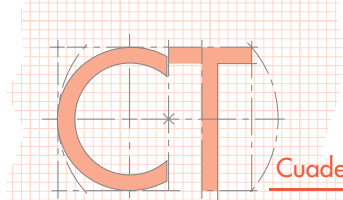


Comunicación vía bus con interruptores ABB

1TXA007103G0701 000609





Comunicación vía bus con interruptores ABB

Índice

1 Introducción	2	4.5 Ejemplo de elección de los productos para la supervisión y el telecontrol	36
2 Comunicación digital	3	4.6 Integración de los interruptores automáticos en los buses de campo Profibus DP y DeviceNet	38
2.1 Protocolos de comunicación	4	4.6.1 Supervisión y telecontrol	39
2.1.1 Nivel físico	5	4.6.1.1 Interruptores abiertos Emax E1-E2-E3-E4-E6	39
2.1.1.1 Interfaces RS-232 y RS-485	6	4.6.1.2 Interruptores abiertos Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7	40
2.1.2 Nivel de transmisión de datos	8	4.6.1.3 Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6	41
2.1.3 Nivel de aplicación	8		
2.1.4 Compatibilidad entre niveles	9		
3 Supervisión de las instalaciones eléctricas de distribución	10	5 Ejemplos de aplicación	
3.1 Supervisión con los interruptores automáticos ABB	12	5.1 Supervisión de las protecciones y maniobra de los interruptores	43
4 Solución ABB para la comunicación vía bus		5.2 Atribución de los costes energéticos de una instalación	44
4.1 Interruptores automáticos abiertos y en caja moldeada	14	5.2.1 Descripción del sistema de distribución y comunicación	45
4.1.1 Interruptores abiertos Emax E1-E2-E3-E4-E6	14	5.2.2 Funcionamiento	45
4.1.2 Interruptores abiertos Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7	16	5.3 Gestión de las cargas prioritarias y no prioritarias	46
4.1.3 Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6	18		
4.2 Una solución para interruptores automáticos sin interfaz Modbus, el SD030DX	21	Apéndice A: Medidas, datos y comandos para la supervisión y el telecontrol	47
4.3 Red Modbus RS-485 (Normas para el correcto cableado)	25	Apéndice B: Características eléctricas de la tensión de alimentación auxiliar	51
4.3.1 Funcionamiento del sistema Modbus	29	Apéndice C: Módulos de comunicación	52
4.4 Software SD-TestBus2 y SD-View 2000	30	Apéndice D: Módulos de medida	56
4.4.1 SD-TestBus2	30	Apéndice E: Contactos auxiliares AUX-E y mando con motor MOE-E	58
4.4.1.1 Escaneo del bus del sistema	30	Apéndice F: Bit de paridad	60
4.4.1.2 Interacción con cada uno de los dispositivos	32		
4.4.2 SD-View 2000	34		

1 Introducción

La cada vez mayor utilización de sistemas de automatización y de supervisión de procesos industriales, debido a que ofrecen una mejor gestión de las instalaciones eléctricas y tecnológicas, ha llevado a los constructores de interruptores automáticos a implementar en los relés de protección electrónicos interfaces para el diálogo y la comunicación vía bus con aparatos de control como PC, PLC o SCADA.

De esta forma, además de para la protección y la maniobra, los interruptores automáticos se utilizan para la supervisión y el control de las instalaciones eléctricas de distribución.

El presente cuaderno de aplicaciones técnicas tiene por objeto acercar al lector los conceptos básicos de:

- redes y protocolos de comunicación
- diálogo entre dispositivos electrónicos "inteligentes"

y describir las funciones de los relés de protección electrónicos que permiten a los interruptores automáticos ABB la comunicación vía bus.

En particular, pretende ofrecer toda la información útil para la elección y el uso correctos de los relés de protección, de los accesorios y del software necesarios

para integrar los interruptores automáticos ABB en los sistemas de supervisión de las instalaciones eléctricas y tecnológicas (por ejemplo, las líneas de producción en los procesos industriales).

Esta publicación está dividida en cuatro partes fundamentales:

- introducción a la comunicación digital y conceptos básicos sobre los protocolos de comunicación;
- supervisión de las instalaciones eléctricas de distribución;
- solución ABB para la comunicación vía bus;
- algunos ejemplos de aplicación de los interruptores ABB en la gestión automatizada de las instalaciones eléctricas de distribución.

Además, se incluyen apéndices en los que se profundiza en aspectos funcionales y aplicativos de los productos (módulos de comunicación, módulos de medida, contactos auxiliares electrónicos y conectores apropiados), necesarios para las funciones de medida y de comunicación vía bus de los interruptores automáticos.



