



AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA


CURSO 2021/2022

Tema 6. Interfaces HMI. Sistemas SCADA. Comunicaciones Ethernet

1



Tema 6. Interfaces HMI. Sistemas SCADA. Comunicaciones Ethernet

- Introducción
 - Interfaces HMI en la automatización.
 - Representación de los datos.
 - Sistemas SCADA.
 - Comunicaciones Ethernet.
- 

2



INTRODUCCIÓN

3



Introducción

- Interfaz entre humano y máquina:
 - HMI: Human-Machine Interface.
 - Es el conjunto de dispositivos hardware y herramientas software que permiten a un operador interactuar con un sistema automatizado para:
 - Transmitir órdenes.
 - Conocer el estado del sistema, y de su entorno.



Parte operativa:

- Accionamientos
- Detectores



- Interfaces hardware: pulsadores, interruptores, teclados, pilotos, indicadores, etc.
- Interfaces software: basadas en programas de ordenador.



4

Introducción

Interfaz entre humano y máquina:

- HMI: Human-Machine Interface.
- Interfaces hardware avanzadas:
 - Joysticks y dispositivos 3D. Muchos incluyen realimentación háptica o de fuerza.
 - Mandos con acelerómetros.
 - Exoesqueletos.
 - Visualización con monitores y gafas 3D
 - Visualización HMD (Head-Mounted Display).

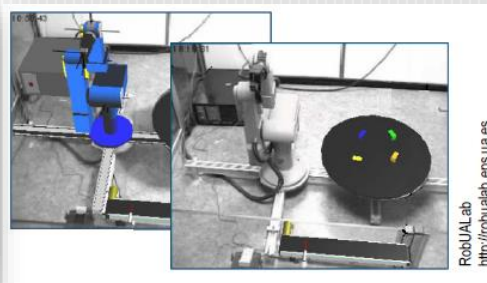
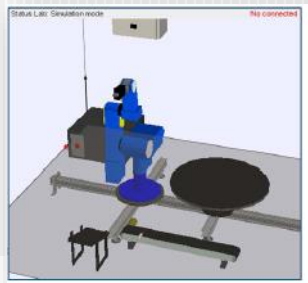


5

Introducción

Interfaz entre humano y máquina:

- HMI: Human-Machine Interface.
- Interfaces software gráficas:
 - Interfaces 2D y 3D.
 - Realidad Virtual y Realidad Aumentada.



6



INTERFACES HMI EN LA AUTOMATIZACIÓN

7

Niveles de automatización

- Se consideran tres niveles de información:
 - ERP: Enterprise Resource Planning.
 - MES: Manufacturing Execution System.
 - Control.
- Cada nivel requiere sus interfaces:
 - Control.
 - Botoneras, indicadores, y paneles de operador.
 - Indicadores y mandos de emergencia.
 - MES.
 - Sistemas SCADA.
 - Sistemas de operación y monitorización remotas.
 - ERP.
 - Aplicaciones de gestión y planificación.



8

■ HMI en la automatización

- Las interfaces en entornos industriales tienen unos requerimientos específicos:
 - Robustez. Capacidad de aguante al entorno industrial. Muy importante en los niveles inferiores.
 - Seguridad de la información. Autenticación y cifrado. Muy importante sobre todo a niveles superiores y en comunicaciones.
 - Escalabilidad. Capacidad de ampliación o modificación.
 - Tolerancia a fallos. Puede ser necesario disponer de interfaces redundantes.
- Pantallas HMI industriales:
 - Paneles o terminales gráficos. Pantalla táctil. Múltiples interfaces (serie/Ethernet) y protocolos (servicios web).
 - Controladores (PLC) o PCs industriales.



9

■ HMI en la automatización

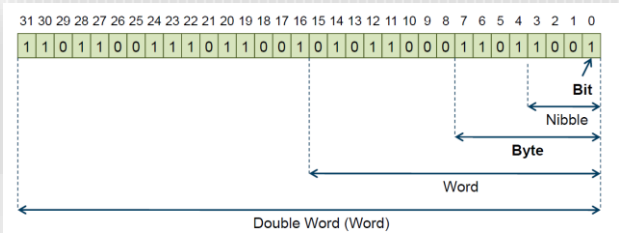
- Control remoto.
 - Telemetría o monitorización: Vigilancia a distancia de las variables que muestran el estado de un sistema.
 - Teleoperación: Gobernar a distancia (teleoperar) un dispositivo (teleoperado) por un ser humano (operador).
 - Telemanipulación: Gobernar a distancia un manipulador con el que se manejarán objetos.
 - Telerrobótica: Programación, monitorización y control de un robot a distancia.
 - Telepresencia: Cuando el sistema de teleoperación hace que el operador que maneja un dispositivo remoto tenga la sensación de encontrarse físicamente en el entorno de ese dispositivo.

