



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 MEZCLADO DE LÍQUIDOS”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

Presentado por:

Gustavo Javier Sacón Chango

Daniel Fernando Villalva Taipe

Riobamba - Ecuador
2013

AGRADECIMIENTO

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

Gustavo y Daniel

DEDICATORIA

Dedicado con mucho cariño, amor y afecto a mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Gustavo

Dedicado a mis padres, porque creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron apoyándome en los momentos más difíciles de mi vida, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

Daniel

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

“Nosotros GUSTAVO JAVIER SACON CHANGO y DANIEL FERNANDO VILLALVA TAIPE, somos responsables 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”

Gustavo Javier Sacón Chango

Daniel Fernando Villalva Taipe

AUTORES

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA DE TESIS	
RESPONSABILIDAD DEL AUTOR	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I	
MARCO REFERENCIAL	15
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 JUSTIFICACION	16
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4 HIPÓTESIS	18
CAPÍTULO II	
REDES DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES	19
2.1 INTRODUCCIÓN.....	19
2.2 HISTORIA	21
2.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL	25
2.4 SISTEMAS DE TRANSPORTE DE LA SEÑAL DE DATOS	26
2.5 SISTEMAS DE TRANSMISION DE LA SEÑAL	29
2.5.1 Niveles de tensión.....	30
2.5.2 Bucle de corriente.....	33
2.5.3 Señal modulada.....	34
2.6 CONCEPTOS BASICOS	35
2.6.1 Protocolos de comunicación.....	35
2.6.2 Codificacion de señales	38
2.6.3 Tipos de redes.....	39
2.6.4 Formas de comunicación.....	45
2.6.5 Entradas y Salidas.....	47
2.6.6 Tiempo real.....	47
2.6.7 Interconexion de redes.....	48
2.7 PIRAMIDE DE CIM (Computer Integrated Manufacturing)	51
2.8 BUSES DE CAMPO	54
2.8.1 INTRODUCCION.....	54

2.8.2 NIVELES OSI EN LOS BUSES DE CAMPO	56
2.8.2.1 Nivel Físico	57
2.8.2.2 Nivel de Enlace	57
2.8.2.3 Nivel de Aplicación	58
2.8.3 TIPOS DE REDES DE CAMPO MÁS IMPORTANTES	59
2.8.3.1 Buses de alta velocidad y baja profundidad	59
2.8.3.2 Buses de alta velocidad y funcionalidad media.....	60
2.8.3.3 Buses de altas prestaciones	61
2.8.3.4 Buses para áreas de seguridad intrínseca.....	61
2.8.4 VENTAJAS DE LOS BUSES DE CAMPO	62

CAPITULO III

REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL AS-i.....	64
3.1 INTRODUCCIÓN.....	64
3.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN	65
3.2.1 Versión AS-i 2.04	66
3.2.2 Versión AS-i 2.14.....	66
3.2.3 Versión AS-i 3.0.....	67
3.3 AS-i (Actuator Sensor Interface)	67
3.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA AS-i.....	69
3.5 VENTAJAS DEL SISTEMA AS-i.....	70
3.6 COMPATIBILIDAD.....	72
3.7 MEDIO DE TRANSMISION.....	72
3.8 CICLO DE LECTURA Y ESCRITURA EN LOS ESCLAVOS	73
3.9 AUTOMATIZACION DESCENTRALIZADA.....	74
3.10 DESVENTAJAS DE AS-i.....	75
3.11 COMPONENTES SISTEMAS AS-i.....	76
3.11.1 Fuente de alimentación AS-i.....	77
3.11.2 Maestro AS-i	79
3.11.3 Esclavo AS- i.....	81
3.11.4 Fuente de alimentación estándar	82
3.11.5 Cables y Conectores	82
3.11.6 Repetidor de AS-Interface	85
3.11.7 Extensor.....	86
3.11.8 Direccionador	87
3.12 MODO MAESTRO	88
3.12.1 Principio Maestro-Esclavo	89
3.12.2 Transmisión de datos	91

CAPITULO IV

DISEÑO Y IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INDUSTRIAL AS-i	97
4.1 INTRODUCCIÓN.....	97

4.2 DISEÑO DE UNA RED AS-i.....	98
4.3 SELECCIÓN DE HARDWARE.....	99
4.4 SELECCIÓN DEL SOFTWARE.....	99
4.5 CABLEADO DE UNA RED AS-i.....	99
4.6 RECONOCIMIENTO Y DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES.....	102
4.6.1 Módulo maestro TWDNOI 10M3	102
4.6.2 Fuente de alimentacion AS-i ABL	105
4.6.3 Esclavos AS-i 67FMP44D	107
4.6.4 Direccionador AS-i Terv2	109
4.7 DESCRIPCION DEL SOFTWARE.....	111
4.7.1 TwidoSuite version 2.20.....	111
4.7.2 Requerimientos del sistema.....	113
4.7.2.1 Requerimientos de hardware	113
4.7.2.2 Requerimientos del software	114
4.8 MONTAJE DE LA RED AS-i	114
4.8.1 Direccionamiento del esclavo	114
4.8.2 Conexión de la fuente de alimentación AS-i	115
4.8.3 Conexión de los esclavos	116
4.8.4 Configuración de una red AS-Interface, con el software TwidoSuite	118
4.8.4.1 Selección del Maestro AS-i.....	118
4.8.4.2 Configuración de la Ventana AS-i	119
4.8.4.3 Selección de los equipos dentro del grupo de perfiles AS-i.....	120
4.8.4.4 Aplicación de las configuraciones.....	122
4.9 DEMOSTRACION DE LA HIPOTESIS.....	122

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Amperios.
AS-i	Interfaz Actuador Sensor, (Actuator Sensor Interface).
ASCII	Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información, (American Standard Code for Information Interchange).
APM	Modulación Alternativa de Pulso, (Alternating Pulse Modulation).
CAD	Diseño Asistido por Computadora, (Computer-Aided Design).
CAN	Controlador de una Red de Área, (Controller Area Network).
CIM	Manufactura Integrada por Computadora, (Computer Integrated Manufacturing).
CCITT	Comité Consultivo de Telegrafía y Telefonía, (Comité Consultatif International de Telegraphie et Telephonie).
CSMA/CA	Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Evasión de Colisiones, (Carrier Sense, Multiple Access, Collision Avoidance).
CSMA/CD	Acceso Múltiple con Escucha de Portadora y Detección de Colisiones, (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).
CRC	Comprobación de Redundancia Cíclica.
DC	Corriente Directa, (Direct Current).
DTE	Equipo Terminal de datos, (Data Terminal Equipment).
ERP	Sistemas de planificación de recursos empresariales, (Enterprise Resource Planning).
E/S	Entrada/salida.
FIE	Facultad de Informática y Electrónica.
GHz	Gigahercio.
HDLC	Control de Enlace de Datos de Alto Nivel, (High-Level Data Link Control).
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional, (International Electrotechnical Commission).
IBM	Negocio Internacional de Máquinas, (International Business Machines).
LAN	Red de área local, red local, (Local Area Network).
PLC	Controlador Lógico Programable, (Programmable Logic Controller).
psi	Libra-fuerza por pulgada cuadrada, (Pounds per Square Inch).
mA	mili-amperios.
MES	Sistema de Ejecución de Manufactura, (Manufacturing Execution System).
MMS	Especificación de Mensajes de Fabricación.
NRZ	No Retorno a Cero, (Nn Return to Cero).
OSI	Modelo de interconexión de sistemas abiertos, (Open System Interconnection).
PC	Ordenador Personal, (Personal Computer).
PLL	Lazos Enganchados en Fase, (Phase Locked Loop).
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos, (Supervisory Control And Data Acquisition).
SCD	Sistema de Control Distribuido, (Distributed Control System).

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).
μs	Micro-segundo.
μH	Micro-henrios.
UTP	Par Trenzado No Blindado, (Unshielded Twisted Pair).
V	Voltaje.
VAC	Voltaje de Corriente Alterna, (AC Voltage).
VDC	Voltaje de Corriente Directa, (DC Voltage).
VCO	Oscilador Controlado por Tensión, (Voltage Controlled Oscillators).
WAN	Red de área amplia, (Wide Area Network)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1	Pirámide de la automatización industrial	16
Figura II.1	Esquema de comunicación industrial	21
Figura II.2	Sistemas de Control Distribuidos	24
Figura II.3	Sistemas de Comunicación Industrial	26
Figura II.4	Tratamiento de señales balanceadas	32
Figura II.5	Señal modulada	35
Figura II.6	Componentes de un enlace de datos	35
Figura II.7	Codificación Manchester	39
Figura II.8	Estructura de una red punto a punto	40
Figura II.9	Estructura de una red bus	41
Figura II.10	Estructura de una red árbol	42
Figura II.11	Estructura de una red de anillo	43
Figura II.12	Estructura de una red estrella	44
Figura II.13	Tiempo de ciclo	48
Figura II.14	Niveles de la pirámide CIM	53
Figura II.15	(a) señales analógicas; (b) bus de campo	56
Figura II.16	Modelo OSI aplicado a los buses de campo	57
Figura II.17	Diagrama de Bloques de una red	62
Figura III.1	Cableado convencional y cableado AS-i	64
Figura III.2	Ubicación del bus AS-i en la pirámide de automatización	68
Figura III.3	Conexión AS-i	69
Figura III.4	Conexión descentralizada con AS-i	75
Figura III.5	Componentes de AS-i	76
Figura III.6	Diagrama simplificado de la fuente AS-i	79
Figura III.7	Descripción de los hilos de cable AS-i	83
Figura III.8	Cable AS-i auto cicatrizante	84
Figura III.9	Cable amarillo y negro AS-i	85
Figura III.10	Conector para esclavos AS-i	85
Figura III.11	Conexión de repetidor	86
Figura III.12	Extensor Siemens	87
Figura III.13	Direccionador AS-i	88
Figura III.14	Modulación APM	93
Figura III.15	Ciclo AS-i con esclavos A/B	94
Figura III.16	Campos del telegrama AS-i	96
Figura IV.1	Cableado de una Red AS-i	100
Figura IV.2	Ejemplo de cálculo longitud total de una red AS-i	101
Figura IV.3	Módulo TWD NOI 10M3	102

Figura IV.4 Dimensiones módulo TWD NOI 10M3	104
Figura IV.5 Dimensiones fuentes de alimentación AS-i	105
Figura IV.6 Esquemas fuentes de alimentación AS-i	106
Figura IV.7 ASI ABL M3024 y su esquema	107
Figura IV.8 Descripción esclavos ASI 67F	108
Figura IV.9 Direccionador AS-i TERV2	110
Figura IV.10 Plataforma TwidoSuite	113
Figura IV.11 Ejemplo de direccionamiento de un esclavo AS-i	115
Figura IV.12 Fuente de alimentación AS-i	116
Figura IV.13 Ejemplo de conexión en módulo de 4 vías	117
Figura IV.14 Conexión remota con ayuda de derivación	118
Figura IV.15 Conexión del vampiro	118
Figura IV.16 Selección del Maestro AS-i	119
Figura IV.17 Configuración de Ventana AS-i	120
Figura IV.18 Selección de los Equipos dentro del grupo de perfiles AS-i	121
Figura IV.19 Aplicación de las configuraciones	122
Figura IV.20 Funcionamiento del mezclado con el cableado tradicional	123
Figura. IV.21 Funcionamiento del sistema de mezclado con la tecnología AS-i	123
Figura. IV.22 Esclavos AS-i	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I: Comparación entre sistemas SCADA y SCD	25
Tabla II.II: Comparación entre estándares recomendados	31
Tabla II.III: Características tecnología RS-232	32
Tabla II.IV: Niveles de Tensión	33
Tabla II.V: Soluciones entre Protocolos de Comunicación	37
Tabla III.I: Características del sistema AS-i	70
Tabla IV.I: Características módulo TWD NOI 10M3	104
Tabla IV.II: Características fuentes de alimentación AS-i	105
Tabla IV.III: Características esclavos ASI 67F	108
Tabla IV.IV: Características Direccionador AS-i TERV2	111
Tabla IV.V: Requisitos de hardware TwidoSuite	113
Tabla IV.VI: Requisitos de software TwidoSuite	114

INTRODUCCIÓN

Dado el creciente interés por parte de varias organizaciones en el desarrollo de sistemas automatizados a través redes industriales; las aplicaciones de buses de campo tratan de presentar redes industriales utilizando un mínimo de recursos con el fin de aportar a sus clientes facilidades al momento de la realización del montaje de equipos dentro de una red industrial, y la obtención de información de una forma rápida y oportuna sin complicaciones.

En los primeros años de la automatización, se ofrecían soluciones privadas poco flexibles para grandes volúmenes de producción, con la ausencia de flexibilidad se crearon varias soluciones para desarrollar un bus de campo abierto con posibilidades de convertirse en norma.

Afortunadamente, hoy puede ahorrarse este trabajo, ya que con AS-i se dispone de un incomparable sistema de bus abierto y preparado para la integración en cualquier plataforma, que permite la transmisión de señales digitales y analógicas que conectan todos los componentes de automatización en campo con el control central de manera sencilla, segura y rápida para grandes volúmenes de producción.

Las aplicaciones implementadas con buses de campo, especialmente con AS-i, pueden aportar a las empresas mejoras valiosas al momento de la transmisión de datos hacia el PLC, y de esta manera el mejoramiento del control de los procesos industriales como:

- El intercambio puede llevar a cabo por medio de un mecanismo estándar.
- Cableado sencillo y económico; de fácil montaje.
- Flexibilidad de extensión.
- Transmisión de datos y alimentación mediante un único cable.
- Alto nivel de seguridad de operación en un entorno industrial ruidoso.
- La eliminación del mazo de cables facilita la inspección de la instalación y el mantenimiento se facilita, ya que el maestro detecta fallas en los esclavos y defectos de alimentación.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES

El uso de redes industriales se ha extendido en los últimos años en casi todas las empresas del sector industrial conectando sensores, actuadores, PLC, etc. 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.

Para conseguir una implementación exitosa de buses de campo, hoy en día existe una gran variedad de buses que interactúan en el nivel más bajo del proceso de control como es el nivel de campo, entre estos tenemos: Profibus, Can, AS-i Bus, entre otros, los mismos que proporcionan excelentes señales a nivel de campo, manejando datos de forma rápida y eficaz, aumentando de esta manera la productividad de la red industrial.

Uno de los obstáculos para la rápida adopción de la tecnología de buses de campo ha sido la falta de estandarización.

La tarea principal es reemplazar 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 que conectan sensores, actuadores, controladores, y dispositivos similares en el nivel inferior de la estructura jerárquica de la automatización industrial como se indica en la Figura I.1.



Figura I.1 Pirámide de la automatización industrial¹

1.2 JUSTIFICACIÓN

¹ Fuente: http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,32665677&_dad=portal&_schema=PORTAL

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

- El excesivo cableado de las redes industriales que se construyen con dispositivos tradicionales llevan a la necesidad de implementar cualquier tipo de bus de campo de una forma rápida y sencilla para de esta forma facilitar el trabajo y la programación en la construcción de sistemas automatizados.
- 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 auto-diagnóstico 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 cuál 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.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un prototipo de red industrial basado en el estándar AS-i (Actuator, Sensor, Interface) para un sistema de mezclado de líquidos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las características, topologías y componentes de redes industriales basadas en el estándar AS-i.
- Estudiar y seleccionar los dispositivos necesarios en la implementación de la red industrial AS-i.
- Repotenciar el sistema de mezclado de líquidos del Laboratorio de automatización Industrial FIE.
- Comprender los aspectos de programación de AS-i BUS para realizar la configuración del funcionamiento de la red industrial AS-i.

1.4 HIPÓTESIS

Con la implementación de una red industrial mediante el estándar AS-i, se optimizarán las comunicaciones entre sensores y actuadores a nivel de campo en el sistema de mezclado de líquidos del Laboratorio de automatización Industrial FIE.

CAPÍTULO II

REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

2.1 INTRODUCCIÓN

En un proceso industrial automatizado, la obtención y tratamiento de la información obliga a diseñar una infraestructura de comunicaciones, con distintos niveles de funcionalidad, que contemple las peculiaridades de cada una de las zonas donde aquella se requiera.

Las comunicaciones entre los instrumentos de proceso y el sistema de control se basan principalmente en señales analógicas (neumáticas de 3 a 15 psi en las válvulas de control y electrónicas de 4 a 20 mA). Pero ya existen instrumentos digitales capaces de manejar gran cantidad de datos y guardarlos históricamente; su precisión es diez veces mayor que la de la señal típica de 4-20 máx. En vez de transmitir cada variable por un par de hilos, transmiten secuencialmente las variables por medio de un cable de comunicaciones llamado bus. En este capítulo se presentan las pautas que han incidido en la evolución de las comunicaciones industriales utilizadas en el control de procesos industriales.

Una de las características importantes de los nuevos sistemas de control de la planta es su capacidad de generar información relacionada con el proceso que están controlando. Hasta entonces no se había sentido la necesidad de que los datos y recursos manejados por un

equipo fueran útiles y necesarios para otros equipos del sistema. Sin embargo, los requisitos que se exigen a los nuevos sistemas de producción hacen que la generación y el tratamiento de esta información sean totalmente necesarios, lo que a su vez exige vías de comunicación entre los diferentes dispositivos inteligentes que intervienen en el proceso. Por todo ello, las comunicaciones constituyen un elemento fundamental en los nuevos entornos de fabricación, constituidos en general por una cantidad de dispositivos de control inteligentes (sensores, actuadores, PLC, etc.), que debe trabajar de forma coordinada a través de una red de comunicaciones.

La empresa debe hacer frente, entre otros, a un reto importante: el producto fabricado debe ser homogéneo, de características similares e idénticas prestaciones y coste. El reto es insuperable si la empresa no aborda con eficacia el intercambio de información para poder obtener un mayor grado de automatización de sus procesos productivos.

Este intercambio de información puede realizarse en base a distintas tecnologías:

- Comunicación punto a punto analógica
- Comunicación punto a punto digital
- Comunicación punto a punto híbrida
- Comunicación digital con bus de campo

Para canalizar la información que se deriva de un proceso automatizado, se requiere habilitar plataformas de comunicación distintas: Las que enlazan sensores y/o actuadores con equipos de medida o control ubicados en la propia planta (*buses de campo*), las de nivel intermedio utilizadas para centralizar la información del proceso (*redes de área local, LAN*) o aquellas usadas en el enlace de secciones o departamentos ubicados en áreas geográficamente distintas (*WAN*).

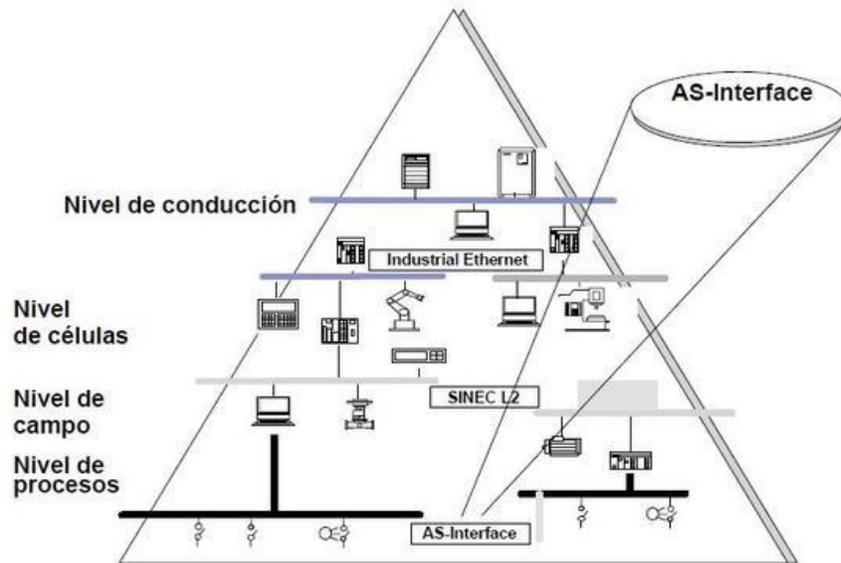


Figura II.1 Esquema de comunicación industrial²

2.2 HISTORIA

Las redes de comunicaciones industriales deben su origen a la fundación Fiel Bus (Redes de campo). La fundación Fiel Bus, desarrollo un nuevo protocolo de comunicación, para la medición y control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma. Fiel Bus permite disponer de una nueva tecnología para una nueva generación de sistemas de control y automatización, físicamente más simple, donde toda la rutina de control regulatorio y control lógico, es efectuado por dispositivos de campo, posibilitando además una arquitectura abierta donde cualquier fabricante de equipos de instrumentación pueda integrarse a la red de campo existente en una fábrica o empresa. La gran mayoría de los fabricantes de instrumentos han anunciado la posibilidad de desarrollar productos basados en las especificaciones de la fundación Fiel Bus (Henry Caro, 1997). En este momento existen los desarrollos liderados por organizaciones que agrupan a ciertos fabricantes, que en algunos casos tuvieron como punto de partida estándares establecidos en algunos países.

² Fuente: <http://fieldbus.wikispaces.com/Actuator+Sensor+Interface>

Entre estos tenemos a Proficuas, WorldFip y LonWorks que poseen como principal ventaja su amplia base instalada.

La aparición de buses de campo para la comunicación con PLC de determinados fabricantes no resolvía los problemas en los sistemas de automatización de grandes compañías que utilizaban todo tipo de productos y proveedores en sus procesos de producción. Era necesaria la integración de estos sistemas, pero al ser estos heterogéneos, esta integración se convertía en una tarea compleja. A finales de los años 70, General Motors Co. Se percató de que más de la mitad de su equipo de automatización se dedicaba a implementar interfaces particularizados entre los dispositivos de automatización. Además, la mayoría de los dispositivos eran incapaces de comunicarse fuera de su área. A esta problemática habitualmente se le ha denominado “Islas de Automatización”, donde solo los dispositivos del mismo fabricante entienden el protocolo, haciendo muy complejas e incluso imposible la comunicación entre diferentes islas.

En las primeras plantas de procesamiento el control de procesos requería frecuentemente de muchos operadores, quienes circulaban continuamente alrededor de cada unidad de proceso observando los instrumentos locales y manipulando las válvulas. Las operaciones generales de la planta requerían que los operadores realizaran una visita a la planta registrando manualmente los parámetros de importancia.

Posteriormente, y tras efectuar los cálculos matemáticos apropiados, el operador hacía una segunda visita, ajustando los controles.

Con la transmisión de las señales neumáticas, nacieron las primeras salas de control, donde se trasladaron los indicadores a un lugar central, junto con los controladores que transmitían señales de vuelta hacia las válvulas. En ese entonces, las lecturas se realizaban en grandes indicadores locales y los operadores ajustaban los controles neumáticos en la sala de control.

Luego de la Segunda Guerra Mundial, los controladores electrónicos empezaron a aplicarse industrialmente y aparecieron nuevos tipos de sensores para medir parámetros anteriormente no medibles. Así mismo, los computadores se volvieron más baratos y

confiables, y los controladores se hicieron más pequeños, permitiendo su instalación en paneles. A su vez, las salas de control se tornaron más comunes y complejas.

Las tecnologías de video y su habilidad para desplegar datos y permitir al operador iniciar acciones de control, hicieron posible las entradas del control distribuido. Entonces, la sala de control pudo proveer información centralizada sin tener que centralizar todo el procedimiento, disminuyendo así los riesgos asociados, al reducir costos y complejidad de cableado.

Los sistemas de control distribuidos tradicionales nacidos en la década de los 70, lograron que los datos y las respuestas a ellos fueran en tiempo real. Las interfaces de operador de alta calidad permitieron que los operadores supieran sin esfuerzo lo que estaba pasando en toda la planta. No obstante, dichos sistemas de control distribuidos (SCD) tenían sus debilidades: eran de elevado costo de adquisición e instalación, inalcanzables para la pequeña y mediana empresa, además de tener los sistemas operativos y protocolos de comunicaciones propietarios.