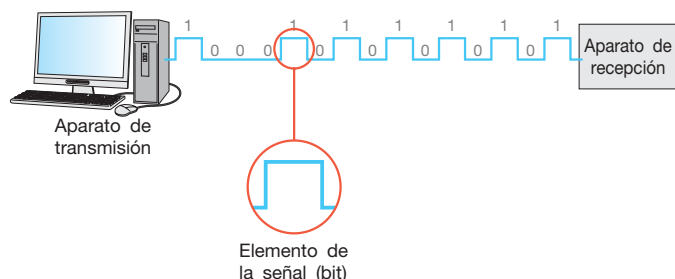
2 Comunicación digital

La comunicación digital es un intercambio de datos (en formato binario, representado mediante bits¹) entre dispositivos electrónicos "inteligentes" dotados de sus correspondientes circuitos e interfaces.

Generalmente, la comunicación se produce de forma serial, es decir, los bits que constituyen un mensaje o un paquete de datos se transmiten uno detrás de otro a través del mismo canal de transmisión (medio físico).

¹ Un bit es la unidad de información elemental gestionada por un ordenador y corresponde al estado de un dispositivo físico, que es interpretado como 0 o 1. Una combinación de bits puede indicar un carácter alfabético, una cifra numérica o bien efectuar una señalización, una conmutación u otra función.

Figura 1: Secuencia de bits



Los aparatos que deben intercambiarse los datos y la información se encuentran interconectados por medio de una red de comunicación.

Por lo general, una red está compuesta por nodos interconectados con líneas de comunicación:

- el nodo (un dispositivo "inteligente" capaz de dialogar con otros dispositivos) constituye el punto de transmisión y/o recepción de los datos;
- la línea de comunicación es el elemento de conexión de dos nodos, el recorrido directo que la información sigue para ser transferida entre ambos nodos; dicho de otra forma, es el medio físico (cable coaxial, par trenzado, fibras ópticas, rayos infrarrojos) por el que viajan la información y los datos.

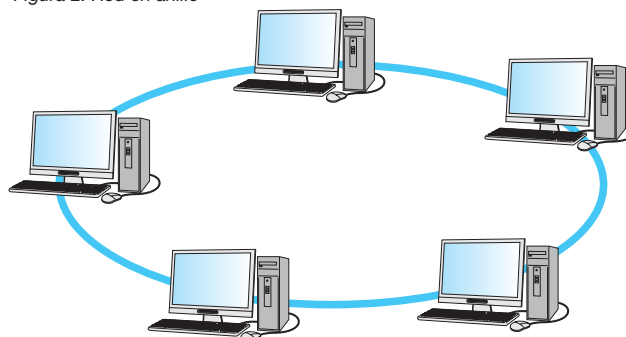
Las principales redes de comunicación pueden clasificarse en las siguientes tipologías:

carse en las siguientes tipologías:

- Red en anillo

Las redes en anillo están constituidas por una serie de nodos (en la Figura 2 representados por PC) interconectados formando un anillo cerrado.

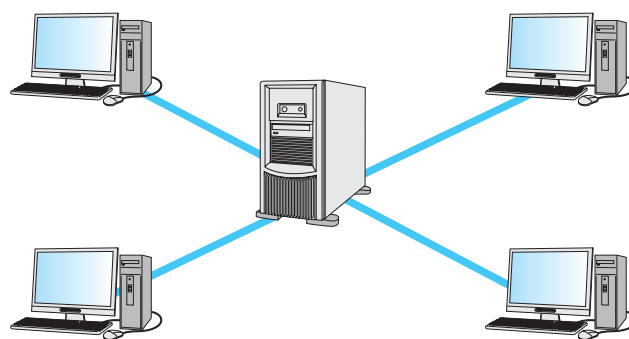
Figura 2: Red en anillo



- Red en estrella

Las redes en estrella están basadas en un nodo central al que se conectan todos los demás nodos periféricos.

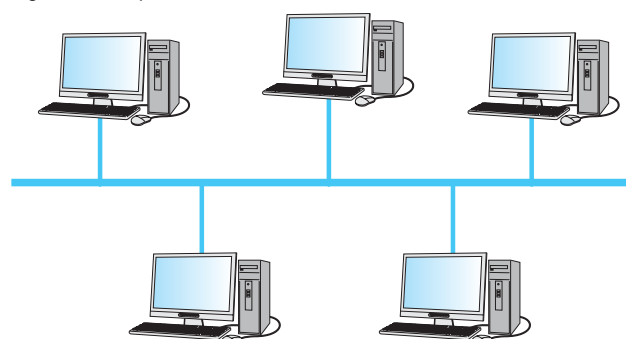
Figura 3: Red en estrella



- Red tipo bus

La red tipo bus se basa en un medio de transmisión (generalmente, un cable en espiral o un cable coaxial) en común para todos los nodos conectados, por tanto, en paralelo.