10

Representación de los datos

■ Datos.

- Los valores que se leen o representan en la HMI se corresponden con parámetros o variables de los dispositivos de un sistema controlado y/o monitorizado.
- Los tipos de variables más comunes son:
 - Números enteros (Z) y reales (R).
 - Caracteres alfanuméricos.
 - Cadenas de caracteres.
- Pero las CPUs y los sistemas de comunicación digitales se basan en el sistema binario, cuyos valores son 0 y 1.



11



SISTEMAS SCADA

12

Sistemas SCADA

- SCADA: *Supervisory Control and Data Acquisition*
 - Control con supervisión y adquisición de datos.
 - Herramienta software que hace de interfaz entre el nivel de control y los de producción y de gestión.
- Objetivos:
 - Disminuir costes de monitorización de una instalación.
 - Acceso inmediato a todos los parámetros de un sistema.
 - Detección de fallos y planificación del mantenimiento.
 - Ergonomía: facilitar la relación entre usuario y proceso.
 - Puesta en marcha rápida, y fácil aprendizaje y utilización.
 - Explotación de datos para una mejor gestión.
 - Flexibilidad en la modificación de parámetros.
 - Arquitectura abierta para poder crecer o adaptarse.
 - Conectividad del control con otros sistemas de la empresa.



13

Sistemas SCADA

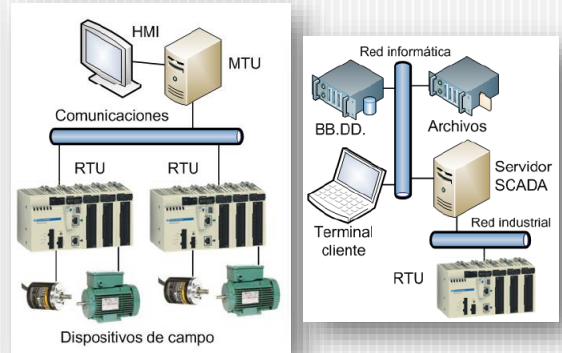
- Funciones.
 - **Adquisición de datos.** Recoger y procesar la información recibida de los dispositivos del proceso.
 - **Monitorización.** Representación de las variables del sistema en tiempo real (cumpliendo los requerimientos de tiempo).
 - **Supervisión.** Permitir al operador observar las variables y tomar decisiones de mando.
 - **Control o mando.** Permitir al operador modificar el funcionamiento del proceso mediante:
 - Cambio de las consignas de los controladores locales.
 - Operación directa sobre los accionamientos.
 - **Reconocimiento de alarmas y eventos,** para mostrarlos al operador, de forma que pueda actuar, y para registrarlos.
 - **Gestión de bases de datos,** en donde se registran las variables adquiridas. Se requieren bases de datos de baja latencia.
 - **Análisis de información.** Generación de gráficos e informes.
 - **Comunicación.** Intercambio de información con diversos dispositivos de campo y con otras aplicaciones.
 - **Programación y cálculo.** Para realizar cálculos con algoritmos complejos, con mucha resolución, o con gran cantidad de datos.

14

Sistemas SCADA

Arquitectura y equipos.

- RTU (Remote Terminal Units): equipos esclavos remotos de la planta que proporcionan y utilizan datos.
- MTU (Master Terminal Unit): Equipo maestro central, o centro de control, desde donde se controla el proceso.
- Red de comunicaciones: Desde una red de planta como Ethernet, hasta una conexión a través de Internet.



MTU: 1) Comunicación con el proceso.

Las aplicaciones de diseño SCADA suelen soportar múltiples protocolos de comunicación industriales.

2) Interfaz de usuario (HMI).

Normalmente basado en esquemas sinópticos de la planta. Se pueden atender terminales clientes con solo la interfaz.