A mediados de los 90, los procesos comenzaron a requerir un alto nivel de acciones discretas, junto a sofisticadas acciones de control. Así aparecen paulatinamente arquitecturas que combinaban el control discreto y continuo en el mismo controlador. La ventaja de estos sistemas es que permitieron manejar la selección de equipos instalados, con requerimientos de control basados en operaciones binarias

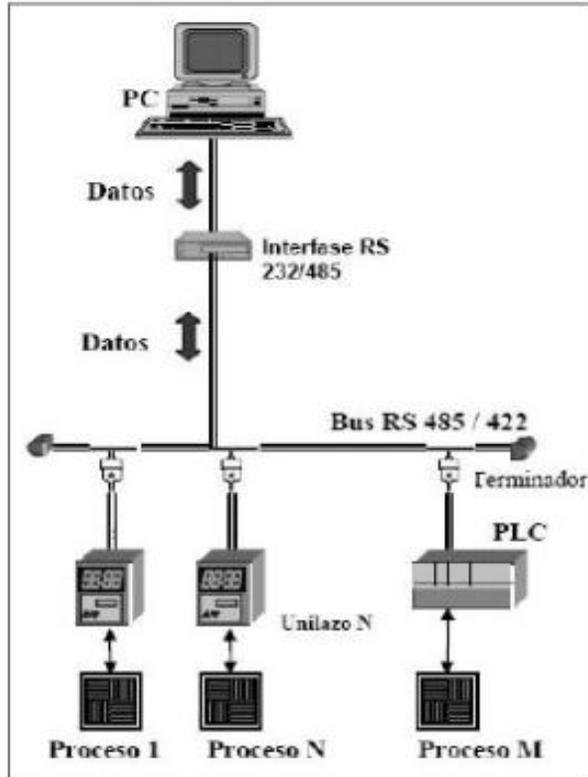


Figura II.2 Sistemas de Control Distribuidos³

ASPECTO	SCADA	SCD
TIPO DE ARQUITECTURA	CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISORIO: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	REGULATORIO: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch, algoritmos avanzados, etc.
TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS	ACOPLADAS

³ Fuente: <http://es.scribd.com/doc/7288743/55/SISTEMAS-DE-CONTROL-DISTRIBUIDO>

ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLC's.	Controladores de lazo, PLC's.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN.	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA

Tabla II.I: Comparación entre sistemas SCADA y SCD⁴

2.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Los Sistemas de Comunicación Industrial proporcionan el esqueleto sobre el se articulan las estrategias de automatización. Estos sistemas de comunicación son mecanismos de intercambio de datos distribuidos en una organización industrial

El objetivo primario del sistema de comunicación es el de proporcionar el intercambio de información (de control) entre dispositivos remotos. Así tenemos:

Comunicación basada en señales analógicas:

- Neumáticas 3 a 15 psi
- Electrónicas 4 a 20 mA

Cada variable se transmite por un par de hilos

⁴ Fuente: <http://control-accesos.es/scada/%C2%BFque-es-un-sistema-scada>

Conexión de gran número de controladores y componentes a distancias elevadas con un nivel eficaz de supervisión, control, explotación y almacenamiento de la información; las variables se transmiten por medio de un cable de comunicación llamado BUS.

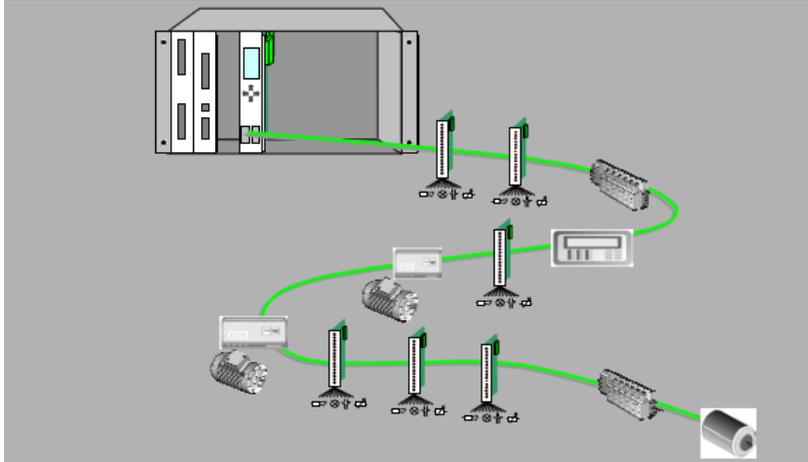


Figura II.3 Sistemas de Comunicación Industrial⁵

2.4 SISTEMAS DE TRANSPORTE DE LA SEÑAL DE DATOS

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

⁵ Fuente: [http:// sistema+de+comunicaci%c3%93n+industrial](http://sistema+de+comunicaci%c3%93n+industrial)

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

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

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

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

Par trenzado, para transmitir señales de audio o datos.

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

2.5 SISTEMAS DE TRANSMISION 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.

2.5.1 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.

Especificación	RS-232C	RS-423A	RS-422A	RS-485
Modo de Operación	Referencia a tierra	Referencia a tierra	Par diferencial	Par diferencial
Max Transmisor/Receptor	1 Transmisor	1 Transmisor	1 Transmisor	32 Transmisores
	1 Receptor	10 Receptores	10 Receptores	32 Receptores
Longitud Máxima Cable	15 m	1200 m	1200 m	1200 m
Velocidad Máxima	20 kbps	100 kbps	10 Mbps	10 Mbps
Max Voltaje	+/- 25 V	+/- 6 V	- 0.25 V a 6 V	-7V a 12V
Señal Transmisor				
Máxima	+/- 15 V	+/- 6 V	+/- 5 V	+/- 5 V
Mínima	+/- 5 V	+/- 3.6 V	+/- 2 V	+/- 1.5 V
Carga	3 a 7 kOhm	450 Ohm min.	100 Ohm min.	54 Ohm min.
Voltaje receptor	+/- 15 V	+/- 12 V	+/- 7 V	- 7 a 12 V

Sensibilidad receptor	+/- 3 V	+/- 200 mV	+/- 200 mV	+/- 200 Mv
Resistencia receptor	3 a 7 kOhm	4 kOhm	4 kOhm	12 kOhm

Tabla II.II: Comparación entre estándares recomendados.⁶

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).

⁶ Fuente: <http://www.posline.com.mx/Documentos/RS232/RS232.htm>

Tiene limitaciones de velocidad y distancia de transmisión.

RS232 Baud Rate	Distancia metros (ft)
9600	30 m (100 ft)
4800	60 m (200 ft)
2400	150 m (500 ft)
1200	300 m (1000 ft)

Tabla II.III: Características tecnología RS-232.⁷

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.

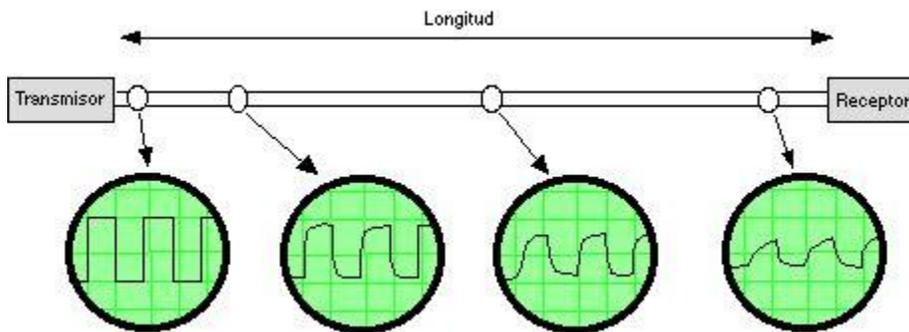


Figura II.4 Tratamiento de señales balanceadas.⁸

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

⁷ Fuente: <http://www.posline.com.mx/Documentos/RS232/RS232.htm>

⁸ Fuente: <http://www.posline.com.mx/Documentos/RS232/RS232.htm>

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.

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

Tabla II.IV: Niveles de Tensión.⁹

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.

2.5.2 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

⁹ **Fuente:** RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 260

miliamperios apareció en la década de los 60. Permite transmitir señales analógicas a gran distancia sin pérdida o modificación de la señal.

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.

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.

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).

2.5.3 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 sinodal, 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.

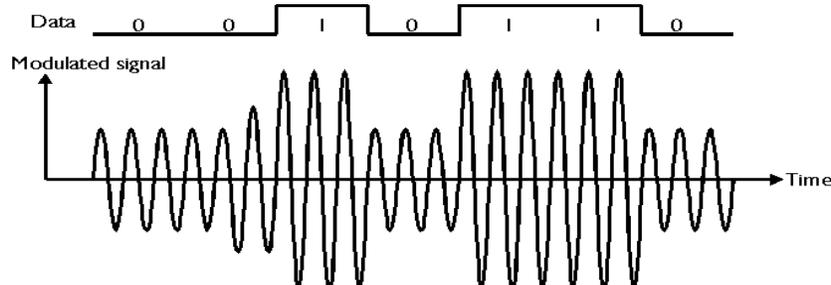


Figura II.5 Señal modulada.¹⁰

2.6 CONCEPTOS BASICOS

2.6.1 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:

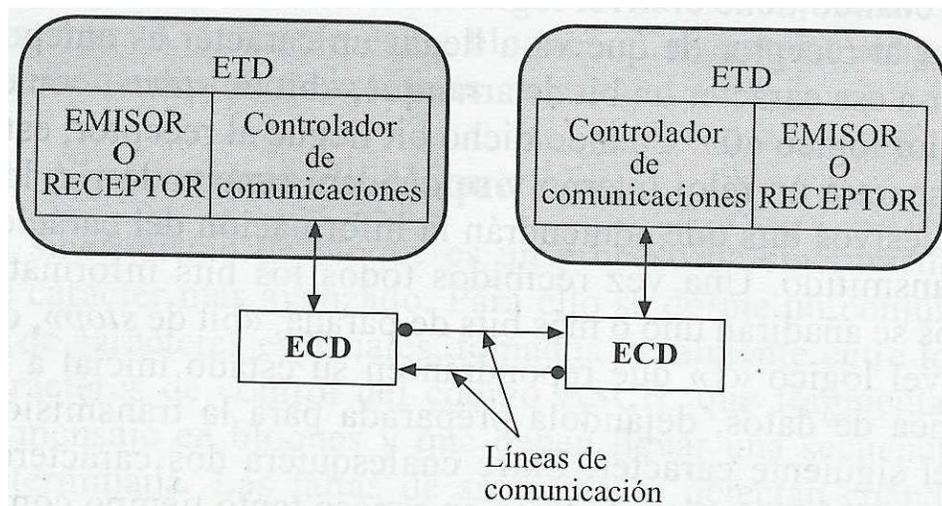


Figura II.6 Componentes de un enlace de datos¹¹

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

¹⁰ Fuente: <http://html.rincondelvago.com/tipos-de-modulacion.html>

¹¹ Fuente: RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 263

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.

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
AS-i	Control Discreto
Can	Control Discreto

Tabla II.V: Solución entre protocolos de comunicación.¹²

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.

¹² **Fuente:** RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 261

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)

2.6.2 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.

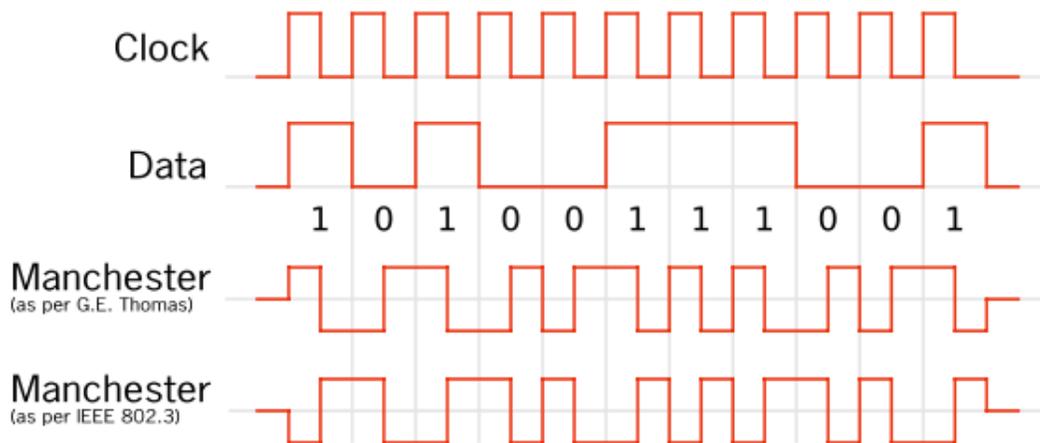


Figura II.7 Codificación Manchester.¹³

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 sub-intervalos, definiendo el nivel lógico del bit mediante el sentido del flanco entre el primer y segundo sub-intervalo.

2.6.3 Tipos de redes

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

Punto a punto

¹³ **Fuente:** RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 263

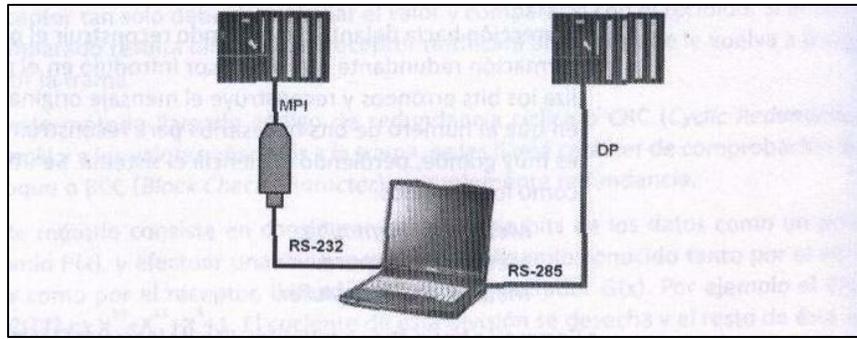


Figura II.8 Estructura de una red punto a punto¹⁴

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).

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.

¹⁴ **Fuente:** GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 42

Aplicaciones:

- Pocas estaciones y distancias cortas.

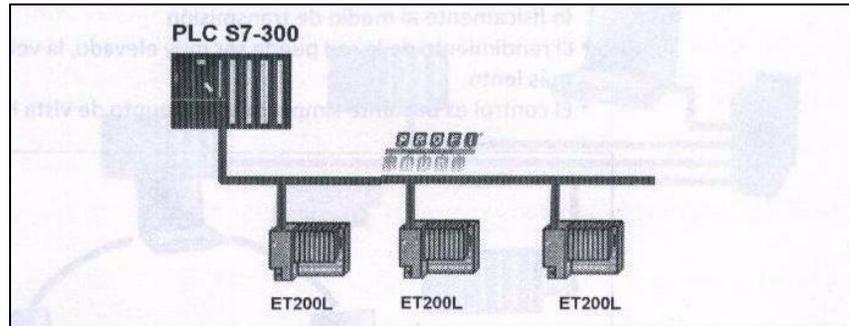
Bus

Figura II.9 Estructura de una red bus¹⁵

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.

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:

¹⁵ Fuente: GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 43

- 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 esta falla, la red se paraliza.

Aplicaciones:

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

Árbol

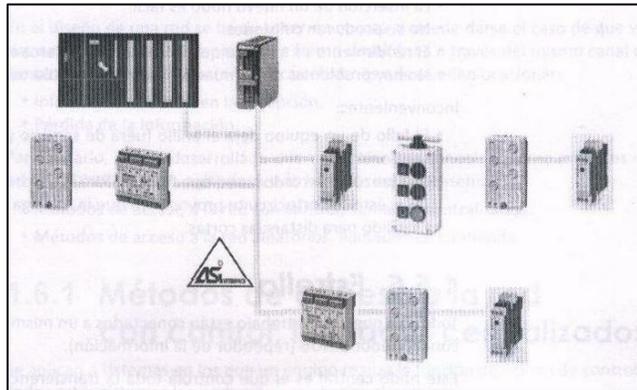


Figura II.10 Estructura de una red árbol¹⁶

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.

¹⁶ **Fuente:** GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 43

Anillo

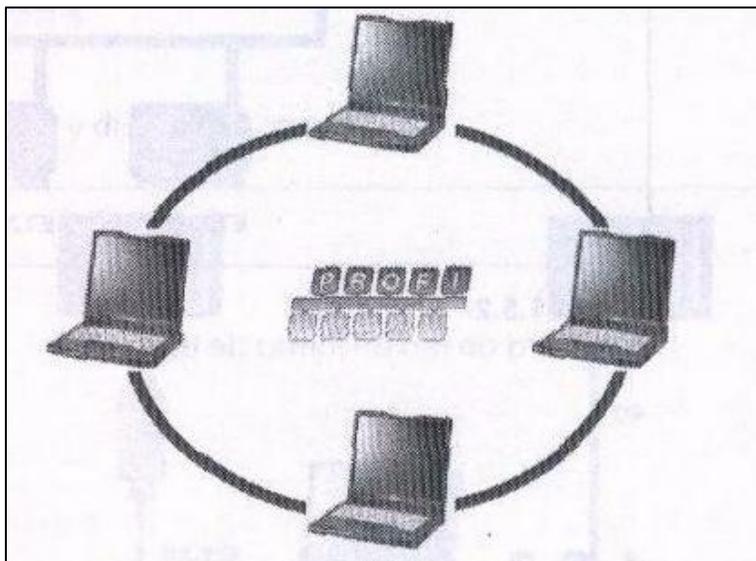


Figura II.11 Estructura de una red de anillo¹⁷

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.
- 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.

¹⁷ **Fuente:** GUERRERO, V., YUSTE, R., MARTINEZ, L., Comunicaciones Industriales., 1era. Ed., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., pág. 44

- 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 actúa 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.

Estrella

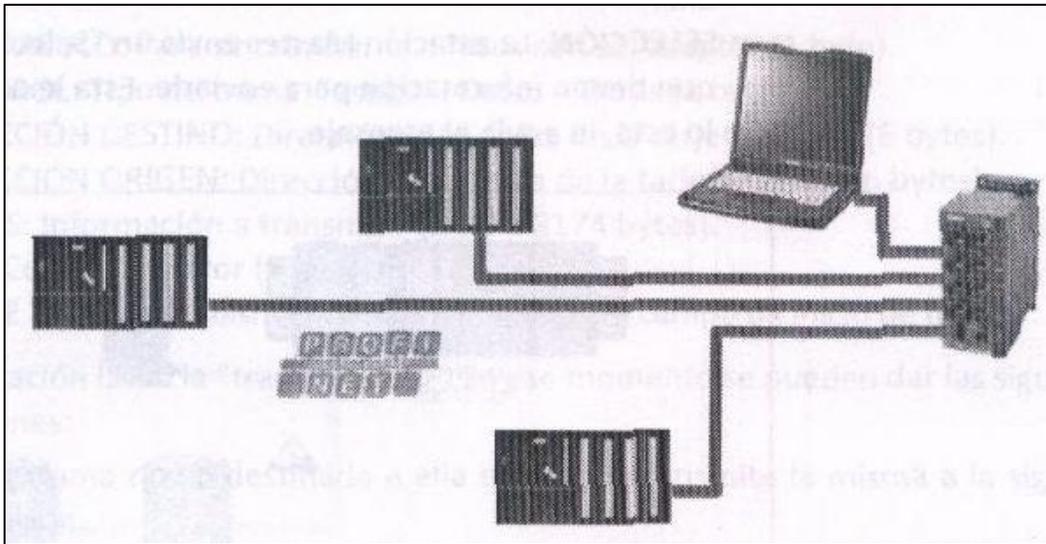


Figura II.12 Estructura de una red estrella¹⁸

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

¹⁸ **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 esta 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.

2.6.4 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 crítica (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.

2.6.5 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.

2.6.6 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 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.

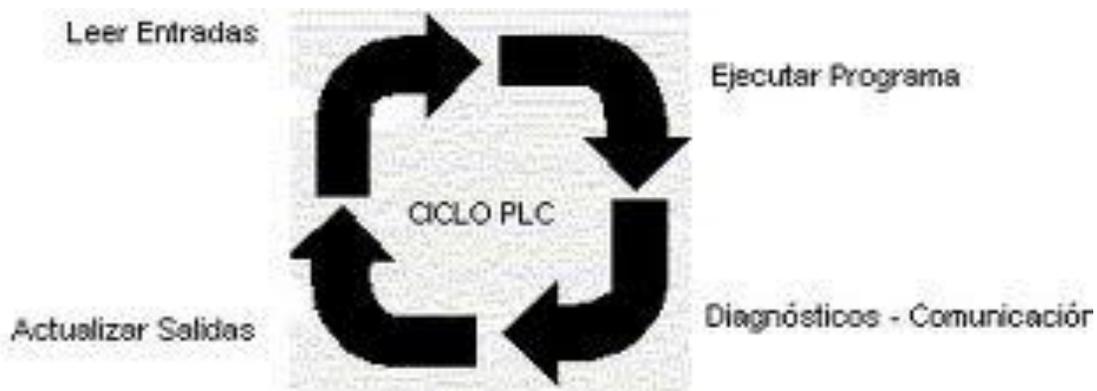


Figura II.13 Tiempo de ciclo¹⁹

2.6.7 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

¹⁹ **Fuente:** RODRÍGUEZ, A., Sistemas SCADA., 2da. Ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., pág. 274

estas 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.

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 tendría 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.

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.

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 convierta a TCP/IP no sirve para otro protocolo.

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 inteligente y flexible. 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

2.7 PIRAMIDE CIM (Computer Integrated Manufacturing)

La incorporación al entorno industrial de los Avances Tecnológicos proporciona: Aumento de la productividad, aumento de la calidad del producto, disminución del tiempo de

respuesta a cambios del mercado, reducción significativa de costos, por lo tanto las redes de comunicación permiten:

- Medio para la incorporación de la última tecnología a la industria.
- Integración completa del proceso productivo (desde el operario a los gestores y clientes).
- Reducción del tiempo de puesta en funcionamiento (40 % menos de cableado).
- Reducción de costos por modificación del sistema productivo.
- Automatización más Robusta y Controlable.

El gran número de ventajas que supone incorporar las comunicaciones a la producción ha hecho que todos los procesos se integren en un sistema único, lo que complica enormemente el diseño de dicho sistema; los requisitos en las distintas fases de producción con respecto a las redes de comunicación son muy distintos, por ejemplo en la fase de producción se necesita: Tiempo real, inmunidad a ruidos e interferencias, adaptación a riesgos especiales, simplificación del cableado, etc. En la fase de diseño se necesita acceder a grandes cantidades de información (sistemas CAD, estudios de mercado, etc...) no siendo crítico el tiempo de respuesta. Los Gestores de la empresa necesitarán acceso a bases de datos (producción, calidad, costes,...), comunicación con los clientes, proveedores, etc.

Por lo tanto solución es jerarquizar los niveles de comunicación, eligiendo los niveles según sus requerimientos. Cada subsistema de un nivel debe tener comunicación directa con los subsistemas del mismo nivel y con los de los niveles inmediatamente superior e inferior, por lo tanto se adopta una Jerarquización Piramidal.

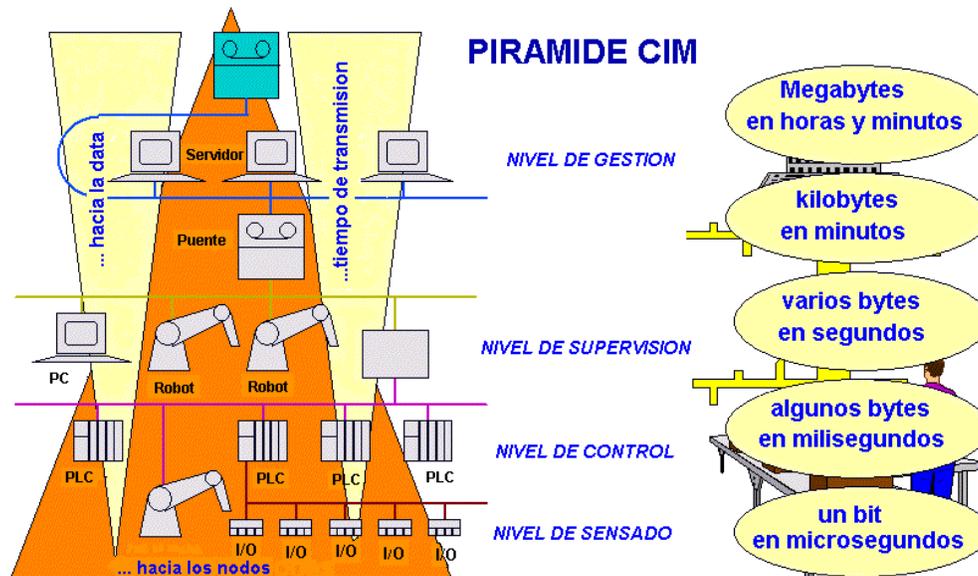


Figura II.14 Niveles de la pirámide CIM²⁰

Nivel de Acción / Sensado (nivel de célula): También llamado nivel de instrumentación. Está formado por los elementos de medida (sensores) y mando (actuadores) distribuidos en una línea de producción. Son los elementos más directamente relacionados con el proceso productivo ya que los actuadores son los encargados de ejecutar las órdenes de los elementos de control para modificar el proceso productivo, y los sensores miden variables en el proceso de producción, como por ejemplo: nivel de líquidos, caudal, temperatura, presión, posición. Como ejemplo de actuadores se tienen los motores, válvulas, calentadores.

Nivel de Control (nivel de campo): En este nivel se sitúan los elementos capaces de gestionar los actuadores y sensores del nivel anterior tales como autómatas programables o equipos de aplicación específica basados en microprocesador como robots, máquinas herramienta o controladores de motor. Estos dispositivos son programables y permiten que los actuadores y sensores funcionen de forma conjunta para ser capaces de realizar el proceso industrial deseado. Los dispositivos de este nivel de control junto con los del nivel inferior de acción/sensado poseen entidad suficiente como para realizar procesos productivos por sí mismos. Es importante que posean unas buenas características de

²⁰ Fuente: <http://automatizacion2008.blogspot.com/2008/03/piramide-cim.html>

interconexión para ser enlazados con el nivel superior (supervisión), generalmente a través de buses de campo.

Nivel de Supervisión (nivel de planta): En este nivel es posible visualizar cómo se están llevando a cabo los procesos de planta, y a través de entornos SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) poseer una “imagen virtual de la planta” de modo de que ésta se puede recorrer de manera detallada, o bien mediante pantallas de resumen ser capaces de disponer de un “panel virtual” donde se muestren las posibles alarmas, fallos o alteraciones en cualquiera de los procesos que se llevan a cabo.

