracias a que se pueden realizar desconexiones seguras con un solo cable, ASIsafe es no sólo una solución extremadamente rentable, sino que también es única en el mercado. También en el ámbito de la técnica de seguridad se puede beneficiar pues del gran potencial de ahorro que ofrece ASInterface.

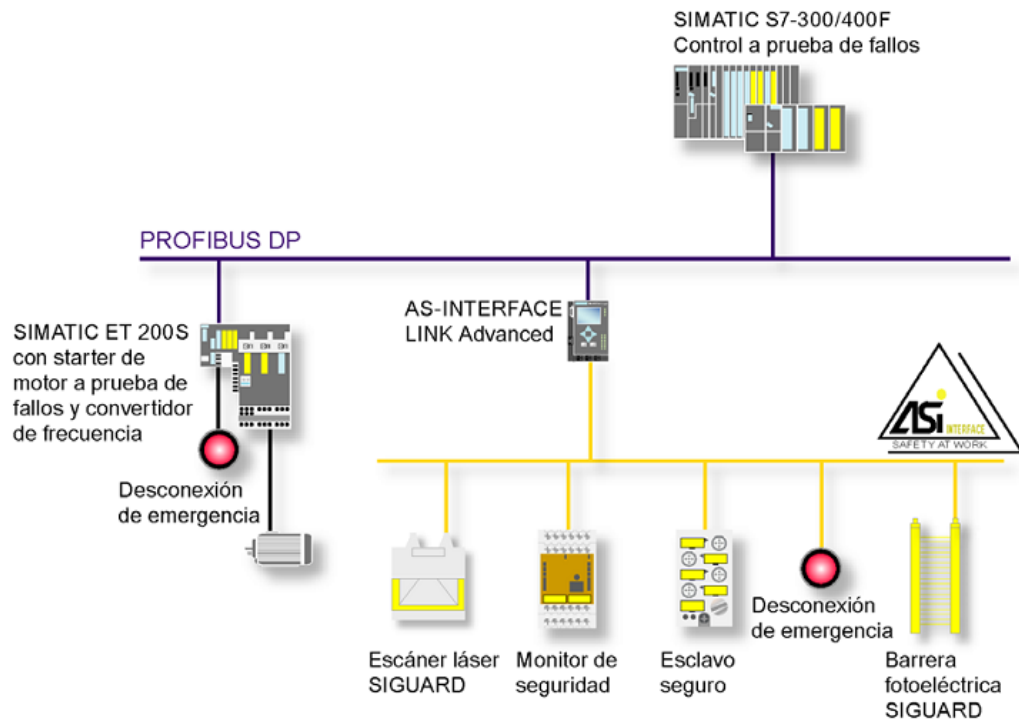


Figura: Safety at Work

Estructura

La extensión se puede realizar muy fácilmente. Sólo se necesitan dos componentes adicionales para convertir AS- Interface en un eficiente bus de seguridad:

- ❖ un monitor de seguridad
- y
- ❖ esclavos seguros.

No se necesita PLC seguro contra errores ni ningún maestro especial.

Con los esclavos seguros se pueden captar entradas seguras. A su vez, el monitor de seguridad vigila las entradas seguras, las enlaza con una lógica parametrizable y procura la desconexión segura a través de relés de seguridad integrados.

Pulsadores de parada de emergencia, rejillas ópticas, escáners por láser y otros muchos módulos de entradas/salidas se puede conectar de forma cómoda, sencilla, directa y segura a AS- Interface hasta la categoría 4 según EN 954-1 o SIL3 según IEC 61508. También aplicaciones ya en servicio se pueden ampliar de un modo sencillo y seguro con funciones relevantes para la seguridad por medio de ASIsafe.

Modo de funcionamiento

La base de la transmisión de datos segura es un protocolo de transmisión seguro y dinámico entre los esclavos seguros y el monitor de seguridad. El monitor de seguridad espera por cada ciclo de cada esclavo un telegrama específico, que se modifica continuamente según un algoritmo definido. A través de un software de configuración se parametriza la lógica de desconexión del monitor de seguridad.

De este modo, el monitor de seguridad puede reaccionar de forma diferenciada a la activación de las estaciones seguras. Si debido a una avería o a una alarma no llega el telegrama esperado, el monitor de seguridad desconecta después de como máximo 40 ms (worst case) a través de sus circuitos de desconexión de dos canales — con seguridad y rapidez.