3) Almacenamiento de datos.

Se usa una base de datos donde almacenar información para generar gráficas o estadísticas.

4) Almacenamiento de archivos.

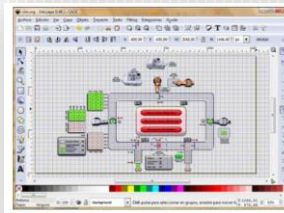
Backups, configuraciones...

15

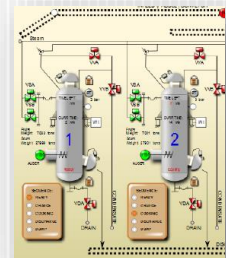
Sistemas SCADA

Módulos software.

- El software de un sistema SCADA suele ser modular. Así los entornos de desarrollo permiten crear sistemas SCADA para múltiples aplicaciones, y los SCADA son fáciles de ampliar.
- Dependiendo de la potencia del entorno de desarrollo se dispone de más o menos módulos. Los típicos son:
 - Configuración del entorno de trabajo (1).
 - Interfaz gráfica del operador (HMI) (2).
 - Registros e históricos (3).
 - Archivado de datos.
 - Tendencias: Evolución de variables.
 - Alarmas y eventos.
 - Comunicaciones (4).
 - Generación de informes.
 - Control de procesos.



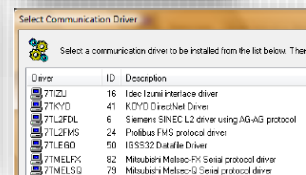
(1)



(2)

History			
Time Stamp	Group	Message	Value
2011-05-11 02:10:32		Cooker Over Heat	25
2011-05-11 02:10:17		Cooker Over Heat	25
2011-05-11 02:09:51		Cooker Over Heat	42
2011-05-11 02:09:36		Cooker Over Heat	56
2011-05-11 02:09:11		Cooker Over Heat	31
2011-05-11 02:08:32		Cooker Over Heat	55
2011-05-11 01:50:35		Cooker Over Heat	55
2011-05-11 01:49:22		Cooker Over Heat	55

(3)



(4)

16

■ Ejemplos: comerciales y de acceso libre

- Vijeo Citect y Vijeo Designer de Schneider Electric.
- WinCC de Siemens.
- Cx-Supervisor de Omron. Comerciales
- Lookout y LabView de National Instruments.
- InTouch de Wonderware.
- Pulse SCADA.
- IGSS: Interactive Graphical SCADA System (<http://www.igss.com>).
- IntegraXor de ECAVA (<http://www.integraxor.com>) Acceso libre

17



COMUNICACIONES ETHERNET

18

Comunicaciones Ethernet

- Ventajas de Ethernet
 - Ethernet se utiliza cada vez más en automatización por diferentes motivos:
 - La tecnología Ethernet es sencilla y bien conocida.
 - Muchos equipos comunes disponen de conexión Ethernet.
 - Existe una amplia infraestructura fuera del entorno industrial.
 - Facilidad de conexión con otras redes y con Internet.
 - No se requiere licencias especiales para su puesta en marcha.

19

Comunicaciones Ethernet

- Ventajas de Ethernet
 - Sobre Ethernet se puede usar los protocolos TCP/IP para interconectar redes y unificar el direccionamiento.
 - Sobre TCP/IP se pueden usar protocolos estándar:
 - Herramientas básicas de ICMP, como el “ping”.
 - Administración a través de servicios Web, FTP o SMTP.
 - Ethernet se puede enviar fácilmente sobre protocolos de otras redes como 802.11, enlaces WAN...
 - Gran ancho de banda.

20

Comunicaciones Ethernet

Real-Time sobre Ethernet:

- Para comunicaciones de tiempo real y deterministas se requieren protocolos adicionales a Ethernet: RTP (Real Time Protocol) sobre UDP, conexiones TCP, u otros específicos.
- Incorporar los protocolos TCP/IP en dispositivos simples es complicado porque se requieren bastantes recursos.
- Las tramas de Ethernet tienen un tamaño mínimo bastante grande, y la eficiencia es baja si usa para mensajes pequeños:

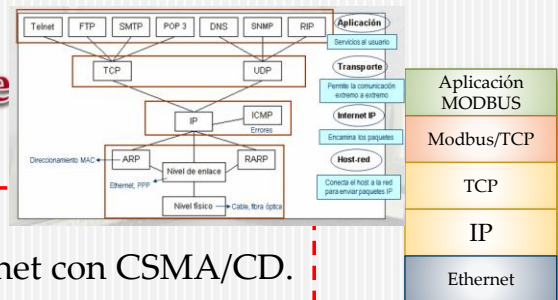


21

Comunicaciones Ethernet

NRT/RT Ethernet:

- Tiempo de ciclo > 100 ms.
- Basado en TCP/IP sobre Ethernet con CSMA/CD.
- Para aplicaciones poco exigentes.