Nivel de Gestión (nivel de fábrica): Este nivel se caracteriza por: Gestionar la producción completa de la empresa, Comunicar distintas plantas, Mantener las relaciones con los proveedores y clientes, Proporcionar las consignas básicas para el diseño y la producción de la empresa, en él se emplean PCs, estaciones de trabajo y servidores de distinta índole.

2.8 BUSES DE CAMPO

2.8.1 INTRODUCCION

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de maquina y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción. El objetivo de un bus de campo 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 costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.

El objetivo es reemplazar los sistemas de control centralizados por redes de control distribuido mediante el cual permita mejorar la calidad del producto, reducir los costos y mejorar la eficiencia. Para ello se basa en que la información que envían y/o reciben

dispositivos de campo es digital, lo que resulta mucho mas preciso que si se recurre a metodos analogicos. Ademas, cada dispositivo de campo es un dispositivo inteligente y puede llevar a cabo funciones propias de control, mantenimiento y diagnostico. De esta forma, cada nodo de la red puede informar en caso de fallo del dispositivo asociado, y en general sobre cualquier anomalia asociada al dispositivo. Esta monitorizacion permite aumentar la eficiencia del sistema y reducir la cantidad de horas de mantenimiento necesarias.

Las Redes Industriales como fruto de la convergencia entre ordenadores y controladores, permiten el control distribuido de los sistemas de automatización. Todos los que intervienen en la supervisión y el control se comunican por el mismo medio (cable UTP, Fibra Óptica o la interfaz RS-485), a su vez los diferentes procesos de la planta se pueden supervisar y controlar utilizando aplicaciones como el SCADA, que utilizando una topología bus, admiten ramificaciones que pueden llegar hasta 2 Km., que es habitual hoy en día para este tipo de redes.

En los Niveles inferiores, los buses, representan el eslabón final entre los dispositivos de campo (sensores y actuadores) y los esquemas de control y de gestión de un sistema de fabricación integrado, por medio de comunicaciones industriales. Constituyen el nivel más simple y próximo al proceso dentro de la estructura de las comunicaciones industriales. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de auto-diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.

El objetivo es reemplazar los sistemas de control centralizados, por redes de control distribuido, para mejorar la calidad del producto, reducir costos y mejorar la eficiencia. Para ello se basa en que la información que envían y reciben los dispositivos, es digital, lo que resulta más preciso que la información analógica del pasado. Además cada dispositivo de campo es 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 falla, 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.

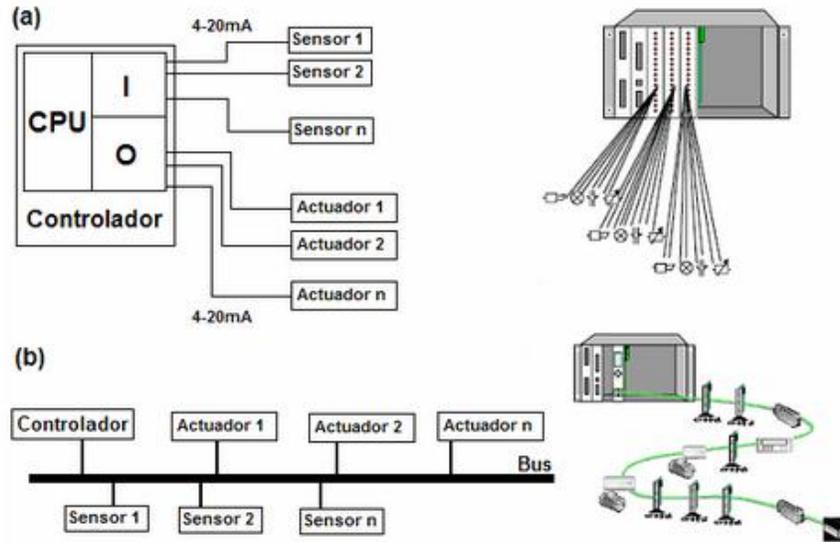


Figura II.15 (a) señales analógicas; (b) bus de campo²¹

2.8.2 NIVELES OSI EN LOS BUSES DE CONTROL

El modelo OSI (Open System Interconnection) fue una propuesta o base de referencia de ISO (International Standards Organization) para identificar y establecer una clasificación de las diferentes funciones de los sistemas y redes de comunicación.

El modelo OSI de 7 capas propuesto se mostró ineficiente para su utilización en redes industriales con requerimientos de baja latencia, debido a la sobrecarga que este modelo impone en cada capa. Para solventar este inconveniente, la mayoría de redes industriales utilizaron únicamente 3 de estos niveles:

- Nivel Físico
- Nivel de Enlace
- Nivel de Aplicación, (Usuario)

²¹ Fuente: http://dc193.4shared.com/doc/nxGv_awj/preview.html

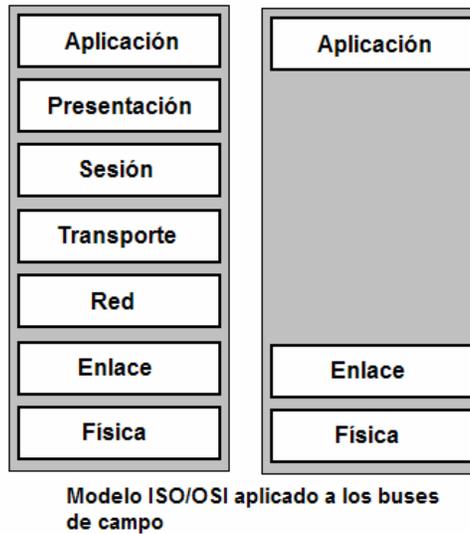


Figura II.16 Modelo OSI aplicado a los buses de campo²²

2.8.2.1 Nivel Físico

Los buses industriales normalmente se comunican en banda base y codificación digital NRZ (Non Return to Zero), o Manchester. La señalización consiste en la transmisión diferencial de tensión de las variables físicas observadas. En el caso de comunicaciones serie sobre conductores eléctricos, las variables utilizadas son el resultado de la diferencia de potencial o de corriente entre los valores censados y uno de referencia. Normalmente la información a transmitir corresponde a la combinación de valores binarios “1” o “0”.

El medio físico por excelencia es el par trenzado, la fibra óptica se utilizará en aplicaciones que requieran alta inmunidad a las interferencias electromagnéticas. La comunicación en modo común (diferencia de potencial entre dos conductores y masa de referencia) se utilizara en enlaces no balanceados tipo RS-232 para cortas distancias, el cual resulta susceptible a las interferencias.

2.8.2.2 Nivel de Enlace

La capa de enlace es la encargada de gestionar el envío de los paquetes de datos, al cual le agrega información redundante para el control de errores, que permitirá detectar y corregir

²² **Fuente:** http://dc193.4shared.com/doc/nxGv_awj/preview.html

el contenido de los paquetes mal recibidos en el receptor. En los buses de campo las tramas siguen formatos derivados del protocolo HDLC o similares. Como método de control y detección de errores se utilizan los códigos de redundancia cíclica (CRC) o la simple suma de comprobación de trama (Checksum). En los buses que utilizan comunicación asincrónica, cada palabra (byte), puede incluir un BIT de paridad que le permitirá el control de errores, además se incluye un CRC o checksum a nivel de trama.

Puesto que la mayoría de los buses industriales siguen una topología en bus, el control de acceso al medio es un tema importante, en el momento de elegir un bus industrial. Importante porque, a los requisitos de cualquier red de procesos de datos, se añaden requerimientos de tiempo real. Estos requisitos se traducen a una mayor necesidad de “determinismo”. Esto obliga a consideraciones adicionales, en los cuales podemos considerar los siguientes métodos de acceso al medio:

- Maestro-esclavo.
- Técnicas de Paso de Testigos.
- Técnica de CSMA/CD o variantes como ser CSMA/CA.
- Técnicas de división de tiempo (TDMA).
- Algoritmos de BIT dominante.

2.8.2.3 Nivel de Aplicación

Debido a que no necesitan estructuras complejas, las capas de red, transporte, sesión y presentación no son consideradas, de esta forma se pasa directamente de la capa de enlace de datos al nivel de aplicación. Pero también hay que tener en cuenta a veces que hay que realizar algún tipo de enrutamiento en la red, la gestión de envío de paquetes largos y consistentes de datos, el establecimiento de sesiones con un nodo o los cambios de presentaciones de datos, sin embargo esas características suelen incluirse como un aspecto

de la especificación de la capa de aplicación y, en todo caso, se trata de reducirlas al máximo.

Por lo tanto un modelo OSI reducido a utilizar en los buses de campo estaría compuesto por: las capas físicas, de enlace de datos y de aplicación.

2.8.3 TIPOS DE REDES DE CAMPO MÁS IMPORTANTES

Las redes de campo permiten que los controladores se comuniquen con dispositivos de entrada y salida de una manera parecida a cómo en una red local, un sistema que puede monitorear controladores. Esta configuración descentraliza el control en un sistema basado en controladores programables, permitiendo sistemas de control más grandes y rápidos. La topología (o arquitectura física) de una red de campo sigue la configuración tipo bus, donde los dispositivos de campo se conectan directamente ya sea a un controlador o a una red de área local.

La función básica de una red de campo es comunicar información y potencia a los dispositivos de campo. En una red de campo, los controladores manejan los dispositivos de campo directamente, sin el uso de módulos de entrada y salida; por lo tanto, el controlador se conecta y comunica con cada dispositivo de campo, utilizando el protocolo del bus. Una red de campo grande podría tener alrededor de 2048 o más dispositivos.

Los dispositivos de campo que se conectan a una red de campo, contienen inteligencia en la forma de microprocesadores y otros circuitos. Estos dispositivos se comunican no sólo el valor de la señal de campo, sino también información de diagnóstico y modo de operación.

Debido a que las diferentes tecnologías de red tienen diferentes capacidades, la elección del bus (o buses) adecuado(s) para su operación puede ayudar a minimizar el costo del proyecto y maximizar los beneficios de operación. Si hace la elección equivocada, en el mejor de los casos, le costará dinero y puede evitar que usted logre el mayor rendimiento, la mejor calidad y los menores costos de operación de lo que su planta es capaz.

2.8.3.1 Buses de alta velocidad y baja funcionalidad

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

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

2.8.3.2 Buses de alta velocidad y funcionalidad media

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

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

2.8.3.3 Buses de altas prestaciones

Son capaces de soportar comunicaciones a nivel de todos los niveles de la producción CIM. Aunque se basan en buses de alta velocidad, algunos presentan problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exigen. La capa de aplicación tiene un gran número de servicios a la capa de usuario, habitualmente un subconjunto del estándar MMS (Manufacturing Message Specification). Entre sus características incluyen:

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

Algunos ejemplos son:

- Profibus
- WorldFIP
- Fieldbus Foundation

2.8.3.4 Buses para áreas de seguridad intrínseca

Incluyen modificaciones en la capa física para cumplir con los requisitos específicos de seguridad intrínseca en ambientes con atmósferas explosivas. La seguridad intrínseca es un tipo de protección por la que el componente en cuestión no tiene posibilidad de provocar una explosión en la atmósfera circundante. Un circuito eléctrico o una parte de un circuito tienen seguridad intrínseca, cuando alguna chispa o efecto térmico en este circuito

producidos en las condiciones de prueba establecidas por un estándar (dentro del cual figuran las condiciones de operación normal y de fallo específicas) no puede ocasionar una ignición. Algunos ejemplos son HART, Profibus PA o WorldFIP.

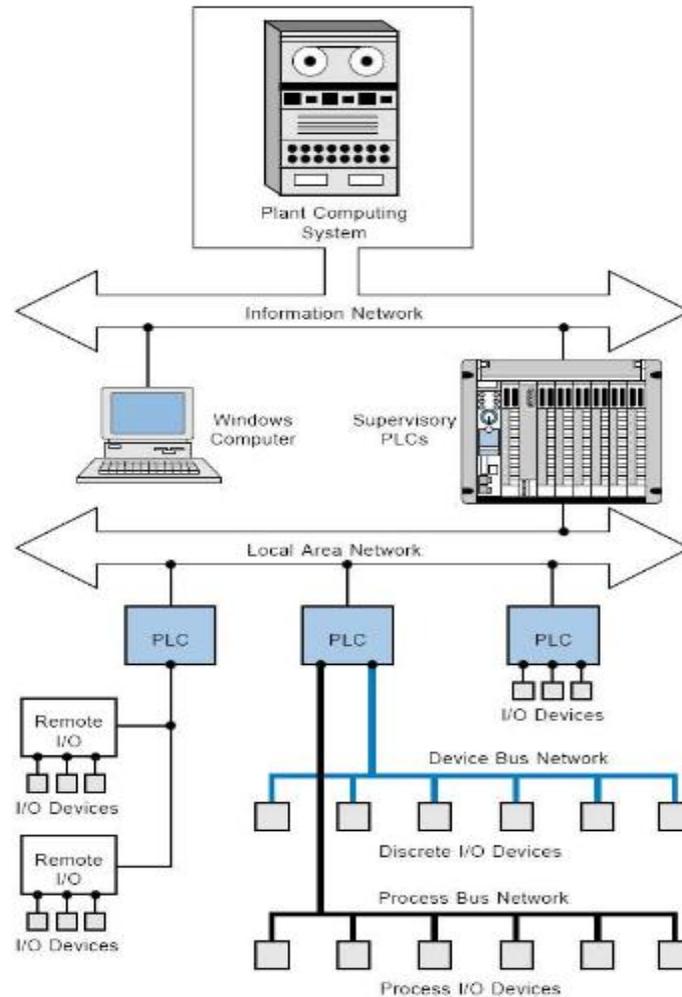


Figura II.17 Diagrama de Bloques de una Red²³

2.8.4 VENTAJAS DE LOS BUSES DE CAMPO

La principal ventaja que ofrecen los buses de campo, y la que los hace más atractivos a los usuarios finales, es la reducción de costos.

²³ Fuente: <http://ramonmedina.name/files/universidad/plc/plc0005.pdf>

El ahorro proviene fundamentalmente de tres fuentes: ahorro en costo de instalación, ahorro en el costo de mantenimiento y ahorros derivados de la mejora del funcionamiento del sistema.

Una de las principales características de los buses de campo es su significativa reducción en el cableado necesario para el control de una instalación. Cada componente sólo requiere un cable para la conexión de los diversos nodos. Se estima que puede ofrecer una reducción de 5 a 1 en los costos de cableado.

En comparación con otros tipos de redes, dispone de herramientas de administración del bus que permiten la reducción del número de horas necesarias para la instalación y puesta en marcha.

Además, los buses de campo permiten a los operadores monitorizar todos los dispositivos que integran el sistema e interpretar fácilmente las interacciones entre ellos.

De esta forma, la detección de las fuentes de problemas en la planta y su corrección resulta mucho más sencilla, reduciendo los costos de mantenimiento y el tiempo de parada de la planta.

La comunicación vía bus permite un intercambio de datos que sería más difícil y porque no imposible de transmitir en otro modo.

El intercambio se lleva a cabo por medio de un mecanismo estándar.

Estas razones verdaderas y legítimas desencadenan todas las ofertas de productores de esta tecnología, a detallar:

- Flexibilidad de extensión.
- Conexión de módulos diferentes en una misma línea.
- Posibilidad de conexión de dispositivos de diferentes procedencias.
- Distancias operativas superiores al cableado tradicional.
- Reducción masiva de cables y costo asociado.
- Simplificación de la puesta en servicio.

CAPÍTULO III

REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL AS-i

3.1 INTRODUCCIÓN

La interfaz actuador-sensor (AS-i) introduce nuevas bases tecnológicas en la concepción de las instalaciones y en la automatización, siendo robusta y suficientemente flexible, que cumple con todos los requerimientos para un bus de comunicación industrial ya que está especialmente diseñada para el nivel más bajo del proceso de control. De este modo, tanto el fabricante como el usuario obtienen ventajas económicas en relación con el diseño, la puesta en marcha y el mantenimiento de sus máquinas. Al contrario que los habituales buses de campo, AS-i tiene una estructura que permite su integración hasta el nivel de sensor.

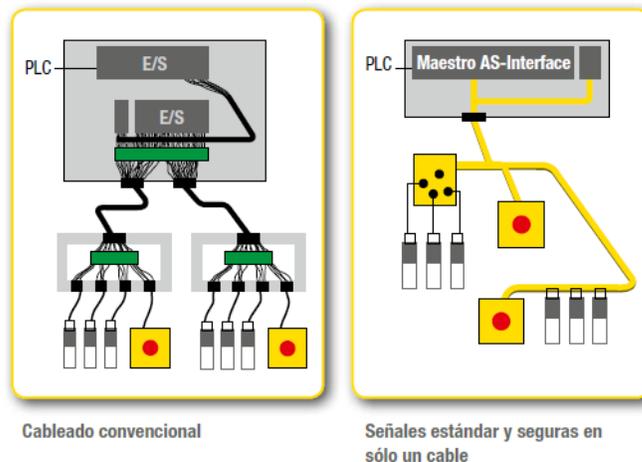


Figura III.1 Cableado convencional y cableado AS-i²⁴

Con el sistema AS-i el cableado se reduce drásticamente, ya que el conexionado paralelo convencional desde cada detector y/o actuador hasta el controlador ya no es necesario. De este modo, el usuario se ahorra un buen número de bornes, cajas de distribución, tarjetas de entrada y salida y mazos de cables.

3.2 HISTORIA Y EVOLUCIÓN

En 1990, en Alemania, un consorcio de empresas exitosas crea un sistema de bus para redes de sensores y actuadores, denominado Actuador Sensor Interface (AS-I).

Este sistema surgió para atender algunos requisitos definidos a partir de la experiencia de sus miembros fundadores y para abastecer el mercado cuyo nivel jerárquico está orientado a bit. De esta forma, la red AS-i fue desarrollada para complementar los demás sistemas y hacer más simples y rápidas las conexiones entre sensores y actuadores así como sus respectivos controladores.

En la automatización industrial existen diferentes jerarquías de comunicación. Según el nivel pueden encontrarse diferentes requisitos en cuanto a cantidad de datos y tiempo de ciclo. Los sistemas de bus de campo consolidados están dimensionados para la interconexión de periféricos como PLC, equipos de medida o accionamientos, con una demanda de información de hasta unos Kbyte en distintos formatos.

La red AS-i por el contrario, abarca de manera óptima las necesidades del nivel más bajo como son:

- Datos de pocos bits
- Transmisión rápida y segura
- Eficiente ante graves interferencias electromagnéticas
- Implementación sencilla y de bajo costo

²⁴ **Fuente:** <http://www.elion.es/descargar/catalogos/catalogos-representadas/catalogos-pdf/B-W-panoramaASI.pdf>

Por este motivo, la red AS-i no entra en el juego como mejor bus de campo, sino que actúa como complemento de ellos.

3.2.1 Versión AS-i 2.04

En las primeras redes, los esclavos de interconexión de los elementos finales permitían la conexión de cuatro entradas digitales y cuatro salidas digitales, resultando en un total de 124 entradas y 124 salidas en una sola red (especificación AS-i 2.0 o AS-i 1). Sin embargo, en esta arquitectura, el número máximo de esclavos está limitado a 31.

Sus principales características están relacionadas con la sustitución automática de un módulo en la red y el tiempo de actualización es fácilmente calculado por la multiplicación del número de módulos de entrada y salida por el tiempo determinado de actualización de la red para cada nodo (aproximadamente 150 μ s). Este cálculo simplificado no incluye la fase de gerenciamiento el cual puede ser despreciado para instalaciones típicas de la red.

3.2.2 Versión AS-i 2.14

Después de su introducción los usuarios rápidamente adoptaron la tecnología e impulsaron la demanda de nuevos requerimientos con relación a la versión. De esta forma, fue publicada la especificación para la red AS-i 2.1 (o AS-i 2).

Las nuevas funcionalidades incluidas en la versión 2.1 son:

- Ampliación del número de esclavos de 31 a 62.
- La capacidad máxima del bus aumentó a 248 + 186 E/S.
- El tiempo de ciclo cambio a 10ms.

Un bit adicional en el registro de status es utilizado para señalar errores de periféricos. La indicación de estado de funcionamiento de los esclavos fue estandarizada y ampliada.

Mejor tratamiento de señales analógicas, ampliando el espectro de actuación de las redes AS-i.

Los chips para la versión 2.1 de la red AS-i son producidos por dos consorcios distintos: Siemens y Festo desarrollan en conjunto el chip SAP4.1, pin a pin compatible con el chip SAP4, y el consorcio de otros ocho miembros (Bosch, Hirschmann, ifm electronic, Leuze, Lumberg, Klockner Moeller, Pepperl+Fuchs y Schneider Electric) desarrollan el chip A2SI. Ambos chips proporcionan todas las funcionalidades de la versión 2.1.

3.2.3 Versión AS-i 3.0

Hasta el año de 2005 el suceso mundial de la red AS-i, con aproximadamente 10 millones de nodos en operación, promovió la introducción de nuevos requerimientos para la red. Además, el creciente uso de Ethernet en protocolos industriales demandó soluciones de bajo nivel que superan las deficiencias inherentes de Ethernet (topología limitada, grandes paquetes de datos, alto costo en el uso de ruteadores, entre otros). Esta especificación atiende a los usuarios de forma a definir nuevos perfiles para datos discretos y analógicos además de la introducción de un perfil de transmisión de datos serial (especificación 3.0 o AS-i 3).

- Nodos de entradas y salidas discretas soportando direccionamiento extendido (A/B) con 4 entradas y 4 salidas;
- Nodos de entradas y salidas discretas soportando direccionamiento extendido (A/B) con 8 entradas y 8 salidas;
- Canal analógico configurable (8, 12 o 16 bits);
- Canal de datos discreto con comunicación serial full-dúplex.

Con estas nuevas características, la red AS-i se convierte en un socio ideal para cualquiera de otros protocolos industriales basados en la comunicación Ethernet. Gateway para Ethernet/IPTM, PROFINET, Modbus/TCP y otros están disponibles.

3.3 AS-i (Actuator Sensor Interface)

AS-Interface es una solución de red para sistemas de automatización industrial. Está diseñado para conectar en campo las E/S simples de dispositivos digitales tipos ON/OFF, analógicas y E/S de seguridad. Se usa simplemente un cable plano o redondo de dos conductores (cable AS-i) para conectar todos los esclavos al maestro con una topología

libre. Esta es la principal ventaja en comparación con el cableado convencional, en paralelo, donde cada señal debe ser conectada directamente al sistema de control. Datos y potencia se transmiten mediante el mismo cable AS-i. Todos los esclavos o módulos tienen su propia dirección para acceder a sus datos. Los esclavos pueden ser programados desde la dirección 1 a la 31 (esclavos sencillos), o, con direccionamiento extendido, hay 62 direcciones disponibles (1A a 31A y 1Ba 31B). Esclavos sencillos y con direccionamiento extendido pueden compartir la misma red.

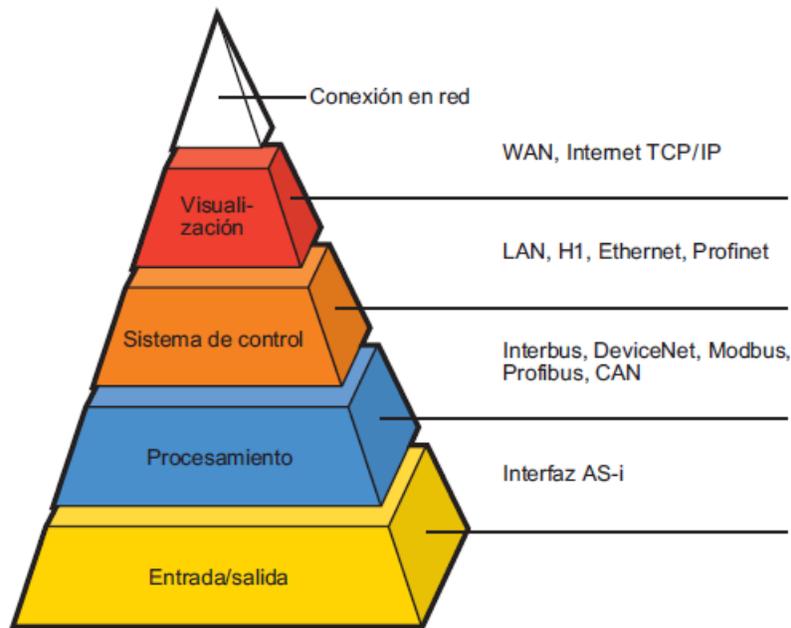


Figura III.2 Ubicación del Bus AS-i en la pirámide de automatización²⁵

El Maestro/Pasarela AS-i controla la red y actúa como un enlace directo al control de la máquina, tales como PLC, PC, DCS, etc. Una pasarela es un maestro AS-i, y al mismo tiempo un esclavo de la red del nivel superior (Profibus, Ethernet/IP, DeviceNet, CANopen, Modbus, etc.) AS-Interface es el nivel más bajo de la pirámide de automatización destinada a la red de Actuador/Sensor. Se utiliza una comunicación a nivel de bits para la mayoría de dispositivos binarios comunes de campo (sensor: botón pulsador, conmutadores, etc.) El nivel por encima de AS-i es el nivel de Dispositivos donde se realiza la implementación de dispositivos de campo complejo, sensores y actuadores y el intercambio de datos se

²⁵ **Fuente:** [http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/\\$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf](http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf)

produce sobre todo a nivel de bytes. El Nivel de Campo es el más alto nivel en la jerarquía de la automatización dónde se conectan equipos de control de producción en una instalación e instalaciones en diferentes plantas.