Agrupamiento de componentes seguros

ASIsafe permite agrupar señales seguras. Para ello se asigna a cada parte de la instalación un monitor de seguridad que se encarga de la desconexión segura en caso necesario. Esto permite una desconexión selectiva de la aplicación relevante para la seguridad.

La asignación de esclavos seguros a los monitores de seguridad dentro de una red ASIinterface se realiza de manera cómoda y sencilla por medio del software de parametrización del monitor de seguridad.

Diagnóstico

Con la consulta de maestro típica de AS- Interface, el monitor de seguridad obtiene de los esclavos seguros las informaciones relevantes para la seguridad.

Ventajas: Ya no es necesario un cableado adicional de los componentes de seguridad para finalidades de diagnóstico. Además, es posible analizar los eventos relevantes para la seguridad por medio de un sistema para manejo y observación.

ANEXO III:

Slave Profile Tables

The following table shows the various slave profiles in the X.Y format:

		"Identification Code"																			
		D0	D1	D2	D3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
I / O C O D E	0	IN	IN	IN	IN	X,0	0,1														L I B R E
	1	IN	IN	IN	OUT		1,1														
	2	IN	IN	IN	IN/OUT																
	3	IN	IN	OUT	OUT		3,1														
	4	IN	IN	IN/OUT	IN/OUT																
	5	IN	OUT	OUT	OUT																
	6	IN	IN/OUT	IN/OUT	IN/OUT																
	7	IN/OUT	IN/OUT	IN/OUT	IN/OUT		7,1	7,2											7,D	7,E	
	8	OUT	OUT	OUT	OUT	8,1															
	9	OUT	OUT	OUT	IN	R															
	A	OUT	OUT	OUT	IN/OUT	X,0															
	B	OUT	OUT	IN	IN	R	B,1														
	C	OUT	OUT	IN/OUT	IN/OUT	X,0															
	D	OUT	IN	IN	IN	R	D,1														
	E	OUT	IN/OUT	IN/OUT	IN/OUT	X,0															
	F	IN/OUT/NUL				Unused															
																		V			

Typical applications:

Profile	Application
0,1	2 sensors
1,1	simple sensor with control
7,D	start electronic motor
7,E	electronic variator
B,1	2 return actuators
D,1	simple actuator with monitoring
X,0	remote I/O

ANEXO IV:

Cálculo de la longitud del Cableado ASi

La longitud máxima de un segmento AS-Interface es de 100 m y puede ampliarse hasta 200 m utilizando un repetidor ó 300 m con 2 repetidores. Se puede alcanzar una longitud de 600 m con el uso combinado de Repeater y Extension Plug como se indicó anteriormente.

El conjunto de las longitudes de cables e hilos conectados a los bornes AS-Interface + y AS-Interface – del maestro se debe contabilizar tanto en el interior como en el exterior del armario, incluidas las longitudes de las derivaciones en caso de que él o los componentes AS-Interface no estén instalados directamente en el cable amarillo por el sistema vampiro. Las longitudes de los cables de derivación se deben contar dos veces. Se recomienda por lo tanto utilizar longitudes de derivación cortas y emplear cada vez que sea posible productos instalados directamente en el cable amarillo por el sistema. La longitud de la red está definida por:

$$Lr = Lc + 2 \times Ld$$

Donde:

Lc = Longitud total del cable plano

Ld = Longitud total de las derivaciones

Lr = Longitud de la red

Ejemplo:

Calcular la longitud en el cableado de una red ASi, si la longitud total del cable plano es 40 m y la longitud total de las derivaciones no exceda 4,3 m.

$$Lc = 40 \text{ m}$$

$$Ld = 4,30 \text{ m}$$

$$Lr = ?$$

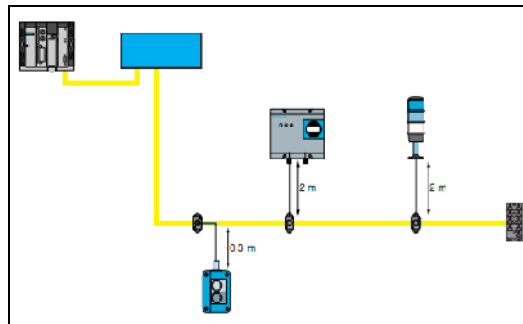


Figura III. Ejemplo de calculo longitud total de una red ASi

$$Lr = Lc + 2 \times Ld$$

$$Lr = Lc + 2 \times Ld$$

$$Lr = 48,60 \text{ m}$$