- Los datos de E/S viajan directamente sobre tramas IEEE 802.3, usando VLAN para definir 7 niveles de prioridad. El tráfico RT tiene mas prioridad que TCP/IP.
- También puede usarse un protocolo de tiempo real sobre UDP, lo que permite la interconexión de redes y destinos multicast.

22

Comunicaciones Ethernet

- Hay muchas, pero destacan los siguientes:

Nombre	Protocolos
Modbus-TCP	TCP/IP
PROFINET PROFINET IO	RTP sobre UDP/IP
Ethernet/IP (EIP)	TCP, UDP, CIP
HSE: Foundation Fieldbus High Speed Ethernet	TCP/IP
Ethernet Powerlink	TCP/IP
EtherCAT	EtherCAT, EtherCAT/UDP
FL-Net (OPCN-2)	UDP/IP

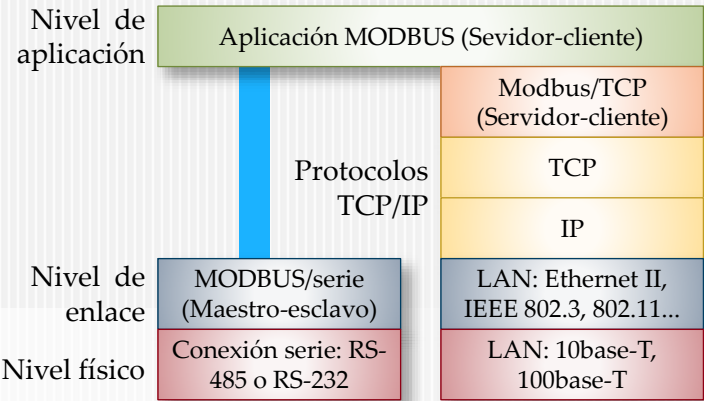
23

Modbus

- Define una arquitectura de tres niveles.
 - MODBUS + MODBUS/serie + Conexión serie.
 - MODBUS + MOSBUS/TCP + [TCP/IP + LAN].

- Comunicación cliente-servidor:

- Cliente = maestro.
- Servidor = esclavo.



24

MODBUS

25

Modbus

- Es un protocolo estándar sencillo y versátil.
 - No es más eficiente y rápido, pero está muy extendido y es soportado por muchos equipos.
- Fue ideado en 1979 para los PLCs Modicon
 - Hoy en día la marca Modicon pertenece de Schneider Electric.
- Está especificado por la MODBUS Organization:
 - <http://www.modbus.org>
- Las especificaciones son de acceso libre y gratuito.



26

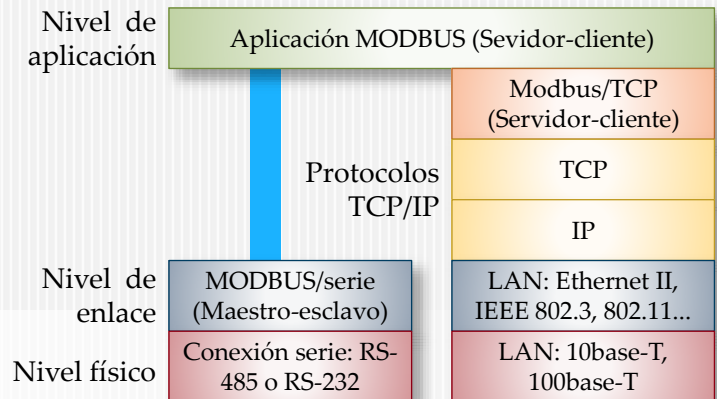
26

Modbus

- Define una arquitectura de tres niveles.
 - MODBUS + MODBUS/serie + Conexión serie.
 - MODBUS + MODBUS/TCP + [TCP/IP + LAN].