3.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA AS-i

La red AS-i se caracteriza por usar solamente un par de hilos, que transmite los datos y alimenta a los sensores o actuadores en 24Vcc y la información del estado de los mismos. La configuración máxima de la red es de 62 esclavos que son accedidos cíclicamente por un maestro en el nivel de control superior. El tiempo de reacción es pequeño, para todos los esclavos conectados, el tiempo de respuesta es de 10ms.

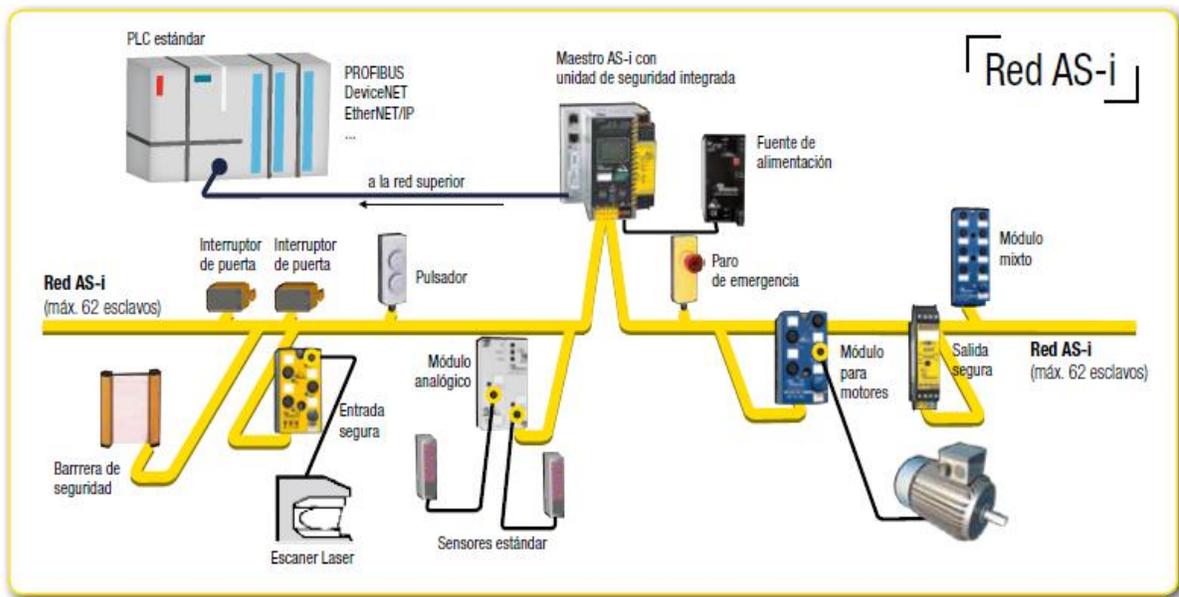


Figura III.3 Conexión AS-i²⁶

Anteriormente, los sensores y actuadores tenían que ser conectados al controlador a través de terminales, conectores y bloques de terminales. AS-i proporciona una reducción en los costos de instalación y mantenimiento. Ahora, un cable estandarizado con 2 hilos permite el intercambio de información y al mismo tiempo la alimentación de los equipos. Los esclavos son conectados directamente en el bus sin la necesidad de interconexión adicional.

²⁶ **Fuente:** <http://www.elion.es/descargar/catalogos/catalogos-representadas/catalogos-pdf/B-W-panoramaASI.pdf>

Características AS-i	
Topología (cableado)	Estructura de árbol en línea, en línea con ramales derivados, de anillo, de estrella
Medio	Cable de dos hilos no apantallado (cable plano AS-i)
Señales	Datos y energía a través de un cable, Max 8 ^a
Longitud de cable	100 m, prolongación posible mediante repetidor
Numero de esclavos por red	Hasta 62 esclavos
Datos útiles por esclavo	Datos de 4 bits (cíclicos), parámetros de bits (aciclicos), > 4 bits con protocolo de datos (multiplex)
Numero de E/S binarias (acíclicas)	124 E/S (esclavo único), 248 E + 186 S (Esclavos-A/B)
Procesamiento del valor analógico	31 x 4 canales posibles mediante el perfil de esclavo S 7.3
Número de E/S analógicas	124 palabras
Transmisión de datos,	Varios bytes, uni / bidireccionales
Número de maestros / redes	Opcional mediante multi-maestros, controladores o pasarelas
Tiempo de ciclo	5...10 ms
Tipo de acceso	Interrogación secuencial cíclica, sistema de maestro único
Direccionamiento	Dirección inequívoca y fija en el esclavo
Detección de errores	Identificación y repetición de telegramas erróneos

Tabla III.I: Características del sistema AS-i²⁷

3.5 VENTAJAS DEL SISTEMA AS-i

²⁷ **Fuente:** [http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/\\$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf](http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf)

El sistema AS-i ofrece muchas ventajas entre las cuales podemos citar las siguientes:

Cableado sencillo sobre dos conductores, mediante este cable es posible la transmisión de datos y energía, simplificando enormemente el uso de cables en comparación a la conexión paralelo convencional, permitiendo de esta forma una reducción en los gastos de cableado, además, al contar con estos tipos de conductores facilitan la instalación y la puesta en operación del sistema.

Rápido, se caracteriza sobre todo por los tiempos de ciclo ya que son relativamente cortos y los datos son enviados y recibidos en tiempo real.

Confianza, el sistema posee la capacidad de realizar un diagnóstico continuo de los actuadores y sensores conectados, permitiendo al operador detectar los fallos de una forma rápida en el caso de producirse.

Independiente de fabricantes, al ser un sistema abierto tiene la posibilidad de actuar con muchos dispositivos sin importar la marca, ya que todos son compatibles gracias a su configuración.

Mantenimiento cómodo, permite el intercambio de esclavos sin la necesidad de hacer cambios en la estructura ya que son de fácil inserción y de fácil intercambio.

Seguridad, alto nivel de seguridad de operación en un entorno industrial ruidoso, los esclavos poseen luces indicadoras en cada una de sus entradas y salidas permitiendo verificar si los sensores y actuadores funcionan de forma correcta o para corregir estos errores.

Flexibilidad, la expansibilidad es muy fácil de conseguir mediante la conexión de un módulo, direccionar y, luego conectar el cable de la red. Verificar si el LED de la fuente de alimentación está conectado, y luego, ver si está conectado al siguiente módulo. La red AS-i soporta cualquier topología de cableado sea este en estrella, bus, árbol, anillo o cualquier otra configuración con hasta 100 metros de cable, o bien, mediante la adición de repetidores es posible expandir el sistema hasta 300 metros. La red AS-i es de fácil instalación, ya que no necesita de terminadores en los puntos extremos.

Desempeño, los sistemas AS-i son eficientes y muy rápidos, siendo capaces de sustituir los sistemas grandes y con altos costos. Existen maestros AS-i especialmente desarrollados para comunicarse con los sistemas de control y proporcionan una integración perfecta, entre las tecnologías existentes. Lo mejor de todo es que se logra de una forma simple y sencilla.

3.6 COMPATIBILIDAD

AS-i es totalmente compatible con versiones anteriores. Esto significa que un maestro acorde con la última especificación 3.0 puede comunicar con todos los esclavos existentes hechos acorde a las diferentes especificaciones 2.0, 2.11 y 3.0. Esto garantiza la inversión a futuro.

3.7 MEDIO DE TRANSMISION

La red AS-Interface conecta los dispositivos más simples de las soluciones de automatización. Un solo cable une actuadores y sensores con los niveles superiores de control. AS-Interface es un sistema de red estandarizado (EN 50295) y abierto, que interconecta de manera muy simple actuadores y sensores.

La conexión de los elementos puede ser realizada en estructura de árbol, estrella, lineal o en combinación con las anteriores. Dado que no existen conexiones convencionales y reducen el número de interconexiones en bornes y conectores, no solamente reduce costos y tiempo de montaje, también reduce errores.

En esta tecnología la conexión es usando cables paralelos, cada contacto individual de un equipo es conectado separadamente por las terminales y bornes de sensores y actuadores. La red AS-i sustituye múltiples cables, cajas de paso, canaletas, ductos de cables por un simple cable especialmente desarrollado para la red AS-i.

La red AS-i se caracteriza por ser solamente un par de hilos, que transmite los datos y alimenta a los sensores o actuadores en 24Vcc y la información del estado de los mismos. La configuración máxima de la red es de 62 esclavos que son accedidos cíclicamente por un maestro en el nivel de control superior. El tiempo de reacción es pequeño, para todos los esclavos conectados, el tiempo de respuesta es de 10ms.

Anteriormente, los sensores y actuadores tenían que ser conectados al controlador a través de terminales, conectores y bloques de terminales. AS-i proporciona una reducción en los costos de instalación y mantenimiento. Ahora, un cable estandarizado con 2 hilos permite el intercambio de información y al mismo tiempo la alimentación de los equipos. Los esclavos son conectados directamente en el bus sin la necesidad de interconexión adicional.

Un cable flexible de dos vías fue diseñado como estándar para la red AS-i. Existe otro cable de forma redonda que se usa solamente cuando es especificado por el fabricante.

3.8 CICLO DE LECTURA Y ESCRITURA EN LOS ESCLAVOS

El sistema de acceso al medio está basado en un sistema maestro-esclavo, en el que en el ciclo de lectura/escritura sobre los esclavos en una red AS-i está basada en un sistema conocido como polling, en donde el maestro en primer lugar realiza una llamada a todos y cada uno de los esclavos tipo “A” o únicos en donde copia el estado de sus entradas y les fuerza la salida al estado indicado por el programa en cada momento, desde el esclavo 1 o 1A hasta el esclavo 31 o 31A uno tras otro y en ese orden.

Una vez finalizado, inicia el mismo proceso pero ahora con los esclavos tipo “B”, de igual forma desde 1B hasta 31B.

Al ser un sistema determinista nos asegura que en 5ms ha realizado la actualización de datos en los 31 esclavos tipo A y en otros 5ms asegura la actualización de datos en los 31 esclavos tipo B, lo que indica que si tenemos los 62 esclavos conectados en una misma red, el maestro AS-i habrá actualizado los datos en un tiempo de 10 ms.

La estructura del sistema está formada por un autómata programable que integra la CPU y el maestro AS-i, es desde aquí de donde parte la red AS-i, en donde se conectan los diferentes esclavos.

El maestro AS-i tiene su propio procesador, realizando la función de actualizar todos los datos en los esclavos conectados a la red, y los guarda en su memoria no volátil que trae integrada. De esta manera leerá todos los datos de entrada de los diferentes esclavos y los

copiara en su memoria, así como también escribirá en sus salidas el estado que se encuentre grabado en su memoria.

La CPU deberá realizar el traslado de los datos del estado actual de las entradas, así como del estado en el que se deseen poner las salidas de cada uno de los esclavos conectados a la red.

Para ello se deberá asignar un espacio en la memoria de datos del PLC. Puede ser el área de marcas, aunque lo más común es reservar un área de bloque de datos. Entonces, el PLC en primer lugar copia los datos registrados en la memoria del maestro AS-i que correspondan a las entradas de cada uno de los esclavos, y a continuación ya podrá hacer uso de estos datos que seguramente necesita el programa correspondiente, y por último enviara los datos que correspondan al estado en el que deseen deben estar las salidas de los esclavos al maestro AS-i.

3.9 AUTOMATIZACIÓN DESCENTRALIZADA

Desde hace mucho tiempo, las personas prácticas han sabido reconocer las ventajas de la automatización descentralizada. Mientras que hace algunos años se solían utilizar controladores cada vez más grandes, con un mayor rendimiento, y con un control centralizado de las instalaciones, ahora se tiende a soluciones más repartidas. En la misma instalación, se procesan funciones importantes en un controlador pequeño y descentralizado. Sólo una pequeña cantidad de información importante se transfiere a un ordenador central.

Las ventajas de los sistemas descentralizados son las siguientes:

- Programas más cortos y sencillos, con lo cual también se hace más fácil la puesta en marcha de los distintos segmentos de una instalación.
- Reducción de los paros de máquinas, ya que si una unidad tiene una avería, la instalación sigue funcionando sin restricciones.
- Cableado más corto, intercambio de datos entre los controladores a través de sistemas de bus.

- Montaje sencillo y rápido, opciones de ampliación.
- Proyección y programación general mediante el estándar común “Automation Alliance”.

Debido a su sencilla estructura, AS-i está predestinado para su empleo en el ámbito de los detectores / actuadores y en los controladores descentralizados.

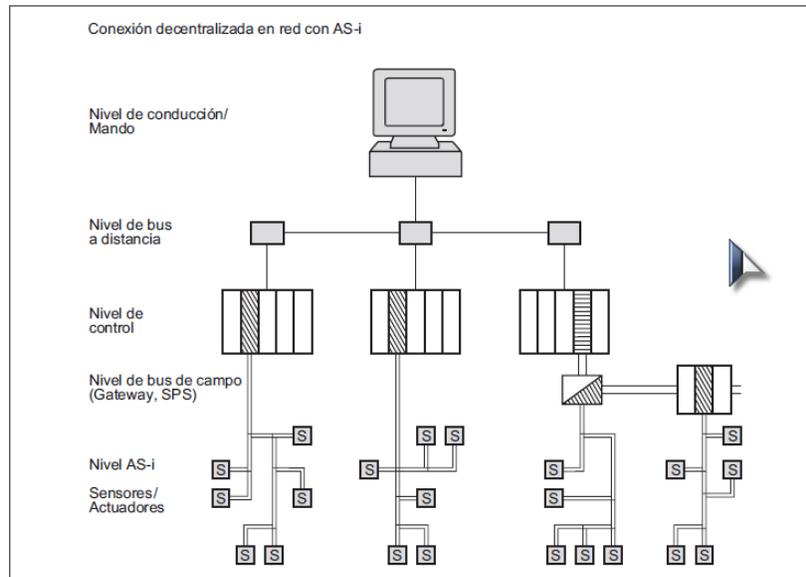


Figura III.4 Conexión descentralizada con AS-i²⁸

3.10 DESVENTAJAS DE AS-i

La red AS-i fue desarrollada y optimizada para uso en aplicaciones debajo de los buses de campo. Así mismo, algunas capacidades de los buses de campo de alto nivel no pueden ser realizadas en AS-i.

- Los datos transmitidos en AS-i son limitados a 4 bits por esclavos, que pueden ser cambiados a cada ciclo. Los mensajes largos pueden ser transmitidos dividiéndolos en varios ciclos. Esto puede ser usado en procesos dinámicos lentos, como presión o temperatura.

²⁸ **Fuente:** [http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/\\$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf](http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf)

- AS-i es estrictamente maestro-esclavo, con exploración cíclica por esclavos. Esto impide la transmisión asíncrona por los sensores y actuadores. Los esclavos deben esperar 10 ms (en caso de una red con 62 esclavos) hasta ser llamado nuevamente.
- La transferencia de datos de esclavo a esclavo sólo es posible a través del maestro.
- La limitación de longitud del cable es de 100m, sin el uso de repetidores. Esta limitación física se debe al mantenimiento de otros criterios, como el tiempo de ciclo de la red, tipo de topología libre y sin exigencia de resistores de terminación.

3.11 COMPONENTES SISTEMAS AS-i

La configuración mínima de un sistema AS-i consta de un maestro, los esclavos y una alimentación AS-i. En caso necesario, el usuario puede instalar de forma adicional en la red AS-i monitores de seguridad, repetidores, controladores de defecto a masa y otras herramientas de diagnóstico.

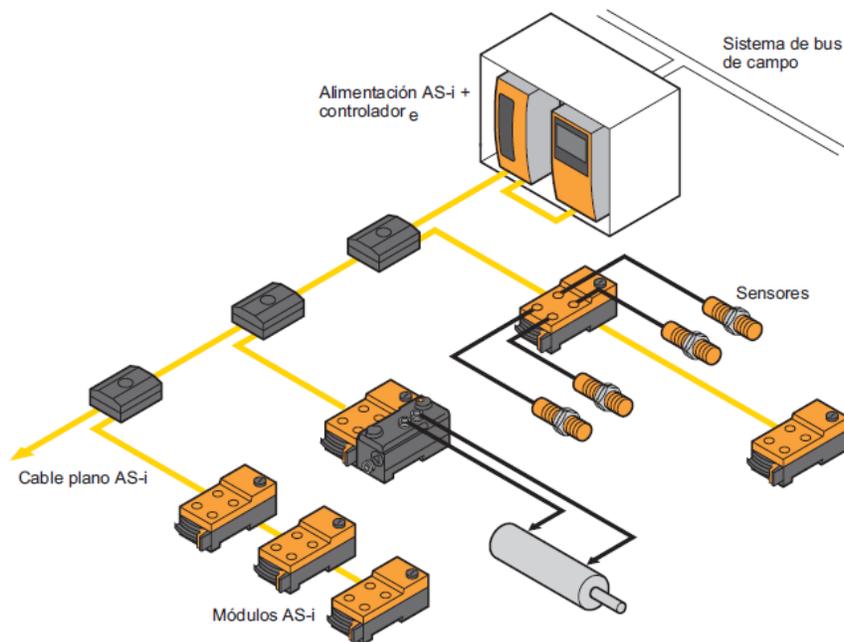


Figura III.5 Componentes de AS-i²⁹

²⁹ Fuente: [http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/\\$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf](http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf)

Los componentes básicos de los sistemas AS-i son:

- Fuente de alimentación AS-i
- Maestros
- Esclavos
- Fuente de alimentación estándar
- Cables y conectores
- Repetidor AS-i
- Extensor
- Direccionador

3.11.1 Fuente de alimentación AS-i

Las fuentes AS-i están adaptadas a la gama Phaseo estándar, la oferta de fuentes de alimentación ASI ABL está destinada a proporcionar la tensión continua necesaria para los sistemas de cableado AS-Interface. Se clasifica en tres categorías que permiten responder a todas las necesidades en cuanto a cofres, células o armarios de las aplicaciones industriales. Las fuentes Monofásicas, electrónicas y conmutadas, garantizan la calidad de la corriente de salida, adaptándose a las características eléctricas.

AS-I ABLB300

Alimentada en corriente alterna entre 100 y 240 V, la fuente de alimentación suministra una tensión continua de 30 V. Clasificada en 2,4 y 4,8 A, las borneras aguas abajo permite conectar el bus por separado en los interfaces AS-Interface y maestro AS-Interface. Los LED de la entrada y la salida permiten diagnosticar de forma rápida y permanente.

ASI ABLD300

Alimentada en corriente alterna entre 100 y 240 V, la alimentación suministra una tensión continua de 30 V.

Clasificada en 2,4 y 4,8 A, permite diagnosticar y gestionar el defecto de conexión a tierra de los interfaces AS-Interface. En efecto, en caso de defecto de tierra, la alimentación

Phaseo detiene el diálogo en el sistema de cableado AS-Interface y repliega la instalación. Sólo un acuse de recibo voluntario permite el re arranque. Dos entradas/salidas permiten dialogar con una unidad de tratamiento. La bornera agua abajo sirve para conectar el cable AS-Interface por separado en los interfaces y el maestro. Los LED de la entrada, la salida y de defecto de tierra permiten diagnosticar de forma rápida y permanente.

ASI ABLM3024

Alimentado en corriente alterna entre 100 y 240 V, el producto ofrece dos verdaderas fuentes de alimentación totalmente independientes en su modo de funcionamiento.

Existen dos tensiones de salida 30 V/2,4, 4 A (alimentación de la línea AS-Interface) y 24 V/3 A, lo que permite así alimentar el equipo de control sin necesidad de emplear alimentación adicional. Los LED de la entrada y la salida permiten diagnosticar de forma rápida y permanente.

Además de los distintos tipos de fuentes que se puede utilizar existen ciertas ventajas que ofrecen las fuentes AS-i como por ejemplo:

Balanceamiento

La fuente también es responsable de balancear a la red AS-i. AS-i es operado como un sistema simétrico, no aterrizado. Para inmunidad a los ruidos el cable AS-i debe ser instalado de forma simétrica lo mas posible. La conexión de blindaje debe ser conectada en un punto apropiado de la máquina o sistema. También ese punto debe ser conectado a tierra (GND) del sistema.

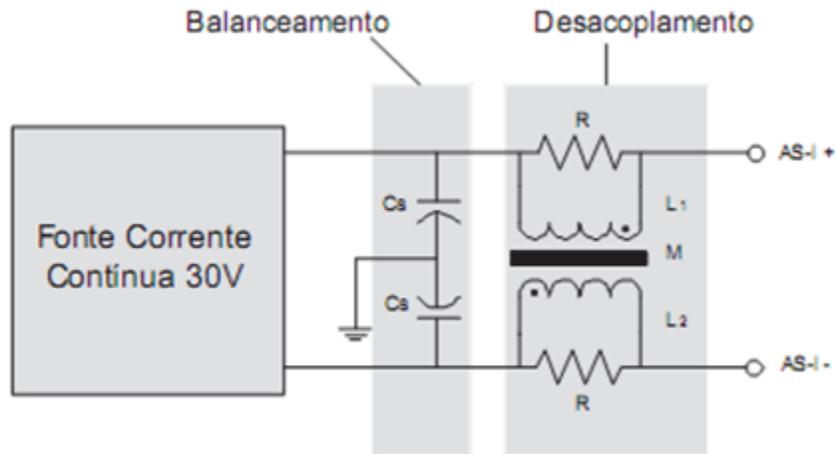


Figura III.6 Diagrama simplificado de la fuente AS-i³⁰

Desacoplamiento de los datos

Otra función de la fuente de alimentación es proveer el desacoplamiento de los datos. La red de desacoplamiento, que en general se encuentra en el mismo módulo de la fuente de alimentación, consiste de dos inductores de $50\mu\text{H}$ cada uno (L_1 y L_2) y dos resistores en paralelo de 39Ω cada uno. Los inductores realizan una operación de diferenciación sobre los pulsos de tensión para convertir los pulsos de corriente generados por los transmisores conectados a la red. Al mismo tiempo, previenen un corto circuito en el cable. El acoplamiento entre los inductores debe ser lo más cercano posible de 1, lo que equivale a decir que la inductancia mutua debe ser de aproximadamente de $200\mu\text{H}$.

Seguridad

La última función es una consideración de seguridad. El sistema AS-i fue diseñado como un sistema para tensiones pequeñas con aislamiento seguro (*Protective Extra Low Voltage*). Esto significa que de acuerdo con los estándares IEC relevantes, "aislante seguro" es requerida de la fuente entre la red de alimentación y la red AS-i.

3.11.2 Maestro AS-i

³⁰ Fuente: http://www.smar.com/images/figura7_8_ASI.png

La CPU del autómata programable por sí solo no es capaz de controlar una red AS-i, ya que no dispone de la conexión necesaria para hacerlo. Por esta razón es necesaria la conexión de una tarjeta de ampliación conectada al autómata, para que de esta manera realice las funciones de maestro de la red AS-i.

El maestro posee la función más importante dentro de cada red AS-Interface. Es responsable del control de toda la comunicación de la red. AS-i es un sistema mono maestro, lo cual significa que sólo se puede conectar un maestro por red. El maestro gestiona el intercambio de datos cíclicos con los esclavos conectados, supervisa las respuestas y proporciona los datos al procesador principal. El procesador principal consta generalmente de un PLC o de un controlador equivalente, en el cual se procesan los datos AS-i.

El módulo maestro TWDNOI10M3 para sistema de cableado AS-Interface confiere al controlador Twido la función de maestro AS-Interface. El sistema de cableado consta de una estación maestra 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.

El módulo maestro TWD NOI 10M3 gestiona con el perfil AS-Interface M3:

- Equipos esclavos “Todo o Nada” (62 equipos como máximo organizados en 2 bancos A y B de 31 direcciones cada uno)
- Equipos analógicos (7 equipos como máx. en banco A).
- El número máximo de módulos TWD NOI 10M3 por controlador Twido es 2.

Los distintos equipos conectados al sistema de cableado sólo pueden alimentarse con una alimentación AS-Interface, que debe situarse preferentemente cerca de las estaciones que consuman más energía.

3.11.3 Esclavo AS- i

Los esclavos contienen la electrónica de AS-Interface y también posibilidades de conexión para sensores y actuadores, y pueden usarse en el campo o en el armario eléctrico. Los esclavos intercambian cíclicamente sus datos con un maestro, el cual será el encargado de gestionar el tráfico de datos a través de la red.

En un bus AS-i pueden conectarse hasta 62 esclavos. Las estructuras compactas y descentralizadas son posibles tanto en armarios eléctricos como a pie de máquina, como en módulos con un alto grado de protección.

Los esclavos AS-i pueden conectarse al bus de tres formas:

Sensores-actuadores convencionales, Se conectan al bus mediante módulos de E/S.

Sensores-actuadores convencionales con capacidad de comunicación, Se conectan directamente al bus AS-i mediante una interfaz dedicada.

Sensores-actuadores integrables en AS-i, se conectan directamente al bus. Pueden contener parámetros configurables desde el maestro.

Tipos de Módulos

Módulos Activos que contienen un Chip ASIC que permiten la conexión de sensores y actuadores convencionales.

Módulos Pasivos sin electrónica integrada, la conexión de sensores/actuadores se da mediante Chip ASIC.

Los módulos también tienen su división y es la siguiente:

- El *módulo de Acoplamiento* permite la fijación del módulo en el perfil normalizado, y su conexión con el cable AS-i.