- Comunicación cliente-servidor:

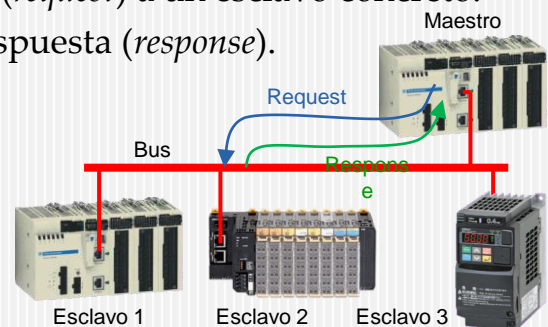
- Cliente = maestro.
 - Servidor = esclavo.



27

MODBUS - Protocolo del nivel de aplicación

- Define un protocolo maestro-esclavo muy sencillo.
- Modo *unicast*:
 - El maestro envía una petición (*request*) a un esclavo concreto.
 - El esclavo contesta con una respuesta (*response*).
 - La petición puede ser para:
 - Enviar valores al esclavo.
 - Pedir valores al esclavo.

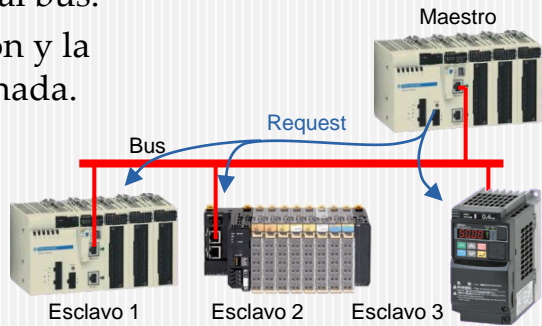


28

28

MODBUS - Protocolo del nivel de aplicación

- Modo *broadcast*:
 - El maestro envía una petición (*request*) a todos los esclavos conectados al bus.
 - Los esclavos aceptan la petición y la procesan, pero no responden nada.
- La petición sirve para enviar los mismos valores a todos los esclavos.



29

29

MODBUS - Protocolo del nivel de aplicación

- Todas las peticiones que envía el maestro llevan asociado un código de función que indica al esclavo la operación que debe realizar.
- Los códigos de función soportados por un dispositivo dependen de las funciones que realiza.

Códigos de función más comunes de MODBUS			
Código decimal	Código hexadecimal	Función	Tipo de datos
1	16#01	Leer estado de marcas y salidas digitales (bobinas)	Bit
2	16#02	Leer estado de entradas digitales	Bit
3	16#03	Leer registros	Entero 16 bits
4	16#04	Leer entradas analógicas	Entero 16 bits
5	16#05	Forzar valor de una salida digital (bobina)	Bit
6	16#06	Establecer valor de un registro	Entero 16 bits
15	16#0F	Forzar múltiples marcas o salidas digitales (bobinas)	Bit
16	16#10	Establecer múltiples registros	Entero 16 bits

30

30

MODBUS - Protocolo del nivel de aplicación

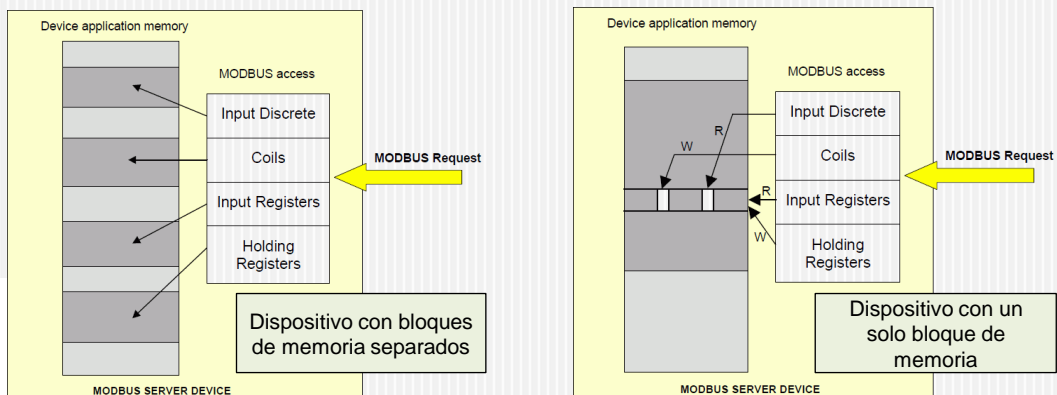
- Cuando el maestro envía una petición solicitando una función al esclavo, tiene que indicar qué valor o valores del esclavo se ven afectados.
 - Una función puede afectar a más de un valor.
- Los valores del esclavo pueden ser estos objetos:
 - Bobinas (*coils*). Bits de salida o de marcas en memoria.
 - Entradas digitales (*discrete input*). Valores de bit de las entradas.
 - Entradas analógicas (*input registers*). Valores enteros de los ADC.
 - Registros (*holding registers*). Valores enteros en memoria.