- En el *módulo de Usuario* se encuentran las conexiones de E/S, los indicadores de funcionamiento de los sensores, actuadores y el indicador de funcionamiento del módulo.

3.11.4 Fuente de alimentación estándar

Para algunos de los esclavos es necesaria la conexión de un elemento adicional como es una conexión de 24V VDC estándar, para dar mayor potencia a los sensores y actuadores que están en la red conectados al esclavo. Para identificar que esclavos necesitan dicha alimentación se realiza básicamente una inspección ocular, fijándonos en dos aspectos muy importantes como son:

- Dispone de borneras de conexión en donde haga referencia a algo igual o similar a *POWER EXT.*
- Dispone de un led indicador de fallo con referencia a algo igual o similar a *AUX POWER.*

3.11.5 Cables y Conectores

El cable AS-i se ha diseñado como cable bifilar engomado, el perfil especial impide que se puedan conectar estaciones con la polaridad incorrecta. El cable plano amarillo es el estándar, su geometría es fija y asimétrica, se encarga de transmitir los datos de toda la red y la alimentación a los sensores conectados en la misma. Para los actuadores se necesita una alimentación auxiliar (tensión auxiliar de 24 V DC o 230 V AC), para el cable de alimentación auxiliar a 24 V DC se utiliza un cable de color negro, y para el cable de alimentación auxiliar a 230 V AC se utiliza el mismo cable pero en color rojo.

No es necesario cortar, pelar ni atornillar el cable. Para este tipo de conexión se dispone de módulos de acoplamiento en técnica de perforación de aislamiento. El cable AS-i es auto cicatrizante. Esto significa que los agujeros producidos por las cuchillas de contacto en el revestimiento de goma del cable se cierran por sí mismos, restableciendo el grado de protección IP67, en el que IP significa Internal Protección, y el 6 se refiere a la protección

contra partículas sólidas y el 7 a la protección contra fluidos. En caso de montaje del cable en un módulo AS-i, el propio cable hermetiza el orificio de entrada.

Colores de los hilos	
Cable AS-i amarillo:	
A+	Polo positivo AS-i marrón
A-	Polo negativo AS-i azul
Cable de tensión auxiliar negro:	
E+	Polo positivo de 24 V marrón
E-	Polo negativo de 24 V azul

Figura III.7 Descripción de los hilos de cable AS-i³¹

AS-i es el único sistema de bus que ha sido desarrollado para cables de dos hilos no apantallados. Las derivaciones y ramificaciones son factibles en cualquier parte de la instalación, incluso después del montaje.

Como cable de red puede emplearse cualquier bifilar de 2 x 1.5 mm² sin apantallamiento ni trenzado, sin embargo, se recomienda utilizar el Cable Amarillo por sus virtudes:

- Conectable por perforación de asilamiento.
- Codificación mecánica para evitar los cambios de polaridad, es decir, el perfil del cable es asimétrico, lo que impide que sea conectado de forma inadecuada a los restantes dispositivos de la red.
- Grado de protección IP65/67.
- Auto cicatrizante, lo que permite la desconexión segura de los esclavos manteniendo el grado de protección IP65/67.

Existe módulo sin electrónica integrada que adapta el cable AS-i a otros normalizados, como el cable redondo con conector M12.

³¹ **Fuente:** [http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/\\$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf](http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf)

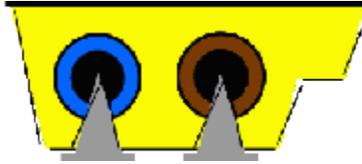


Figura III.8 Cable AS-i auto cicatrizante³²

Otros Cables Auxiliares utilizables en AS-i son:

Cable Negro

Se utiliza para proporcionar una alimentación auxiliar de 24 V DC a los esclavos AS-i.

Cable Rojo

Función similar al cable negro, pero para una alimentación auxiliar de 220 V AC.

Cable Amarillo Resistente

Variante adaptada para resistir materiales hostiles, engrasantes, gasolina, etc. Este cable pierde la cualidad de auto cicatrización por ser de un material distinto al cable amarillo estándar.

Cable Redondo

Es igual que el cable amarillo, pero no tiene su perfil característico.

Cable Redondo Apantallado

Idéntico al anterior, pero los hilos están recubiertos por una malla que añade inmunidad frente al ruido eléctrico.

³² **Fuente:** http://www.uhu.es/antonio.barragan/files/archivos_usuarios/AAI/cable_amarillo.gif



Figura III.9 Cable amarillo y negro AS-i³³

En cuanto a los conectores, estos se utilizan cuando se quieren conectar un dispositivo estándar, ya sea sensor o actuador, a esclavos del bus AS-i.

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



Figura III.10 Conector para esclavos AS-i³⁴

3.11.6 Repetidor de AS-Interface

El repetidor de AS-Interface está previsto para el uso en un entorno de interfaz de actuadores/sensores. El aparato se utiliza para franquear la limitación de la longitud del AS-Interface, de 100m. De este modo, un segmento existente de 100m se puede extender en como máximo otros dos segmentos de 100m.

³³ **Fuente:** <http://img-europe.electrocomponents.com/largeimages/R623781-01.jpg>

³⁴ **Fuente:** http://www.drives.co.uk/images/news/news-2010/PF_G10_AS_i_connector.jpg

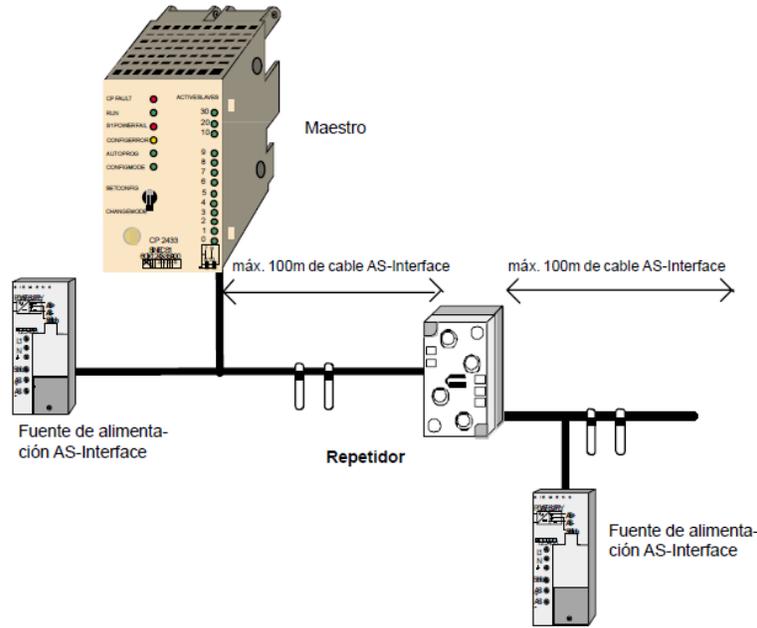


Figura III.11 Conexión de repetidor³⁵

Uso del repetidor

El repetidor AS-Interface se utiliza si deben funcionar esclavos en todos los segmentos del cable. En cada segmento de AS-Interface (antes y después del repetidor) se necesita entonces también una fuente de alimentación AS-Interface independiente. El repetidor presenta las siguientes características:

- Es posible la prolongación de la longitud del cable a un máximo de 300m.
- Pueden utilizarse esclavos a ambos lados del repetidor.
- Se requiere una fuente de alimentación de corriente a cada lado del AS-Interface.
- Separación galvánica de los dos tramos de cable.
- Indicación separada de la tensión correcta en cada lado.
- Está integrado en la caja del módulo de usuario estándar.

3.11.7 Extensor

Cuando en una Red AS-i un dispositivo que actúa como maestro está alejado del resto de sensores y actuadores, puede ser necesario añadir un extensor. Éste, es un componente

³⁵ Fuente: <http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/apt01.pdf>

pasivo que tiene como función duplicar la longitud máxima que puede tener el cableado de un sensor o actuador en un segmento AS-Interface, es decir, tiene la capacidad de ampliar un tramo de red de 100 a 200 metros.

Además, para alimentar a los esclavos conectados al segmento de hasta 200 metros de largo no se requiere más que una fuente de alimentación, la cual, se conectará al punto más alejado de la red As-i.



Figura III.12 Extensor Siemens³⁶

Para el caso del extensor, el dispositivo cuenta con un conector macho M12 que permite conectarlo rápidamente con la derivación AS-Interface M12 en un grado de protección IP67.

El extensor o también llamado *Extensión Plug* lleva integrado un detector de subtensión que vigila la tensión del AS-Interface a fin de garantizar que al final del cable de bus aún siga habiendo la tensión necesaria. En caso de que no la hubiera, el alargador Extensión Plug lo señala con un LED de diagnóstico situado en la parte superior del dispositivo.

3.11.8 Direccionador

Los esclavos traen almacenada la dirección 0 por defecto. Como cada esclavo en una Red AS-i necesita de una dirección propia, ya que en el caso de que varios de ellos tengan una

³⁶ Fuente: http://www.uhu.es/antonio.barragan/files/archivos_usuarios/67/extensor.jpg

misma dirección se producirán errores en la red, entonces se necesita de un dispositivo capaz de asignar a cada esclavo una dirección única.

El terminal de direccionamiento reconoce al esclavo y le asigna una dirección comprendida entre 1 y la 31. Además, incorporan un conector M12 para sensores o actuadores inteligentes.



Figura III.13 Direccionador AS-i³⁷

Otras características que tienen los Terminales de Direccionamiento son:

- Realizan test de funcionamiento a los esclavos.
- Diagnósticos para sensores digitales y analógicos.
- Son capaces de detectar la completa configuración del sistema.
- Tienen memoria.
- Hacen la función de pasarela con el PC.

3.12 MODO MAESTRO

Existen aspectos fundamentales de las tareas y las funciones de un maestro AS-i por lo tanto es importante comprender las funciones, los modos de operación y las interfaces que se ofrecen con los módulos maestros AS-i.

³⁷ Fuente: http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/48169793/P_IC02_XX_00023i.jpg

3.12.1 Principio Maestro-Esclavo

El AS-Interface trabaja según el principio Maestro-Esclavo. Esto significa que el maestro AS-i conectado al cable AS-i controla el intercambio de datos con los esclavos AS-i a través de la interfaz con el cable AS-i.

A través de la interfaz existente entre la CPU del maestro y el CP del maestro se transmiten los datos de los procesos y comandos de parametrización.

Los programas de usuario disponen de llamadas de funciones y mecanismos apropiados para operar esta interfaz con lectura y escritura. A través de la interfaz existente entre el CP maestro y el cable AS-i se intercambian informaciones con los esclavos AS-i.

Tareas y funciones del maestro AS-i

La especificación de maestro AS-i distingue maestros con diferentes volúmenes de funciones a través de una así llamada formación del perfil.

Para maestros AS-i estándar y maestros AS-i extendidos se distinguen respectivamente tres clases distintas de maestros estándar (M0, M1, M2) y para maestro extendido (M0e, M1e, M2e). En la especificación AS-i se ha estipulado exactamente qué funciones tiene que desempeñar un maestro de una clase determinada.

Los perfiles tienen el siguiente significado práctico:

Perfil de maestro M0 / M0e

El maestro AS-i puede intercambiar datos de E/S con los distintos esclavos AS-i. El maestro se configura tomando como configuración nominal la configuración de esclavos existentes ya en el cable.

Perfil de maestro M1 / M1e

Este perfil abarca todas las funciones correspondientes a la especificación del maestro AS-i.

Perfil de maestro M2 / M2e

Las funciones equivalen a las del perfil de maestro M0 / M0e, pero complementadas con la posibilidad de parametrización de esclavos AS-i por el maestro AS-i.

Los maestros AS-i extendidos se diferencian de los maestros AS-i estándar esencialmente por el hecho de que soportan la conexión de hasta 62 esclavos AS-i con espacio de direcciones extendido.

Funcionamiento del esclavo AS-i

Acoplamiento al cable AS-i

El esclavo AS-i contiene un circuito integrado que realiza el acoplamiento de una unidad AS-i (sensor/actuador) al cable de bus común que va al maestro AS-i. El circuito integrado posee:

- 4 entradas y salidas de datos configurables
- 4 salidas de parámetros

Los parámetros operativos, los datos de configuración con ocupación de E/S, el código de identificación y la dirección del esclavo están almacenados en una memoria adicional.

Datos de E/S

En las salidas de datos se encuentran los datos útiles para los componentes de automatización, transmitidos desde el maestro AS-i al esclavo AS-i. Los valores presentes en las entradas de datos son puestos a disposición del maestro AS-i por el esclavo AS-i a petición.

Parámetros

El maestro AS-i puede transmitir a través de las salidas de parámetros del esclavo AS-i valores no interpretables como datos útiles. Estos valores de parámetros se pueden utilizar para el control y la conmutación entre los modos internos de los sensores o actuadores. Sería imaginable, por ejemplo, el seguimiento de una magnitud de calibración a lo largo de

diversas fases de operación. Esta funcionalidad es posible en el caso de esclavos con conexión AS-i integrada, siempre y cuando soporten esta función.

Configuración

La configuración de entradas y salidas muestra qué cables de datos del esclavo AS-i se utilizan como entradas o salidas y cuáles se utilizan como salidas bidireccionales. La configuración de E/S (4 Bit) se puede consultar en la respectiva descripción del esclavo AS-i.

Además de la configuración de E/S, el tipo de un esclavo AS-i se describe con un código de identificación (ID Code) o, en el caso de esclavos AS-Interface más recientes, con tres códigos de identificación (ID Code, ID1 Code, ID2 Code).

3.12.2 Transmisión de datos

Modulación

La selección de una modulación adecuada para AS-i debería atender un conjunto de requerimientos bastante exigentes, lo que llevó al desarrollo de un nuevo procedimiento de modulación, conocido como Modulación de Pulsos Alternados (APM - *Alternating Pulse Modulation*). Estos requerimientos incluyen:

- La señal del mensaje superpuesta a la tensión de alimentación debe ser precisa y libre de componente de corriente continua.
- El transmisor del esclavo, y cuando sea posible, el del maestro, debe ser capaz de generar la señal de una manera simple, que ocupe poco espacio y bajo costo.
- Desde que el cable AS-i tiene una impedancia que aumenta con la frecuencia, la señal de los datos debe tener una banda relativamente estrecha.
- Los niveles altos de radiación de ruido también son inaceptables.

La modulación APM es un procedimiento para la transmisión serial en banda base. La secuencia de bits es inicialmente codificada de manera que un cambio de fase ocurre siempre que la señal se modifica (código Manchester). El resultado es una corriente

de envío que en conjunto con un solo inductor en el sistema usa la diferenciación para generar la señal de tensión deseada en los conductores.

Cada aumento en la corriente de envío resulta en un pulso de tensión negativa, y da como resultado un pulso positivo. De esta forma es muy simple generar señales en los esclavos, como tensión superior a la tensión de alimentación. Esto significa que los inductores pueden ser eliminados en los esclavos, lo que mantiene la electrónica integrada pequeña y barata. Del lado del receptor estas señales de tensión son detectadas en la línea y convertidas nuevamente en la secuencia de bits enviada. El receptor se sincroniza con la detección del primer pulso negativo, que es interpretado como un *start bit*. Si los pulsos de tensión se aproximan a los pulsos de tipo *sen2*, entonces los requerimientos para límite de baja frecuencia y baja emisión de ruidos son atendidos al mismo tiempo. Usando esta modulación y las topologías permitidas en tiempos de bit de $6\mu\text{s}$ son obtenidos. Esto permite una velocidad de transmisión 167kBit/s .

Como los cables no tienen terminadores, los pulsos de los mensajes tienen una gran variación de amplitud. Al ser capaz de afrontar el problema causado principalmente por reflexiones al final del cable, que atienden las frecuencias mayores, AS-i representa un sistema extremadamente robusto.

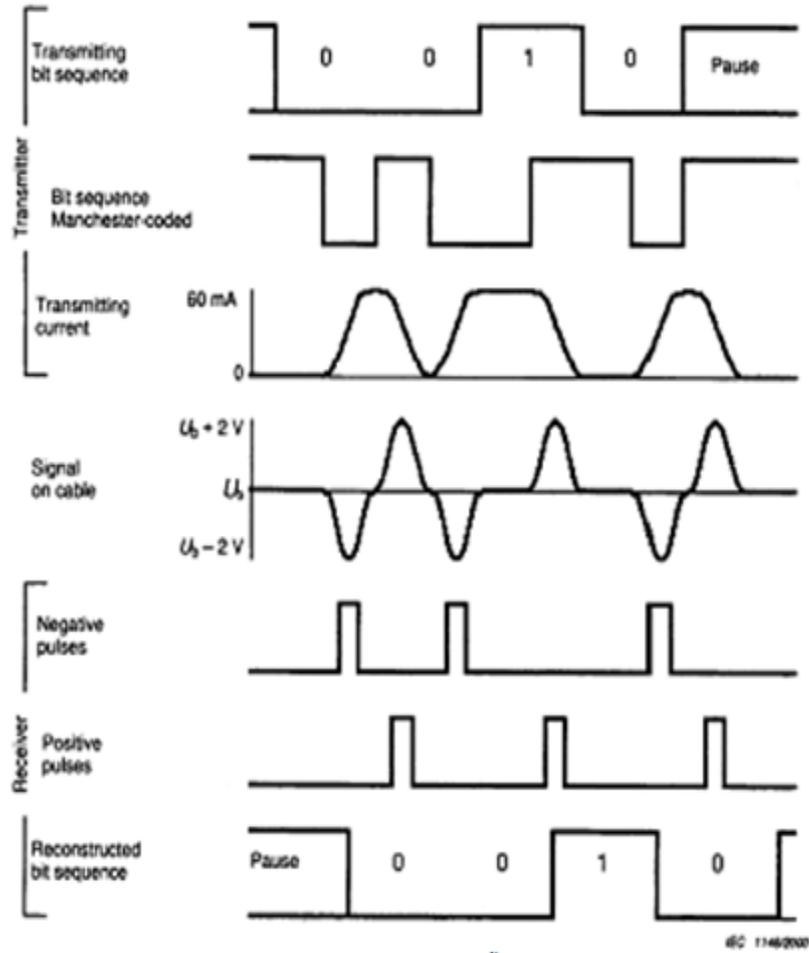


Figura III.14 Modulación APM³⁸

Acceso al Medio

Desde que AS-i fue diseñado para sustituir las conexiones punto a punto tipo estrella, un procedimiento de acceso al medio que reproduzca esta topología y que garantice un tiempo de respuesta definido fue seleccionado – el acceso del tipo maestro-esclavo con sondeo cíclico. El maestro envía un telegrama que es recibido por el esclavo en una dirección particular y el esclavo con esta dirección responde dentro del tiempo previsto. Esta operación es designada como una transacción. El sistema de transmisión permite la conexión al bus de un maestro y de hasta 62 esclavos.

³⁸ Fuente: http://www.smar.com/images/figura7_13_ASI.png

El procedimiento elegido permite la construcción de esclavos mucho más simples y, por lo tanto, de costo efectivo, en cuanto a flexibilidad e integridad. En el caso de las pequeñas perturbaciones en la red, el maestro puede, por ejemplo, repetir telegramas a la dirección del cual no recibe respuesta, o respuesta inválida. Los mensajes AS-i, por lo tanto, son de dos tipos, las que son enviadas por el maestro y las respuestas del esclavo.

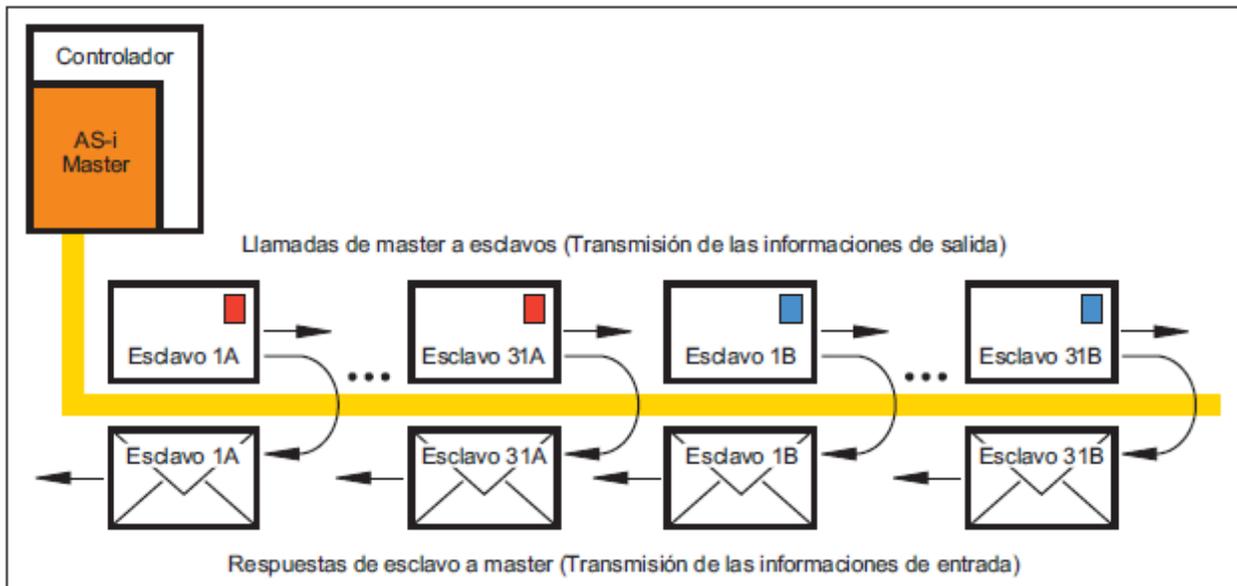


Figura III.15 Ciclo AS-i con esclavos A/B³⁹

Esta constituida de:

- Solicitud del maestro,
- Pausa del maestro,
- Respuesta del esclavo y
- Pausa del esclavo.

Una solicitud del maestro consiste de:

Start Bit (SB)

³⁹ **Fuente:** [http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/\\$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf](http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf)

Identifica el inicio de una solicitud del maestro en el bus. Su valor siempre es 0.

Control Bit (CB)

Identifica el tipo de solicitud: "0" para solicitudes de datos, parámetros o atribuciones de dirección y "1" para los de comando.

Address (A4...A0)

Dirección del esclavo solicitado.

Información (I4...I0)

Estos 5 bits componen, la solicitud realizada, los datos enviados al esclavo.

Bit de Paridad (PB)

El número de bits con valor "1" indicada que una solicitud se está ejecutando y el ultimo bit debe ser par.

End Bit (EB)

Identifica el final de una solicitud del maestro. Siempre tiene el valor "1".
Una respuesta de cualquier esclavo consiste de:

Start Bit (SB)

Identifica el inicio de una respuesta del esclavo. Siempre tiene el valor "0".

Información (I3..I0)

Estos bits componen la información propiamente enviada al maestro.

Bit de Paridad (PB)

Así como una solicitud, también una respuesta debe tener paridad par.

End Bit (EB)

Siempre de valor "1", asignada al final de una respuesta del esclavo.

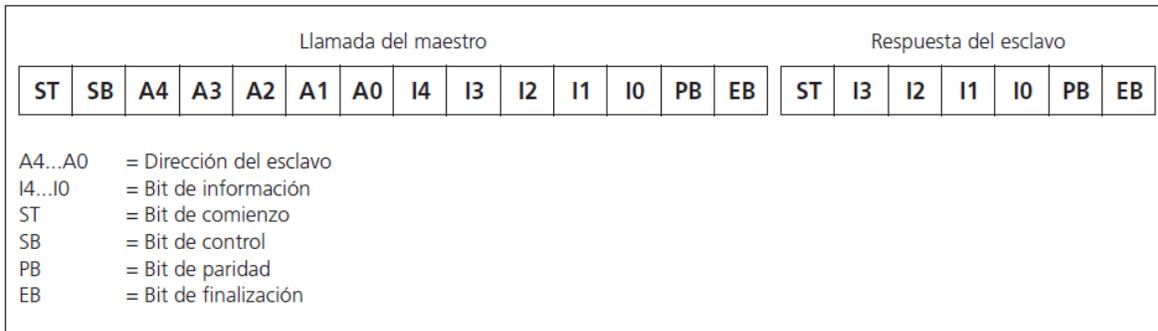


Figura III.16 Campos del telegrama AS-i⁴⁰

Tratamiento de Errores

El reconocimiento confiable de errores es de gran importancia para la comunicación sin fallas a través de AS-i, que generalmente no es blindado. Debido a que los telegramas AS-i en las transacciones serían bastante cortos, la detección de errores es diferente de la aplicada en otras redes de campo. La solicitud del maestro tiene solo 11 bits de datos que deben controlar, y la respuesta del esclavo 4 bits. Aumentar bits para verificación de errores en los mensajes disminuiría la velocidad de transmisión. Al contrario, AS-i hace uso del tamaño conocido de los mensajes, dos estándares de bits especificados son de la modulación de pulsos alternados para distinguir los siguientes errores:

- Error de Inicio de Bit
- Error de alternancia
- Error de pausa
- Error de Información
- Error de paridad
- Error de Fin de Bit
- Error de tamaño del telegrama

⁴⁰ **Fuente:** [http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/\\$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf](http://www.ifm.com/ifmweb/downcont.nsf/files/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08/$file/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf)

CAPITULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INDUSTRIAL AS-i

4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se pretende cubrir las características de diseño, que conlleva a considerar varios parámetros generales para la implementación de una red AS-i. Estos parámetros nos llevan a analizar los diferentes instrumentos que vamos a utilizar como son: 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 tomar precauciones y recordar que:

- La topología física a implementarse sea 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 AS-i integrada o con sensores tradicionales, en este caso necesitaríamos de módulos con la tecnología AS-i 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 electro-neumáticas. 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 AS-i

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

- 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 AS-i 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 AS-i:

- 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 AS-i 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 TWDLCDE 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 AS-i

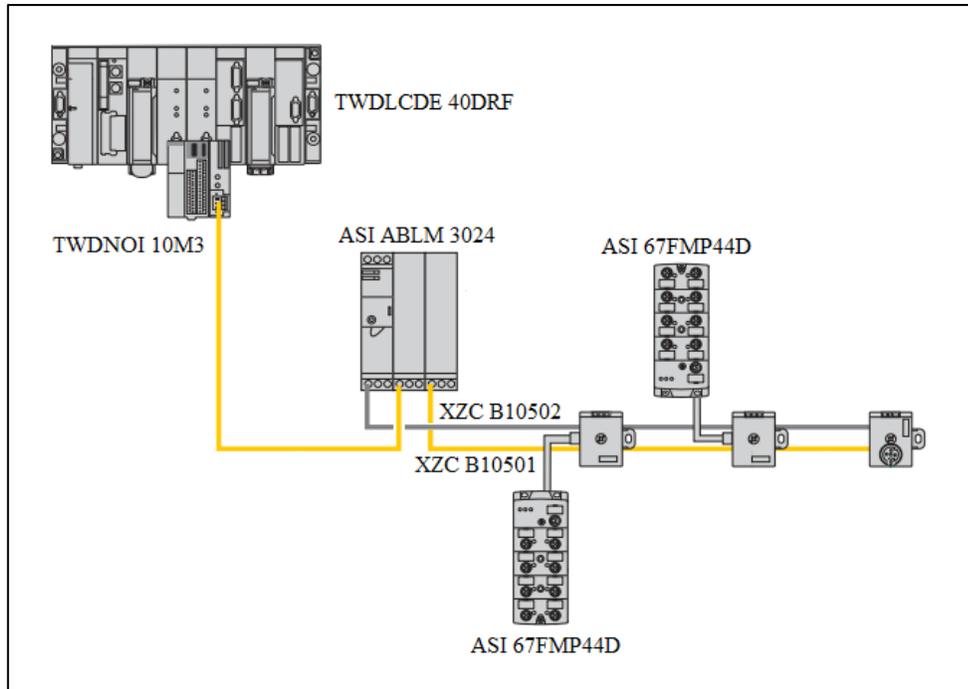


Figura IV.1 Cableado de una Red AS-i⁴¹

Cálculo de la longitud del Cableado AS-i

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 Extensión 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 posibles productos instalados directamente en el cable amarillo por el sistema. La longitud de la red está definida por:

⁴¹ Fuente: Tesista

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

Dónde:

$Lc =$ 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 AS-i, si la longitud total del cable plano es 40 m y la longitud total de las derivaciones no exceda 4,3 m.

$Lc = 40 \text{ m}$

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

$Lr = ?$

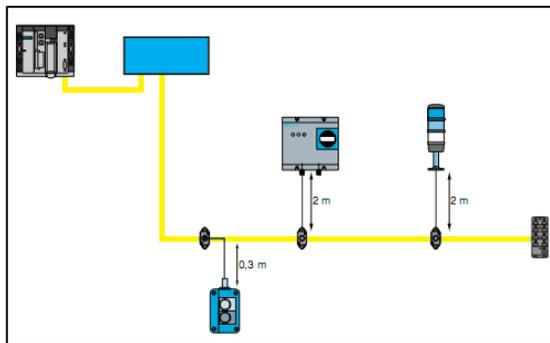


Figura IV.2 Ejemplo de cálculo longitud total de una red AS-i⁴²

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

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

⁴² Fuente: Tesista

$Lr=48,60 m$

4.6 RECONOCIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

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.

Descripción:

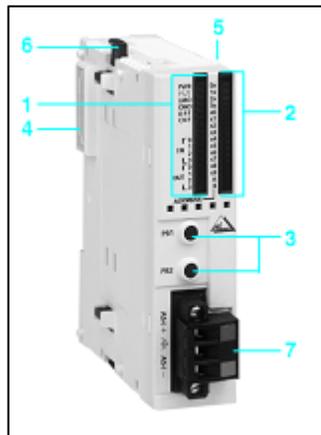


Figura IV.3 Módulo TWD NOI 10M3⁴³

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:

⁴³ **Fuente:** Sistema de cableado AS-interface, 2005

1 Un bloque de visualización, que incluye:

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

Características

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	Hz 10...57, amplitud 0,075 mm, 57...150 (aceleración: 9,8 m/s²); 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/s²); durante 90 minutos en los 3 ejes
Resistencia a los choques	m/s²	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 de cableado AS-Interface	Con 1 a 19 equipos	ms 3
	Con 20 a 62 equipos	ms 0,156 x (1 + N) con N = número de esclavos activos
	Con 31 equipos estándar o bancos A y B	ms 5
	Con 62 equipos de los bancos A y B	ms 10
Nº máx. de esclavos	Equipos analógicos (1)	7
	Equipos TON (1)	62
Nº 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

Tabla IV.I: Características módulo TWD NOI 10M3⁴⁴

Dimensiones

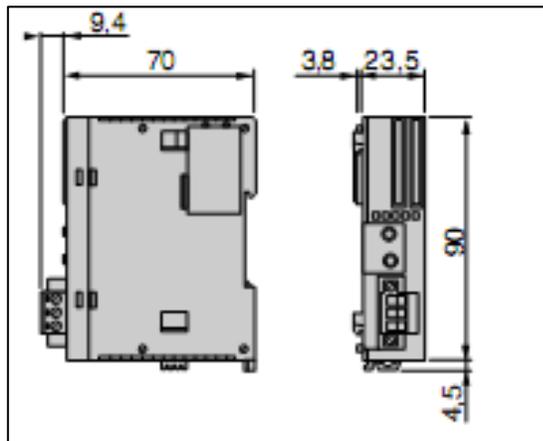


Figura IV.4 Dimensiones módulo TWD NOI 10M3⁴⁵

⁴⁴ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

4.6.2 Fuente de alimentación AS-i ABL

Características

Las fuentes de alimentación ASI tienen las siguientes características fundamentales

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	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

Tabla IV.II: Características fuentes de alimentación AS-i⁴⁶

Dimensiones

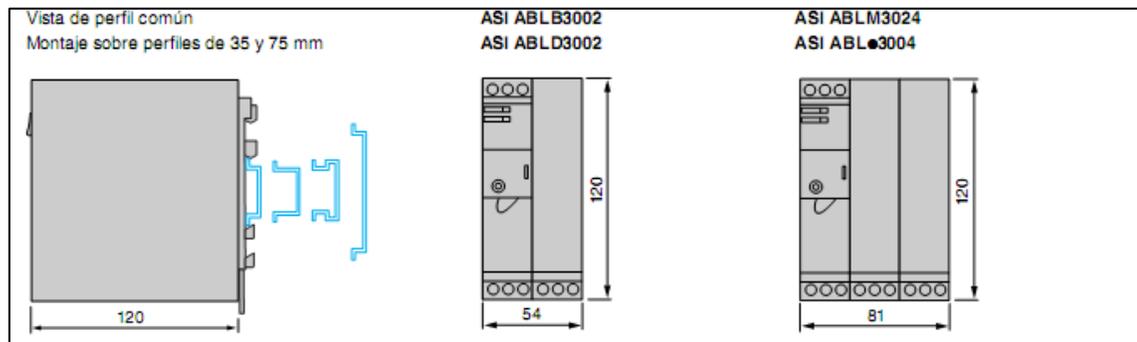


Figura IV.5 Dimensiones fuentes de alimentación AS-i⁴⁷

⁴⁵ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

⁴⁶ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

Esquemas

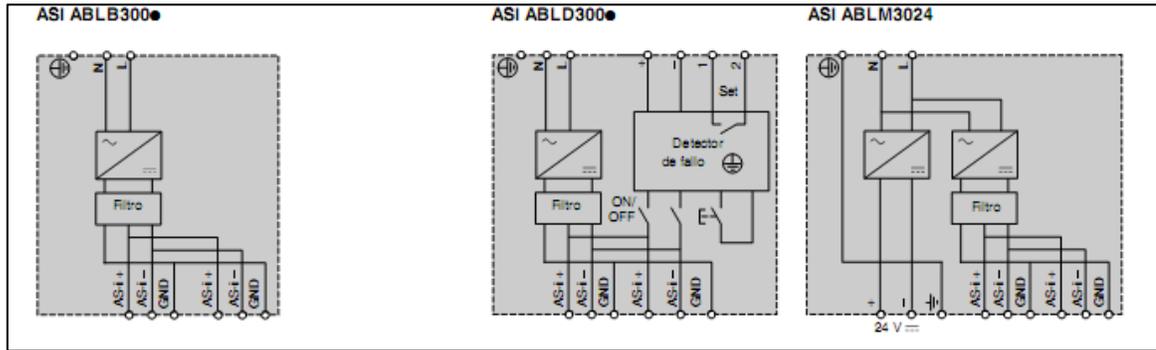


Figura IV.6 Esquemas fuentes de alimentación AS-i⁴⁸

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.

⁴⁷ **Fuente:** Sistema de cableado AS-interface, 2005

⁴⁸ **Fuente:** Sistema de cableado AS-interface, 2005

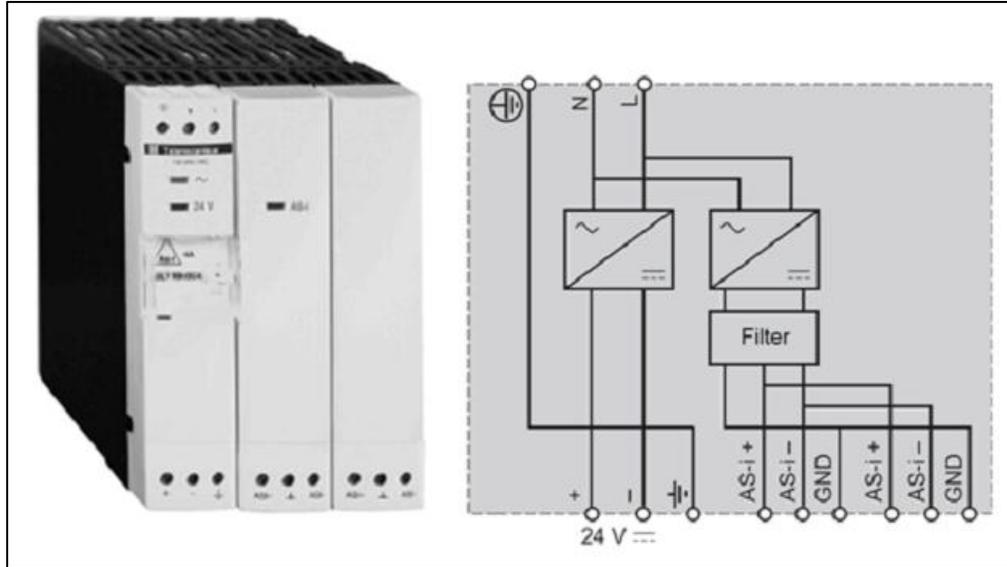


Figura IV.7 ASI ABL M3024 y su esquema⁴⁹

4.6.3 Esclavos AS-i 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.

⁴⁹ **Fuente:** Sistema de cableado AS-interface, 2005

Características

Los interfaces ASI 67F tienen las siguientes características fundamentales:

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 67FFP●●●) 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

Tabla IV.III: Características esclavos ASI 67F⁵⁰

Descripción

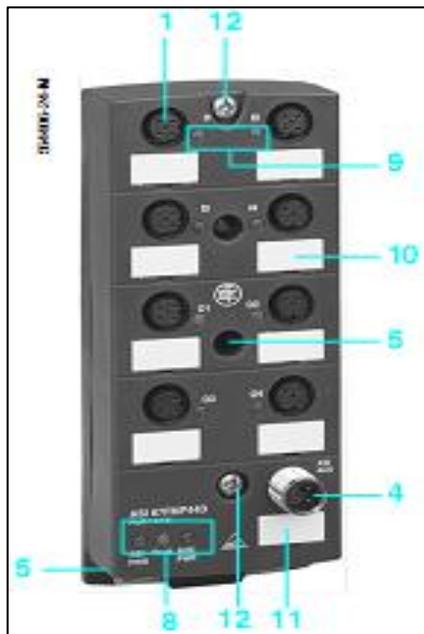


Figura IV.8 Descripción esclavos ASI 67F⁵¹

⁵⁰ 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.

4.6.4 Direccionador AS-i TERV2

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

⁵¹ **Fuente:** Sistema de cableado AS-interface, 2005

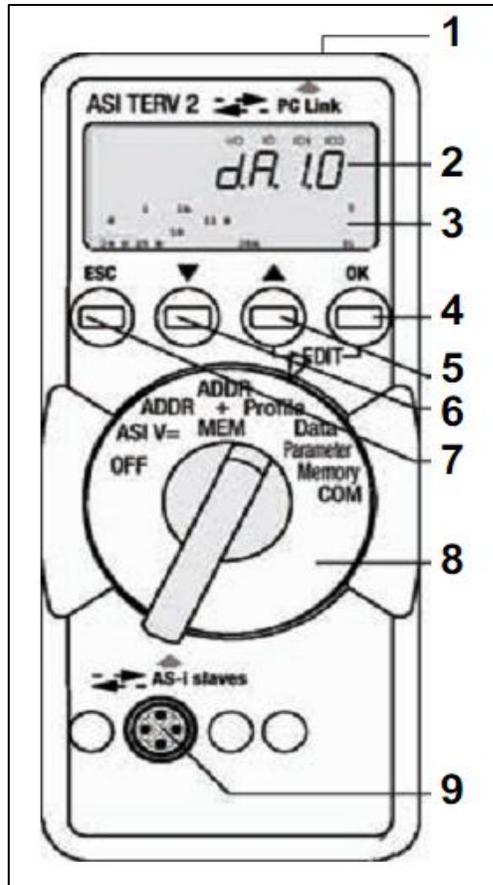


Figura IV.9 Direccionador AS-i Terv2⁵²

- 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.",

⁵² **Fuente:** Sistema de cableado AS-interface, 2005

- 7) Reposición/ Escape,
- 8) Selector giratorio de funciones,
- 9) Terminales de conexión al sistema AS-i.

Características

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

Tabla IV.IV: Características Direccionador AS-i TERV2⁵³

4.7 DESCRIPCION DEL SOFTWARE

4.7.1 TwidoSuite versión 2.20

TwidoSuite es el primer software que está organizado según el ciclo de desarrollo del proyecto. La navegación por el software es tan sencilla que se convierte en innata.

TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de Telemecanique. TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje, después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómata.

El software de programación TwidoSuite está diseñado para ejecutarse en varios sistemas operativos Windows 2000/XP/Vista/7.

⁵³ **Fuente:** Sistema de cableado AS-interface, 2005

Los Controladores programables TwidoSuite, han sido optimizados para las instalaciones sencillas y las máquinas pequeñas: aplicaciones estándar de 10 a 100 E/S (máx. 252 E/S). Donde el Twido ofrece una flexibilidad y sencillez a la hora de automatizar todo tipo de aplicaciones.

Los controladores base compactos de las series **TWDLCAA40DRF** y **WDLCAE40DRF** integran funciones avanzadas:

- Puerto de red **Ethernet 100Base-TX** integrado: sólo para TWDLCAE40DRF
- Reloj de tiempo real (RTC) integrado.
- Un cuarto contador rápido (FC).
- Soporte de batería externa.

Descripción general de las comunicaciones:

Los controladores TwidoSuite disponen de un puerto serie, o de un segundo puerto opcional, que se utiliza para servicios en tiempo real o de administración de sistemas. Los servicios en tiempo real proporcionan funciones de distribución de datos para intercambiar datos con dispositivos de E/S, así como funciones de administración para comunicarse con dispositivos externos. Los servicios de administración de sistemas controlan y configuran el controlador por medio de Twido.



Figura IV.10 Plataforma TwidoSuite.⁵⁴

4.7.2 Requerimientos del sistema

4.7.2.1 Requerimientos de hardware

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

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

Tabla IV.V: Requisitos de hardware TwidoSuite⁵⁵

⁵⁴ Fuente: http://www.adtecnologias.com/Catalogos/Manual_Twido.pdf

⁵⁵ Fuente: Guía rápida TwidoSuite

4.7.2.2 Requerimientos del software

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

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	

Tabla IV.VI: Requisitos de software TwidoSuite⁵⁶

4.8 MONTAJE DE LA RED AS-i

4.8.1 Direccionamiento del esclavo.

En este caso el proceso a seguir será el siguiente:

- Conectar la consola de direccionamiento directamente al esclavo o al bus, según sea el caso, mediante el cable que incorpora la propia consola.
- Colocar el selector de la consola en la posición “ADDR”.
- Accionar el pulsador. 
- En el display se visualiza la palabra “SEARCH”, que quiere decir que se encuentra en estado de búsqueda.
- Esperamos unos segundos y aparece en el display “SET x”, en donde “x” es la dirección actual del esclavo, ahora y con las teclas:  
- Elegimos la dirección que le queremos asignar y una vez se visualice la nueva dirección la confirmamos accionando el pulsador. 

⁵⁶ Fuente: Guía rápida TwidoSuite

- Seguidamente se visualiza “PROG” y a continuación “ADDRES x” en donde “x” es la nueva dirección asignada.



Figura IV.11 Ejemplo de direccionamiento de un esclavo AS-i⁵⁷

4.8.2 Conexión de la fuente de alimentación AS-i.

La conexión de la fuente de alimentación AS-i se compone como cualquier otra fuente de alimentación de los bornes de entrada para la conexión en este caso a 220 VAC y unos bornes de salida con la tensión en este caso correspondiente a la del bus AS-i, que es aproximadamente de 31 V.

El cable amarillo del bus AS-i que corresponde a datos + alimentación parte de la fuente de alimentación AS-i, en donde ese cable compuesto de dos hilos, se conectará:

Hilo Marrón: Borne positivo (+)

⁵⁷ **Fuente:** Sistema de cableado AS-interface, 2005

Hilo Azul: Borne negativo (-)



Figura IV.12 Fuente de alimentación AS-i.⁵⁸

4.8.3 Conexión de los esclavos.

La conexión de los esclavos al bus AS-i puede ser diferente dependiendo de los esclavos con los que contemos para realizar el ejercicio.

Podemos encontrar básicamente con dos tipos:

⁵⁸ **Fuente:** Tesista.

- Directa por el sistema vampiro.
- Mediante bornes de conexión.

Los módulos compactos tanto de la serie K45 como de la serie K60, y otros como la botonera, el final de carrera, etc... Se pueden realizar su conexión al bus mediante el sistema vampiro. Mientras que otros como los modelo Slimline, módulo contador, monitor de seguridad y otros, su conexión pasa a ser mediante bornes.

Conexión directa por el sistema 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.

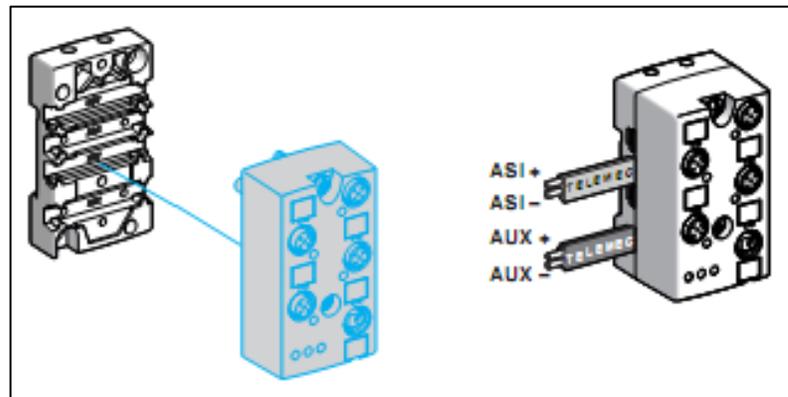


Figura IV.13 Ejemplo de conexión en módulo de 4 vías⁵⁹

Conexión mediante bornes.

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

⁵⁹ **Fuente:** Sistema de cableado AS-interface, 2005

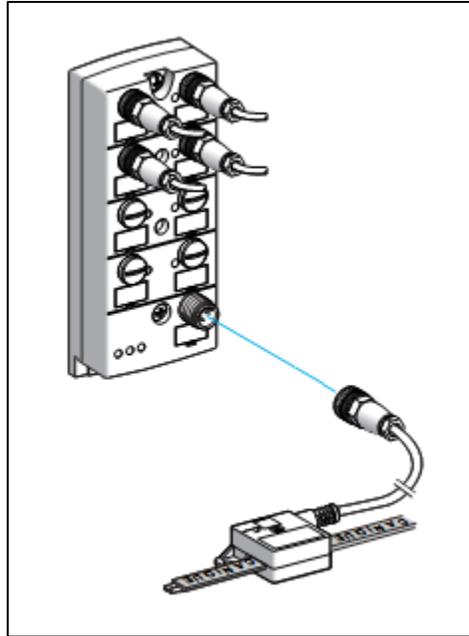


Figura IV.14 Conexión remota con ayuda de derivación.⁶⁰



Figura IV.15 Conexión del vampiro⁶¹

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

4.8.4.1 Selección del Maestro AS-i.

⁶⁰ Fuente: Sistema de cableado AS-interface, 2005

⁶¹ Fuente: Tesista

Desde la pestaña de “Describir”, se añade desde el catálogo 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 AS-i.

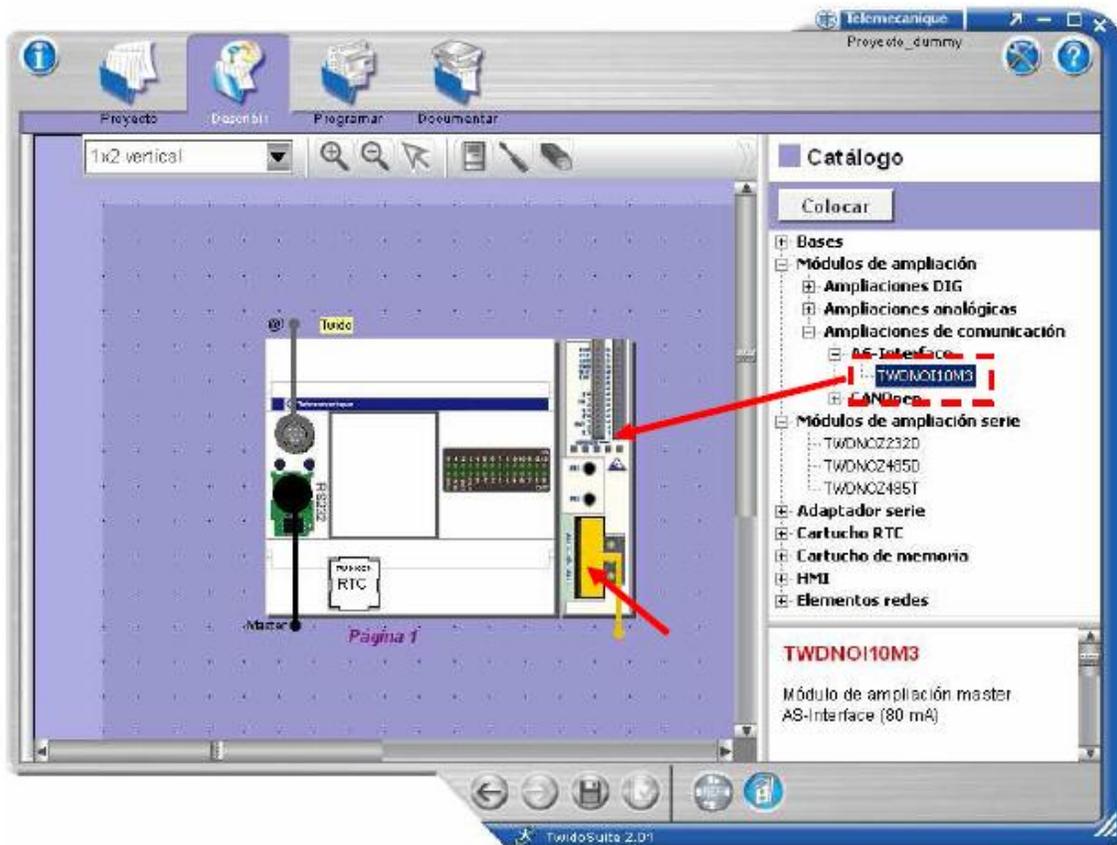


Figura IV.16 Selección del Maestro AS-i⁶²

4.8.4.2 Configuración de la Ventana AS-i.

En la configuración AS-i tendremos que insertar los diferentes esclavos 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

⁶² Fuente: Tesista

catálogo de esclavos AS-i que abriremos haciendo clic sobre el icono “Introducir a partir del catálogo”

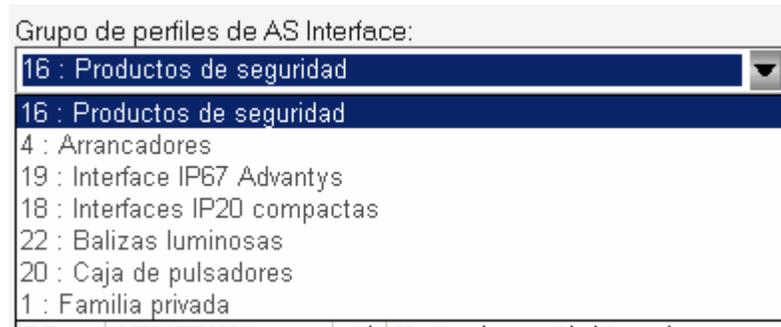
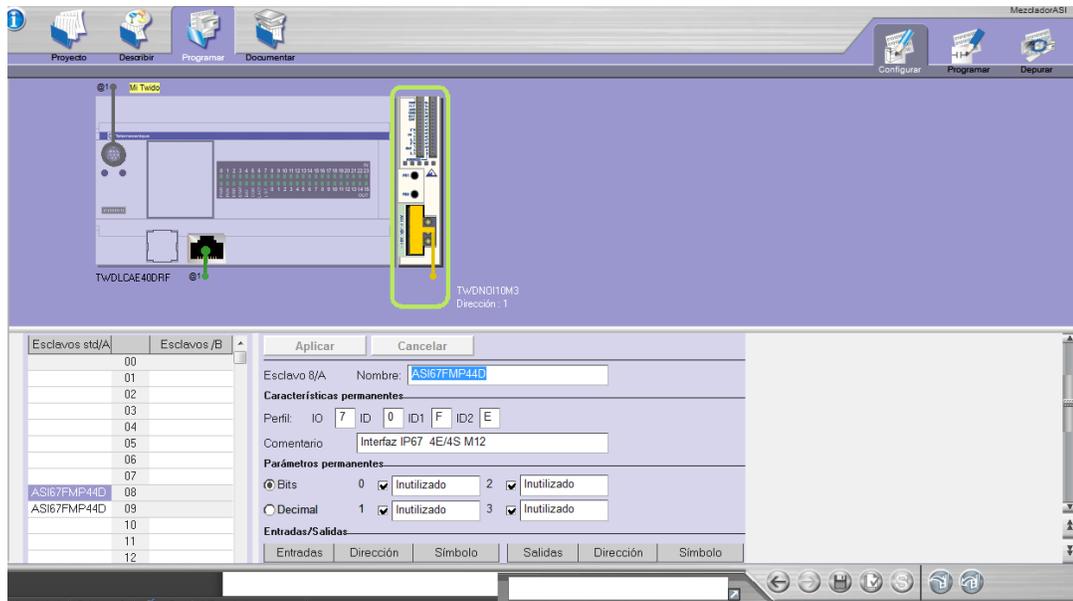


Figura IV.17 Configuración de Ventana AS-i⁶³

4.8.4.3 Selección de los equipos dentro del grupo de perfiles AS-i.

Después de escoger el grupo de perfil AS-i 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”.