31

31

MODBUS – Objetos de esclavo

- En función del dispositivo esclavo, los objetos de MODBUS se corresponden (o “mapean”) con variables de memoria o E/S.



32

32

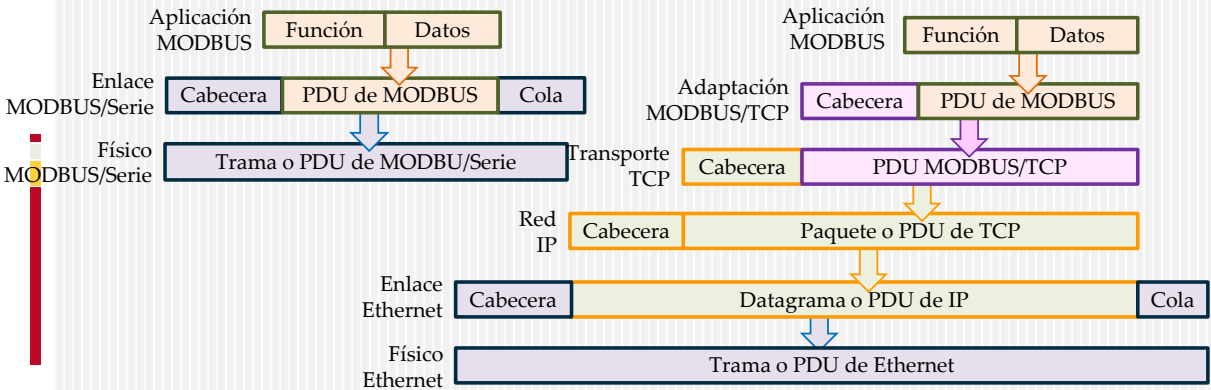
MODBUS – Objetos de esclavo

- El fabricante debe proporcionar la tabla de objetos que son accesibles con MODBUS, indicando sus direcciones.

Tabla de correspondencias de direcciones de objetos de un dispositivo MODBUS						
Función	Dirección Modbus	Dirección en dispositivo	Dirección IEC61131	Tipo de registro	Tipo de datos	Tipo de acceso
16#01, 16#05, 16#0F	0 a 9.999	1 a 10.000	%M0, %M1...	Coils: Salidas o registros de aplicación digitales	Bits	Lectura y escritura
16#02	0 a 9.999	10.001 a 20.000	%I0, %I1...	Discrete input: Entradas digitales	Bits	Lectura
16#04	0 a 9.999	30.001 a 40.000	%IW0, %IW1...	Input Registers: Entradas analógicas	Entero 16 bits	Lectura
16#03, 16#06, 16#10	0 a 9.999	40.001 a 50.000	%MW0, %MW1...	Holding Registers: Registro general de la aplicación	Entero 16 bits	Lectura y escritura

MODBUS – PDUs de aplicación

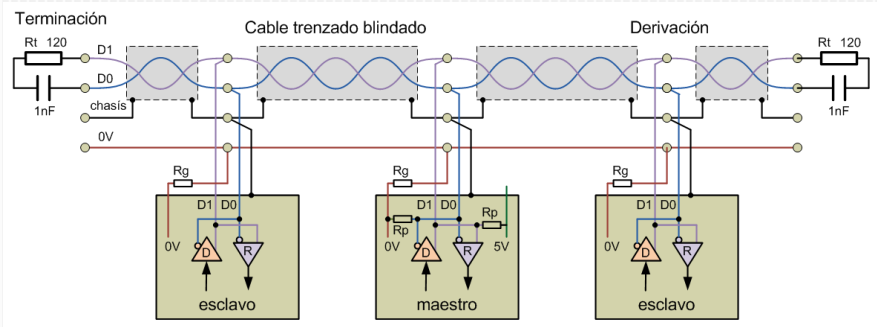
- Las PDUs (*Protocolo Data Unit*) son los bloques de datos que intercambian el maestro y los esclavos para realizar las peticiones y respuestas.
- MODBUS define PDUs para los niveles aplicación y enlace:



MODBUS/Serie - Nivel físico

- MODBUS serie está ideado para funcionar sobre un bus multipunto y semi-dúplex, como el EIA RS-485.

5.5. MODBUS



MODBUS/Serie - Nivel físico

- Los conectores más utilizados para el cableado de RS-485 con MODBUS son:
 - DB9.
 - RJ-45.

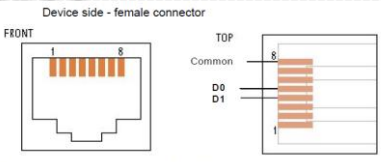
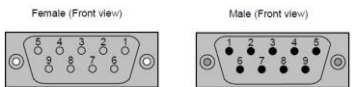


Figure 24: 2W-MODBUS on RJ45 connector (required pin-out)



PIN	Función
1	RS-232 RD
2	RS-232 TD
3	RS-232 RTS
4	RS-485 D1
5	RS-485 D0
6	RS-232 CTS
7	5V 190mA
8	GND

Schneider M340

The Modbus Organization
<http://www.modbus.org>

Pin on RJ45	Pin on D9-shell	Level of requirement	IDv Circuit	ITr Circuit	EIA/TIA-485 name	Description for IDv
3	3	optional	PMC	--	--	Port Mode Control
4	5	required	D1	D1	B/B'	Transceiver terminal 1, V1 Voltage (V1 > V0 for binary 1 [OFF] state)
5	9	required	D0	D0	A/A'	Transceiver terminal 0, V0 Voltage (V0 > V1 for binary 0 [ON] state)
7	2	recommended	VP	--	--	Positive 5...24 V D.C. Power Supply
8	1	required	Common	Common	C/C'	Signal and Power Supply Common

5.5. MODBUS

MODBUS/Serie - Limitaciones

- En un bus serie solo hay un maestro activo en un momento dado.
 - Un equipo se configura y funciona como maestro o esclavo, pero no como ambos a la vez.
 - Algunos equipos pueden conmutar entre maestro y esclavo.
 - Si se necesita conmutar un maestro a esclavo, se requiere tener reservada una dirección de esclavo para él.
- En un bus serie sólo puede haber una operación simultánea de lectura o escritura pendiente.
- Todos los equipos del bus deben utilizar los mismos parámetros de configuración serie (velocidad, paridad, bits de parada...).
 - Los parámetros se configuran al diseñar el proyecto en el entorno de programación, y no se cambian durante la ejecución.

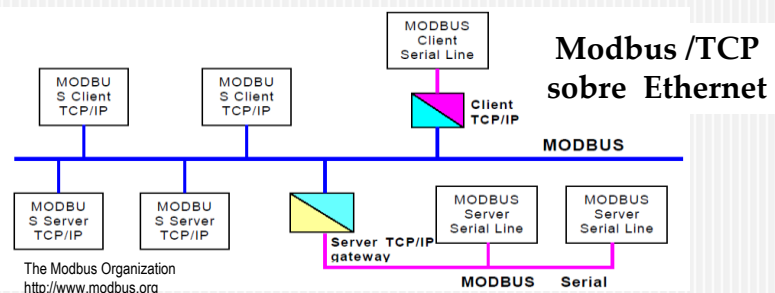
37

37

MODBUS/TCP - Características

- Con MODBUS/TCP se usa un **modelo cliente-servidor**:
 - Los esclavos de MODBUS son servidores de TCP (puerto 502).
 - Los maestros de MODBUS son clientes de TCP (puerto > 1024).
- El servidor de una pasarela MODBUS/TCP puede atender varios dispositivos esclavos de MODBUS/Serie.

5.5. MODBUS



38

38



Ingeniería Informática



AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA

CURSO 2021/2022

Tema 6. Interfaces HMI. Sistemas SCADA. Comunicaciones Ethernet