⁶³ Fuente: Tesista

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.

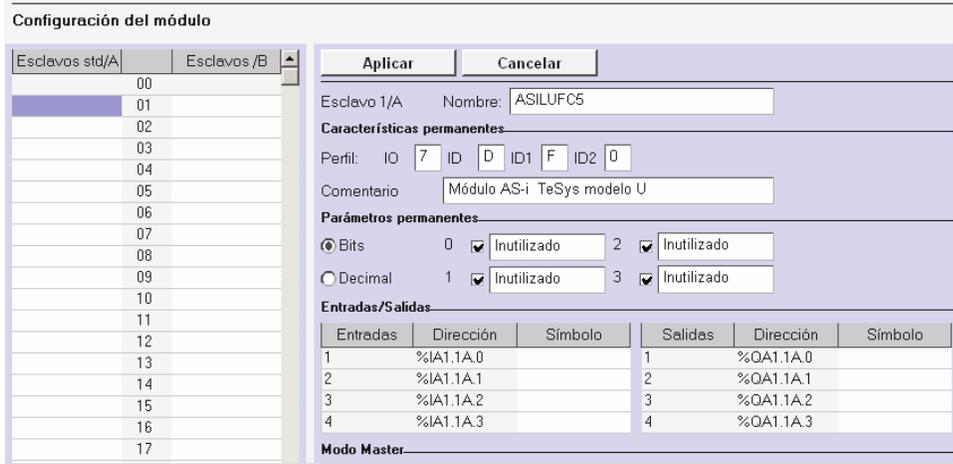
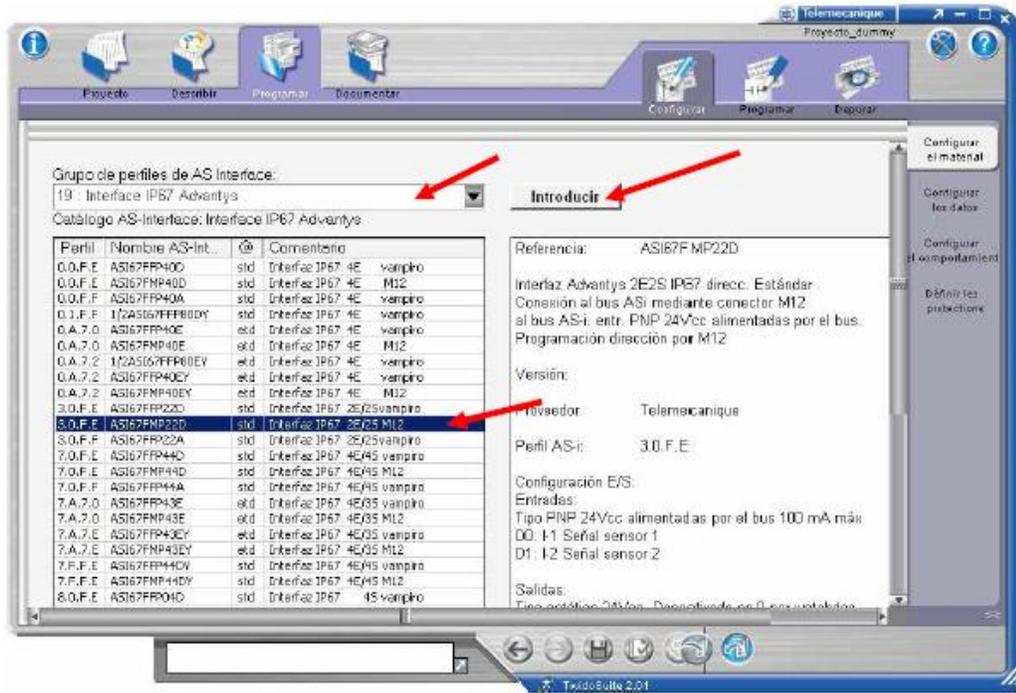


Figura IV.18 Selección de los Equipos dentro del grupo de perfiles AS-i⁶⁴

⁶⁴ Fuente: Testista

4.8.4.4 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 AS-i.

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

The screenshot shows a software interface for configuring AS-i slaves. On the left, a list of slaves is shown with columns 'Esclavos std/A' and 'Esclavos /B'. Slaves 08 and 09 are highlighted, both labeled 'ASI67FMP44D'. On the right, the configuration details for the selected slave are displayed. At the top are 'Aplicar' and 'Cancelar' buttons. Below is a text field for 'Nombre' containing 'ASI67FMP44D'. The 'Características permanentes' section includes 'Perfil' with fields for IO (7), ID (0), ID1 (F), and ID2 (E), and a 'Comentario' field with 'Interfaz IP67 4E/4S M12'. The 'Parámetros permanentes' section has radio buttons for 'Bits' (selected) and 'Decimal', with checkboxes for 'Inutilizado' for values 0, 1, 2, and 3. The 'Entradas/Salidas' table is as follows:

Entradas	Dirección	Símbolo	Salidas	Dirección	Símbolo
1	%IA1.8A.0	SENSOR_CAP	1	%QA1.8A.0	FOCO_V
2	%IA1.8A.1	TANQUE_3	2	%QA1.8A.1	VAL_A
3	%IA1.8A.2	TANQUE_4	3	%QA1.8A.2	VAL_C
4	%IA1.8A.3	TANQUE_5	4	%QA1.8A.3	VAL_B

The 'Modo Master' section at the bottom has 'Intercambio de datos activado' checked, 'Parada red' unchecked, and 'Direccionamiento automático' checked.

Figura IV.19 Aplicación de las configuraciones⁶⁵

4.9 DEMOSTRACIÓN DE LA HIPOTESIS

Comparación entre el Cableado Tradicional con la tecnología AS-i

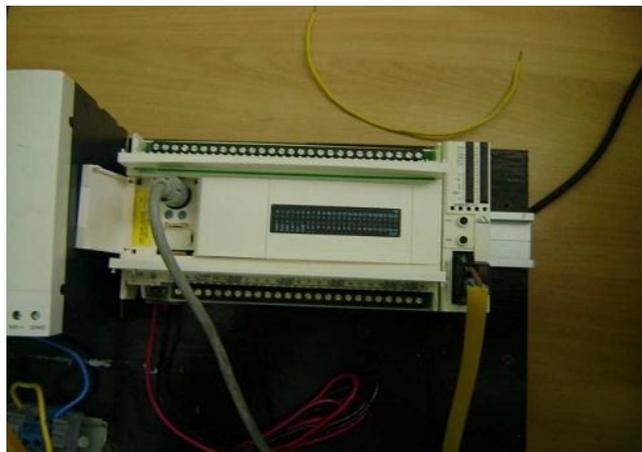
⁶⁵ Fuente: Tesista

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.20 Funcionamiento del mezclado con el cableado tradicional⁶⁶

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



⁶⁶ Fuente: Tesista

Figura. IV.21 Funcionamiento del sistema de mezclado con la tecnología AS-i⁶⁷



Figura. IV.22 Esclavos AS-i⁶⁸

Por lo expuesto anteriormente 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 canaleta.

⁶⁷ Fuente: Tesista

⁶⁸ Fuente: Tesista

CONCLUSIONES

- La red industrial AS-i, es una tecnología capaz de brindar distintos tipos de estructura por ejemplo: punto a punto, árbol, estrella, etc. Sus características hacen que sea una red de comunicación muy eficiente gracias a que los elementos son de fácil conexión y su configuración muy sencilla debido a que el estándar AS-i nos brinda una gran cantidad de sensores y actuadores compatibles con la red.
- Cada uno de los elementos necesarios para la implementación de la red AS-i han sido seleccionados y estudiados en base a sus características, costos, mantenimiento y eficiencia, logrando obtener al final, un sistema de comunicación bastante eficaz.
- El sistema de mezclado ha sido mejorado notablemente ya que además de los beneficios que brinda la red se realizó el reajuste de válvulas, calibración de sensores inductivos y sensores ON/OFF de los tanques contenedores, así como también la eliminación de elementos innecesarios y la adhesión de otros que permitan proteger todo el sistema en caso de una descarga.
- Para la programación del sistemas fue necesario establecer primero la conexión con el PLC y el reconocimiento de los esclavos conectados a él, a partir desde este punto fue necesario realizar una secuencia que permita cumplir con el objetivo principal partiendo de las E/S propias del sistema como son sensores y actuadores.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable analizar la estructura del bus de comunicación ya que a nivel físico la red puede adoptar cualquier tipo de topología; el número de esclavos a conectar y la longitud máxima de conexión entre los esclavos y el maestro AS-i, ya que si este segmento sobrepasa los 100m se debe utilizar repetidores que permita la unión entre diferentes segmentos.
- Al realizar la conexión de la red es necesario verificar que los cables que se está conectando sean los indicados para cada entrada y salida, ya que en la programación está declarado los diferentes tipos de variables de cada sensor-actuador para su respectivo esclavo.
- Revisar la conexión de tuberías del sistema de mezclado de líquidos ya que es necesario mantener a los equipos AS-i (maestro y esclavos), libre de la humedad, ya que a pesar de tener protección IP-67 hay que tomar las debidas precauciones.
- 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.

RESUMEN

Diseño e implementación de un prototipo de red industrial con tecnología ASi (ACTUATOR SENSOR INTERFACE) para el sistema de mezclado de líquidos que existe en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Fac. de Informática Electrónica.

Utilizamos metodología experimental, donde realizamos la identificación del problema, definiendo una hipótesis y seleccionando instrumentos de medición, asignándoles condiciones de control para ensamblar la red industrial; contamos con lo siguiente: un PLC TWDLCE40DRF, 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; la programación del software utilizamos TwidoSuite.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Notable simplificación del cableado alrededor del 70%, ya que la tecnología ASi-bus transporta alimentación y datos para los diferentes instrumentos de control hasta el PLC en un solo cable; aumento de la eficiencia del sistema en un 60% debido a los bajos tiempos de respuesta del protocolo, esta tecnología cuenta con un protocolo confiable que permite manejar dispositivos de control en tiempo real; reducción del tiempo para realizar el mantenimiento a la red industrial.

Logramos cumplir con los propósitos planteados, con una confiabilidad de datos en la red debido a la comunicación digital y reducción notable de cables.

Es recomendable ampliar la red industrial para unir el sistema de Mezclado, Dosificado, Llenado, Envasado y Paletizado de Líquidos y así poder mejorar los diversos procesos que tiene la línea producción del Laboratorio de Automatización Industrial de la Fac. de Informática y Electrónica.

SUMMARY

Design and implementation of an industrial net prototype with ASi (ACTUATOR SENSOR INTERFACE) technology for the Liquid Mixed System, technology existing in the Industrial Automation Laboratory from Faculty of Informatics and Electronics.

It is used the experimental method; we do identify the problem, defining hypothesis and selecting measurement instruments, giving the terms of control to assemble the industrial net; we do have: a PLC TWDLCE40DRF, a Master TWDNOI10M3, power supply ASIABLM3024, slave ASI67FMP44D, slave's adapter XZCP1564L05, vampire adapter TCSATV011F1, cables XZCB10501 and XZCB10502 for transmission and potency; we use TwidoSuite programming software.

The follow results were obtained:

Simplify wiring connection approximately 70%, as the ASi-Bus technology transports energy and data to the different measurement instruments until the PLC in just one wire; the system increase efficiency about 60% because of the low response time of the protocol, this technologies has a confidant protocol that permits to manage control devices in real time; time reduction of industrial netmaintenance.

We achieve the proposal enounced, with data reliability in the net due to the digital communication and reliability of cables.

It is recommended the extend the industrial net to join the Mixed-System, Dosing, Filling, Packing and Palletizing of Liquids so we can improve the different process that have the Production Line from the Industrial Automation Laboratory from Faculty of Informatics and Electronics.

GLOSARIO

Actuador	Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica, para la activación de un proceso, o con la finalidad de generar un efecto sobre éste, automáticamente. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función de ello, genera la acción para activar un elemento final de control, como por ejemplo una electroválvula.
Analógico	En contraposición a las señales binarias, en este caso se trata de valores continuos, como por ejemplo la temperatura o la presión. A un determinado valor analógico se le puede asignar un determinado valor eléctrico de tensión o corriente.
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)
Bidireccional	Modo de funcionamiento del esclavo AS-i, en el cual los cuatro bits de datos se transmiten en ambas direcciones con información distinta. Este método requiere un circuito complejo en el esclavo. Una aplicación típica se encuentra en el módulo de 4E/4S.
Binario	Dos estados de conmutación posible: On/Off o bien “1” ó “2”
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.
CAN	CAN (Controller Area Network) es un sistema de bus de campo para cantidades de datos más grandes. Tiene un funcionamiento que se rige por prioridades. Existen diversas versiones de CAN, como por ejemplo CANopen, CAN in Automation(CiA) o DeviceNet. El sistema CAN se puede emplear para distancias más largas, por ejemplo, como enlace de la red AS-i. el acoplamiento de varias redes se lleva a cabo mediante pasarelas.
CIM	Definido como: La integración de las computadoras digitales en todos los aspectos del proceso de manufactura. Tiene que ver con proporcionar asistencia de computador, automatizar, también controlar, y mejorar la integración en todos los niveles de la fábrica, entre otros aspectos. Se asimila a una estructura piramidal.

Ciclo del maestro	Un ciclo del maestro consta de hasta 32 llamadas del maestro (telegrama) y 31 respuestas del esclavo. En caso de que haya un telegrama erróneo, se repetirá al final del ciclo.
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.
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.
FieldBus Fundación	Es una asociación de fabricantes que administran, investigan y promueven este protocolo.
IEC	La IEC (International Electrotechnical Commission – Comisión Electrotécnica Internacional) es un organismo que elabora normas internacionales.
IP	Protocolo IP, un protocolo usado para la comunicación de datos a través de una red. Dirección IP, el número que identifica a cada dispositivo dentro de una red con protocolo IP.
LAN	Una red de área local, red local o LAN, es la interconexión de varias computadoras y periféricos. Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200.
Latencia	En redes informáticas de datos se denomina latencia a la suma de retardos temporales dentro de una red. Un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red

Maestro AS- i	<p>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.</p> <p>Se distingue entre maestros AS- i Standard y maestros AS- i Extended.</p>
Maestro AS- i Extended	<p>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.</p>
Maestro AS- i Standard	<p>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).</p>
Módulo ASi	<p>Para el ASInterface se ha definido un concepto que prevé la vinculación modular de los esclavos AS-i que pueden ser sensores y actuadores - a través de los así llamados módulos AS-i.</p> <p>Al respecto se distinguen los siguientes módulos</p> <p>El módulo AS-i activo con chip AS-i integrado: con él se pueden conectar hasta cuatro sensores y cuatro actuadores convencionales.</p> <p>El módulo AS-i pasivo: actúa como distribuidor y permite la conexión de hasta cuatro sensores y actuadores con chip AS-i integrado.</p> <p>Ajustándose al concepto del maestro AS-i estándar y del maestro AS-i extendido, en los esclavos AS-i se utilizan chips AS-i con función estándar o con función extendida.</p>
Sensor	<p>Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas: variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, etc.</p>

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- DOMINGO, J., y otros.,** Comunicaciones en el entorno industrial., Aragón-España., Editorial UOC., 2003., Pp., 77-182.
- 2.- GUERRERO, V., y otros.,** Comunicaciones Industriales., Colonia Del Valle-México., Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009., Pp., 6-109.
- 3.- KRIESEL, W., y otros.,** ASInterface: The Actuator- Sensor-Interface for Automation., 2a. Edición., Munich-Viena., 1999., Pp., 7-126.
- 4.- MACKAY, S. y otros.,** Practical Industrial Data Networks: Design, Installation and Troubleshooting., London-England., EDITOR Elsevier., 2004., Pp., 2-154.
- 6.- OLIVA, N., y otros.,** Redes de Comunicación Industrial., Madrid-España., UNED., 2013., Pp., 53-61.
- 5.- RODRÍGUEZ, A.,** Sistemas SCADA., 2a. ed., Barcelona-España., Marcombo, S.A., 2007., Pp., 253-362.

REFERENCIAS WEB

6. ASI TRADE ORGANIZATION

<http://www.ASinterface.com>
2013-01-30

7. COMUNICACIONES INDUSTRIALES

http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/ftp/material_asignaturas/Laboratorio%20de%20ComunicacionEes%20Industriales/Documentaci%F3n/Introducci%F3n%20a%20las%20Comunicaciones%20Industriales
2013-02-02

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT5/busses>
2013-02-04

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=28&rank=1>
2013-02-04

<http://www.neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/RCI.html>
2013-02-07

8. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

<http://www.emagister.com/redes-automatas-buses-campo-cursos2534060.htm#programa>
2013-02-08

http://www.automaindus.googlepages.com/Tr_ASi_Resumen.pdf
2013-02-08

<http://www.santiagoapostol.net/srca/buses/general.pdf>
2013-02-10

9. TECNOLOGÍA ASI-BUS

<http://www.uhu.es/antonio.barragan/print/book/export/html/126>
2013-02-15

<http://www.uhu.es/antonio.barragan/print/book/export/html/125>
2013-02-15

http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/ftp/material_asignaturas/Tecnolog%EDas%20DE%20Control/Teor%EDa/04%20-%20ASi.pdf
2013-02-19

ANEXOS

ANEXO I

Planificacion Inicial

Nombre de la tarea	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12							
Inicio del proyecto de tesis	x	x																	
Recopilación de datos bibliográficos		x	x	x															
Selección de la información			x	x															
Análisis de la Información				x	x	x													
Selección de dispositivos AS-i					x	x	x	x	x										
Documentación de la Información						x													
Estudio de hardware disponible						x	x	x											
Adquisición de elementos apropiados							x	x	x										
Documentación de la Información								x											
Selección de software PLC								x	x										
Diseño de diagramas de programación									x	x	x								
Documentación de la Información										x									
Configuración PLC										x	x	x							
Configuración Maestro											x								
Configuración Esclavo											x								
Monitoreo de la Red											x	x							
Depuración y corrección de errores												x	x						
Documentación de la Información													x						
Integración total de la información														x	x	x	x		
Depuración y corrección de la documentación																	x	x	x

ANEXO II

Fases para puesta en marcha del Proyecto

FASES PARA PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO

En el diseño e implementación de un prototipo de red industrial basado en el estándar AS-i para el sistema de mezclado de líquidos, se realizó las siguientes fases:

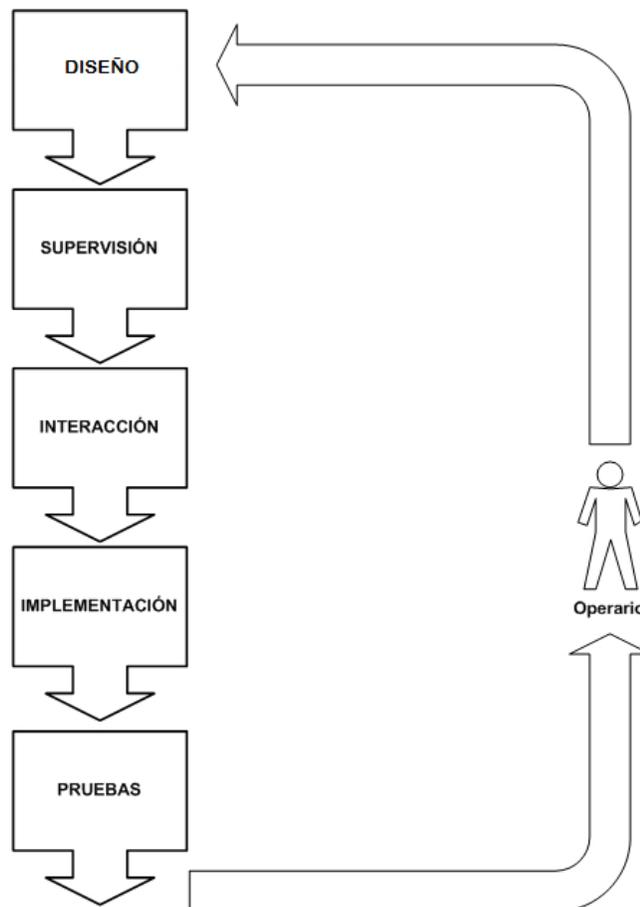
DISEÑO: En esta fase del proyecto calculamos y analizamos el tipo y número de materiales que van a intervenir en el sistema de mezclado.

SUPERVISIÓN: Una vez con todos los materiales y la topología de la red escogida se realizará la supervisión y el funcionamiento de estos materiales.

INTERACCIÓN: Aquí se relacionan e interactúan los materiales de la red industrial AS-i con el sistema de mezclado de líquidos.

IMPLEMENTACIÓN: Aquí se realizara el armado y la configuración de la red industrial AS-i.

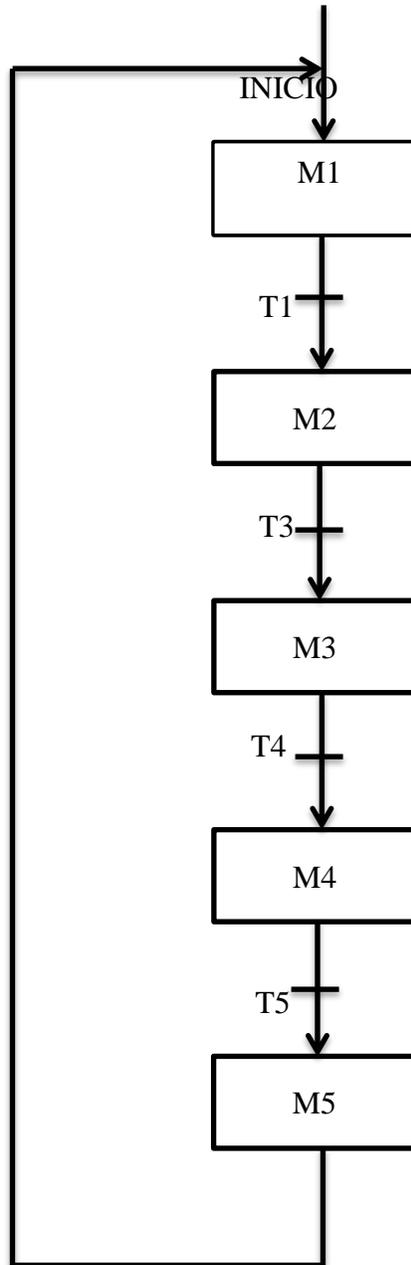
PRUEBAS: Una vez implementada la red industrial AS-i en el sistema de mezclado de líquidos se realizaran las diferentes pruebas pertinentes.



ANEXO III

Diagrama GRAFCET

DIAGRAMA GRAFCET



$$\begin{aligned} M1 &= \text{INICIO} + M5.T5 + M1.\widehat{M2} \\ M2 &= M1.T1 + M2.\widehat{M3} \\ M3 &= M2.T2 + M3.\widehat{M4} \\ M4 &= M3.T3 + M4.\widehat{M5} \\ M5 &= M4.T4 + M5.\widehat{M1} \end{aligned}$$

ANEXO IV

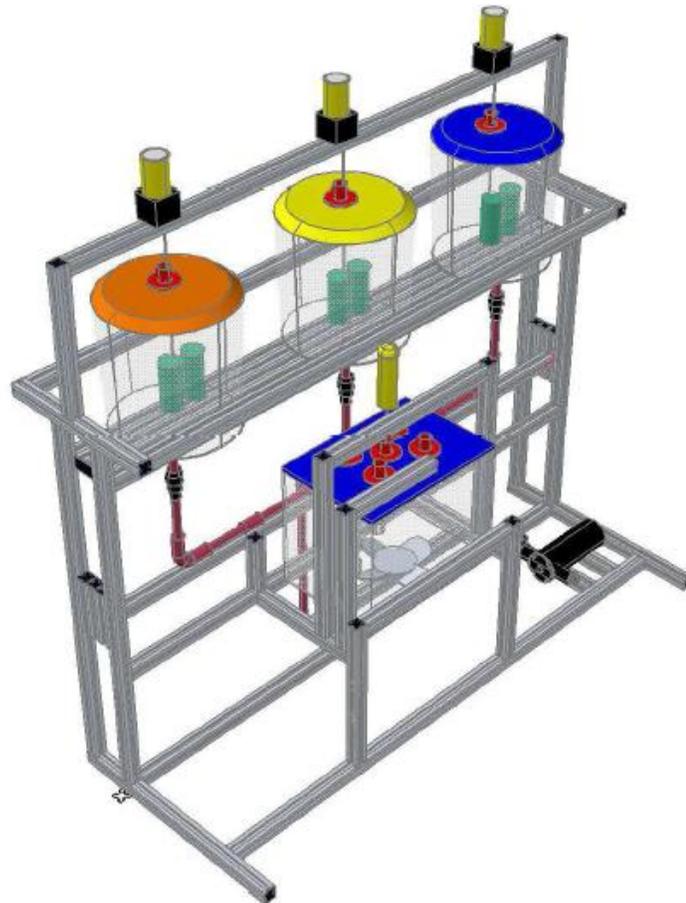
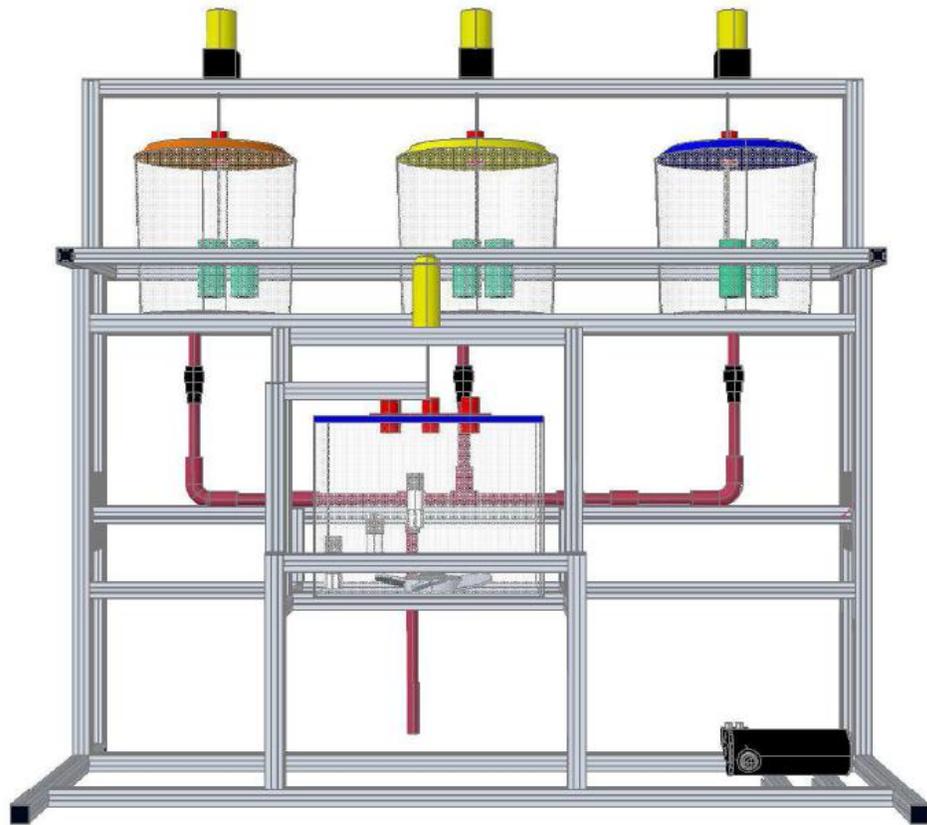
Programación TwidoSuite

PROGRAMA TWIDOSUITE

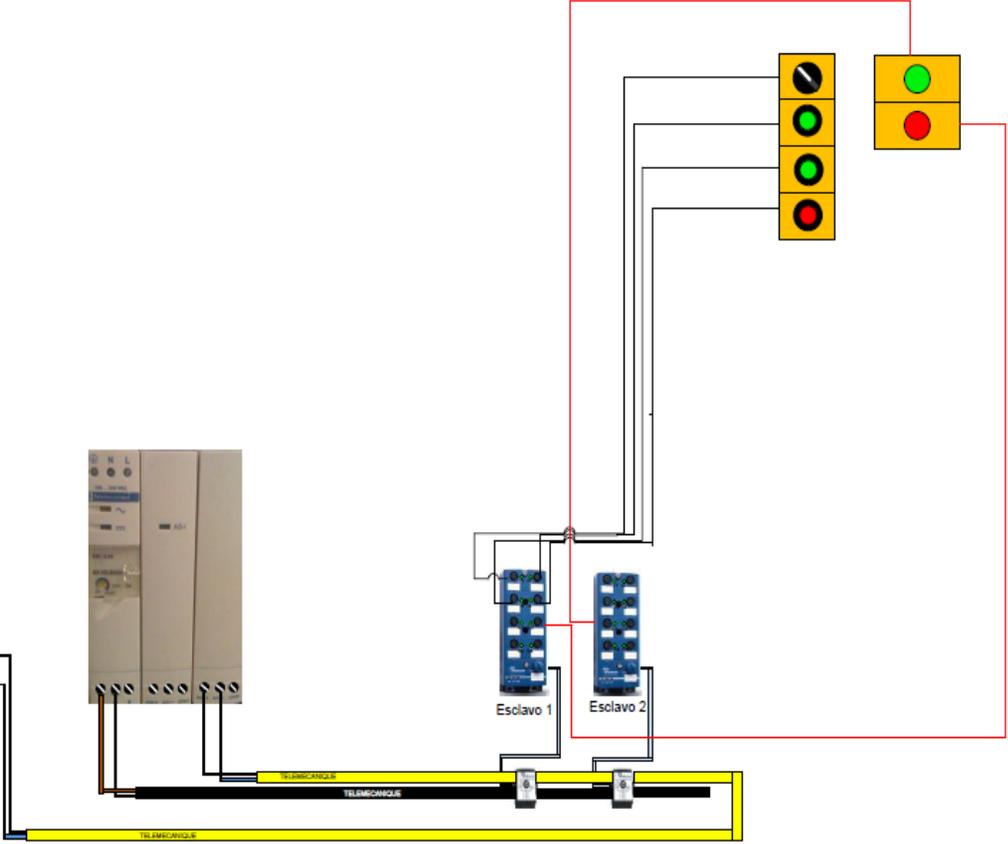
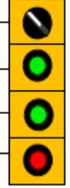
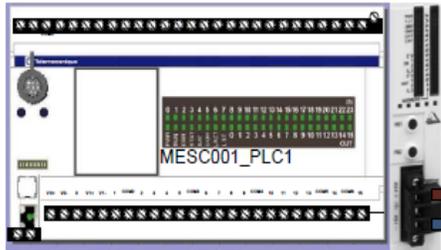


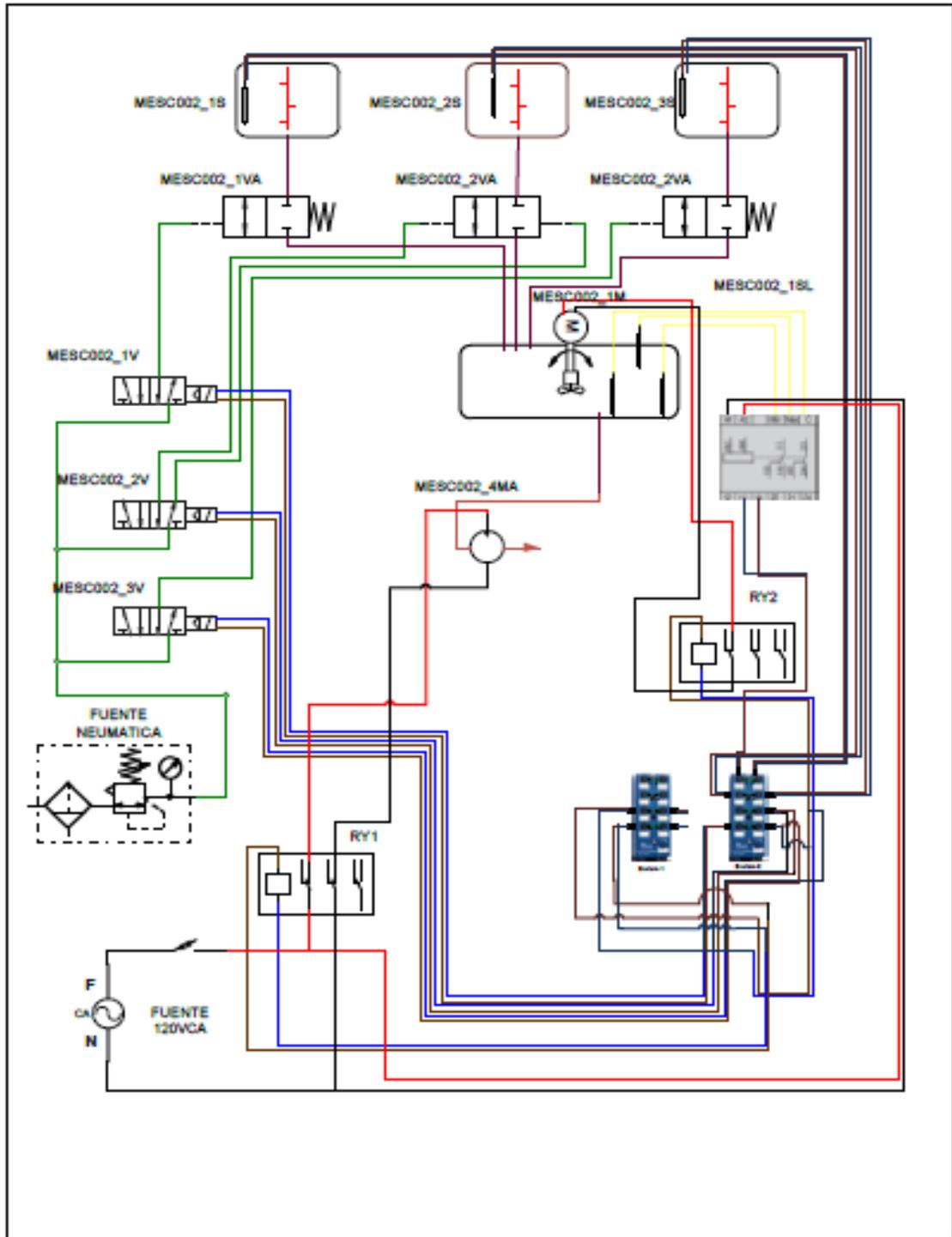
ANEXO V
Diagrama Mecánico
Sistema de Mezclado de Líquidos

DIAGRAMA MECÁNICO DEL SISTEMA DE MEZCLADO DE LÍQUIDOS



ANEXO VI
Diagrama Eléctrico
Red Industrial AS-i





Mezcladora AS-i
Plano de conexión eléctrico

ANEXO VII
Datasheet PLC
TWDLCDE40DRF

PLC

TWDLCAE40DRF
compact PLC base Twido - 100..240 V AC supply -
24 I 24 V DC - 16 O



Main

Range of product	Twido
Product or component type	Compact base controller
Discrete I/O number	40
Discrete input number	24
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Discrete output number	2 transistor 14 relay
Number of I/O expansion module	7
[Us] rated supply voltage	100...240 V AC
Use of slot	Memory cartridge
Data backed up	Internal RAM external battery TSXPLP01 3 years
Integrated connection type	Ethernet TCP/IP RJ45 10/100 Mbit/s 1 twisted pair transparent ready class A10 Non isolated serial link mini DIN Modbus/character mode master/slave RTU/ASCII RS485 half duplex 38,4 kbit/s Power supply

Complementary		Serial link interface adaptor RS232C/RS485
	Complementary function	PID Event processing
Concept	Transparent Ready	
Discrete input logic	Sink or source	
Input voltage limits	20.4...26.4 V	
Discrete input current	7 mA I0.2 to I0.5 7 mA I0.8 to I0.23 11 mA I0.0 to I0.1 11 mA I0.6 to I0.7	
Input impedance	2100 Ohm I0.0 to I0.1 2100 Ohm I0.6 to I0.7 3400 Ohm I0.2 to I0.5 3400 Ohm I0.8 to I0.23	
Filter time	35 μ s + programmed filter time for I0.0 to I0.5 at state 1 40 μ s + programmed filter time for I0.0 to I0.5 at state 0 40 μ s + programmed filter time for I0.6 to I0.23 at state 1 150 μ s + programmed filter time for I0.6 to I0.23 at state 0	
Insulation between channel and internal logic	1500 Vrms for 1 minute	
Insulation resistance between channel	None	
Minimum load	0.1 mA	
Contact resistance	$\leq 30000 \mu$ Ohm	
Load current	2 A 240 V AC resistive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 30 V DC resistive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 240 V AC inductive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 30 V DC inductive 30 cyc/mn relay outputs	
Mechanical durability	≥ 20000000 cycles relay outputs	
Electrical durability	≥ 100000 cycles relay outputs	

Current consumption 5 mA 24 V DC at state 0
 90 mA 5 V DC at state 1
 128 mA 24 V DC at state 1
 128 mA 24 V DC state 1 + input ON
 170 mA 5 V DC at state 0
 240 mA 5 V DC state 1 + input ON

I/O connection	Non-removable screw terminal block
Input/Output number	\leq 152 removable screw terminal block with I/O expansion module \leq 208 spring terminal block with I/O expansion module \leq 264 HE-10 connector with I/O expansion module
Network frequency	50/60 Hz
Supply voltage limits	85...264 V
Network frequency limits	47...63 Hz
Power supply output current	0.4 A 24 V DC sensors
Power supply input current	790 mA
Inrush current	\leq 35 A
Protection type	Power protection internal fuse
Power consumption in VA	65 VA 100 V 77 VA 264 V
Insulation resistance	$>$ 10 MOhm at 500 V, between supply and earth terminals $>$ 10 MOhm at 500 V, between I/O and earth terminals
Program memory	3000 instructions
Exact time for 1 K instruction	1 ms
System overhead	0.5 ms
Memory description	Internal RAM 256 internal bits, no floating, no trigonometrical Internal RAM 3000 internal words, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 timers, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 counters, no floating, no trigonometrical Internal RAM double words, no floating, no trigonometrical Internal RAM floating, trigonometrical
Free slots	1

Realtime clock	With \leq 30 s/month 30 days
Port Ethernet	10 BASE-T/100BASE-TX
Communication service	BOOTP client Ethernet TCP/IP Modbus messaging Ethernet TCP/IP
Positioning functions	PWM/PLS 2 7 kHz
Counting input number	2 20000 Hz 32 bits 4 5000 Hz 16 bits
Analogue adjustment points	1 point adjustable from 0...1023 1 point adjustable from 0 to 511 points
Marking	CE
Status LED	1 LED green PWR 1 LED green RUN 1 LED red module error (ERR) 1 LED user pilot light (STAT) 1 LED Ethernet status (LAN ST) 1 LED 10 or 100 Mbit/s rate (LACT) 1 LED per channel green I/O status
Product weight	0.525 kg
Environment	
Immunity to microbreaks	10 ms
Dielectric strength	1500 V for 1 minute, between supply and earth terminals 1500 V for 1 minute, between I/O and earth terminals
Product certifications	CSA UL
Ambient air temperature for operation	0...55 °C
Ambient air temperature for storage	-25...70 °C
Relative humidity	30...95 % without condensation
IP degree of protection	IP20
Operating altitude	0...2000 m
Storage altitude	0...3000 m

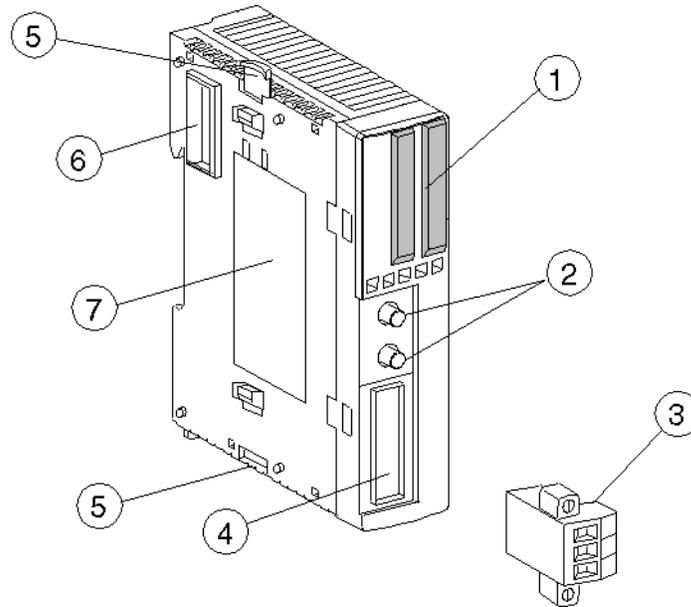
Vibration resistance	0.075 mm 10...57 Hz 35 mm symmetrical DIN rail 1 gn 57...150 Hz 35 mm symmetrical DIN rail 1.6 mm 2...25 Hz plate or panel with fixing kit 4 gn 25...100 Hz plate or panel with fixing kit
Shock resistance	15 gn 11 ms
RoHS EUR conformity date	0932
RoHS EUR status	Compliant

ANEXO VIII
Características Maestro
TWDNOI10M3

CARACTERÍSTICAS MAESTRO TWDNOI10M3

Descripción de los componentes

En el diagrama siguiente se muestran los distintos componentes del módulo maestro AS-Interface TWDNOI10M3:



El módulo está compuesto por los siguientes elementos:

Nº	Componente	Descripción
1	Visualización	<ul style="list-style-type: none"> ● LED de pantalla de estado: Indican el estado del módulo AS-Interface. ● Indicadores LED de E/S: Indican el estado de las E/S de un esclavo especificado por los indicadores LED de dirección. ● Indicadores LED de dirección: Indican las direcciones de esclavo.
2	Pulsadores	Permiten seleccionar una dirección de esclavo, así como cambiar la modalidad.
3	Terminal de usuario	Se conecta al cable AS-Interface.
4	Conector del cable AS-Interface	Para conectar el terminal de usuario.
5	Botón de retención	Permite retener o liberar el módulo de un controlador.
6	Conector de ampliación	Permite llevar a cabo la conexión del controlador o los módulos de ampliación a otro módulo de E/S.
7	Etiqueta del producto	Indica la referencia y las especificaciones del módulo.

ANEXO IX
Características Fuente de
alimentación
ASIABLM3024

CARACTERÍSTICAS FUENTE DE ALIMENTACIÓN ASIABLM3024

Características técnicas								
Tipo de alimentación		ASI ABLB3002	ASI ABLB3004	ASI ABLD3002	ASI ABLD3004	ASI ABLM3024		
Funcionalidad		Alimentación de la línea AS-Interface (30 V \dots)				Alim. 30 V \dots	Alim. 24 V \dots	
Homologaciones de los productos		UL 508, CSA 22-2 n° 950						
Conformidad con las normas	Seguridad	EN 60950, TÜV						
	CEM	EN 50081-1, IEC 61000-6-2, EN 55022 clase B						
	Corrientes armónicas BF	No						
Circuito de entrada								
Señalización por LED		LED naranja						
Tensión de entrada	Valores nominales	V	\sim 100...240					
	Valores admisibles	V	\sim 85...264					
	Frecuencias admisibles	Hz	47...63					
	Rendimiento con carga nominal	%	> 83					
	Corriente de consumo	A	0,5	1	0,5	1		
	Corriente a la puesta en tensión	A	< 30					
	Factor de potencia		0,65					
					> 83	> 80		
Circuito de salida								
Señalización por LED		LED verde						
Tensión nominal de salida	V	30 (AS-Interface)				\dots 30	\dots 24	
Corriente nominal de salida	A	2,4	4,8	2,4	4,8	2,4	3	
Precisión	Tensión de salida ajustable	V	-				-	del 100 al 120%
	Regulación de línea y carga		3%					
	Ondulación residual - ruido	mV	300 - 50					
Microcortes	Tiempo de mantenimiento para I máx. y Ve mín.	ms	10					
Protecciones	Contra los cortocircuitos		Permanente, rearmado automático tras eliminación del fallo					
	Contra sobrecargas		1,1 In					
	Contra sobretensiones		Disparo si $U > 1,2 U_n$				$U > 1,2 U_n$	$U > 1,5 U_n$
	Contra tensiones insuficientes		Disparo si $U < 0,95 U_n$				$U < 0,95 U_n$	$U < 0,8 U_n$
Características de funcionamiento								
Conexiones	a la entrada	mm ²	Bornas con tornillos 2 x 2,5 + tierra					
	A la salida	mm ²	Bornas con tornillos 2 x 2,5 + tierra, salida múltiple					
Ambiente	Temperatura de almacenamiento	°C	- 25 a + 70					
	Temperatura de funcionamiento	°C	0 a + 60 (desclasificación a partir de 50)					
	Humedad relativa máxima		95% (sin condensación ni goteo)					
	Grado de protección		IP 20 (según IEC 529)					
	Vibraciones		EN 61131-2					
Posición de funcionamiento		Vertical						
MTBF		h	> 100 000 (según Bell core, a 40°C)					
Resistencia dieléctrica	Entrada/salida		3.000 V/50 Hz/1 mm					
	Entrada/tierra		3.000 V/50 Hz/1 mm					
	Salida/tierra (y salida/salida)		500 V/50 Hz/1 mm					
Fusible de entrada incorporada		Sí (no intercambiable)						
Emisión	Conducida/radiada		Clase B (según EN 55022)					
Inmunidades	Descargas electrostáticas		EN 61000-4-2 (4 kV contacto/8 kV aire)					
	Electromagnética		EN 61000-4-3 nivel 3 (10 V/m)					
	Perturbaciones conducidas		EN 61000-4-4 nivel 3 (2 kV), EN 61000-4-6 (10 V)					
	Perturbaciones de red		EN 61000-4-11					

ANEXO X
Características Esclavos
ASI67FMP44D

CARACTERÍSTICAS ESCLAVOS ASI67FMP44D



ASI 67FMP40E



ASI 67FMP43E

Interfaces compatibles V2.1 (continuación)

Interfaces de conexión remota tipo M12 (1)

Direccionalidad	Número de entradas	Número de salidas	Tipo de caja	Conexión de los conectores tipo M12 (3)	Referencia	Peso
Estándar	4	–	Compacto 45 mm (4 vías)	Estándar	ASI 67FMP40D	0,125
	2	2	Compacto 45 mm (4 vías)	Estándar	ASI 67FMP22D	0,125
	–	4	Compacto 45 mm (4 vías)	Estándar	ASI 67FMP04D	0,125
	4	4	Plano 60 mm (8 vías)	Estándar	ASI 67FMP44D	0,220
				Dual (Y)	ASI 67FMP44DY	0,220
Extendido A/B	4	–	Compacto 45 mm (4 vías)	Estándar	ASI 67FMP40E	0,125
				Dual (Y)	ASI 67FMP40EY	0,125
	2	2	Compacto 45 mm (4 vías)	Estándar	ASI 67FMP22E	0,125
	–	3	Compacto 45 mm (4 vías)	Estándar	ASI 67FMP03E	0,125
	4	3	Plano 60 mm (8 vías)	Estándar	ASI 67FMP43E	0,220
				Dual (Y)	ASI 67FMP43EY	0,220

Elementos sueltos (2)

Designación	Venta por cant. indiv.	Referencia unitaria	Peso
Tapón de estanqueidad para conector tipo M12	10	ASI 67FACC1	0,013
Derivación IP 54 para conexión ASI 67FMP40 en cable plano, longitud de cable 0,6 m con conector recto tipo M12	1	XZ CG01205D	0,090
Derivación IP 67 para conexión ASI 67FMP excepto ASI 67FMP40 en cable plano, longitud de cable 0,3 m con conector recto tipo M12	1	ASI DCPM12D03	0,150