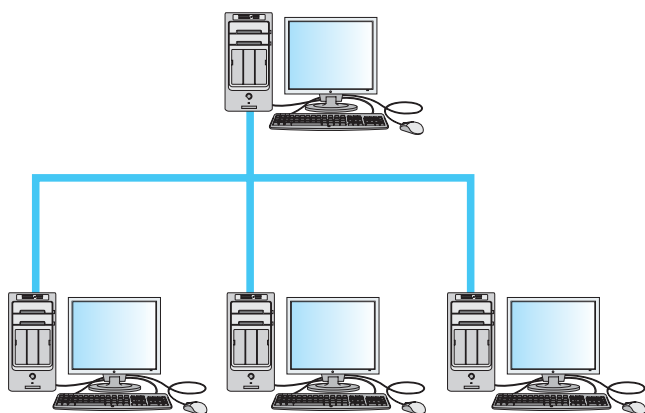
Figura 4: Red tipo bus



Algunos ejemplos de gestión de procesos en los que se requiere el diálogo entre los dispositivos que forman parte de una red de comunicación son:

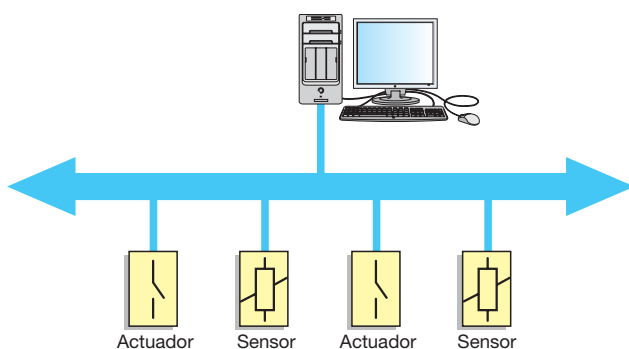
- 1) el intercambio de datos entre los PC de una sociedad o empresa conectados entre sí por medio de una red LAN².

Figura 5: Ejemplo de red LAN



- 2) la emisión y recepción de datos y comandos entre un sistema de supervisión y control y los dispositivos de campo (sensores y actuadores) de un sistema de automatización para la gestión de un proceso industrial.

Figura 6: Ejemplo de un sistema de supervisión para la gestión de un proceso industrial



Para gestionar el tráfico de datos de una red y para que dos dispositivos que dialogan sean capaces de entenderse recíprocamente es necesario un protocolo de comunicación. El protocolo de comunicación es el sistema de normas y comportamientos que dos entidades deben respetar para intercambiar información, una convención precisa asociada a los datos intercambiados entre las partes.

² LAN (Local Area Network): redes locales (por ejemplo, Ethernet) que unen entre sí ordenadores y terminales físicamente cercanos, conectados, por ejemplo, en la misma oficina o en el mismo edificio.

Los protocolos utilizados para la comunicación de los diferentes dispositivos empleados en las aplicaciones industriales son muy numerosos y varían en función de las exigencias de comunicación de cada aplicación, que pueden ser:

- cantidad de datos que se van a transmitir;
 - número de dispositivos implicados;
 - características del entorno en el que va a producirse la comunicación;
 - vínculos de tiempo;
 - criticidad o no de los datos que se van a enviar;
 - posibilidad o no de corregir errores de transmisión;
- y muchas otras.

Por otro lado, existe una amplia variedad de protocolos utilizada en la comunicación entre aparatos informáticos, como los ordenadores y sus respectivos periféricos.

A continuación abordaremos este tema, pero nos limitaremos a describir los protocolos utilizados en la comunicación industrial entre dispositivos de campo, es decir, aquellos dispositivos que interactúan directamente con el proceso físico que se quiere mantener bajo control.

Particularmente, los conceptos aplicados a la gestión de las instalaciones eléctricas de distribución de energía de baja tensión son los de comunicación, supervisión y control.

2.1 Los protocolos de comunicación

Los protocolos utilizados actualmente en las comunicaciones industriales son muy complejos.

Para simplificar, se suelen describir separadamente los niveles de funcionamiento; en cada protocolo, se distingue un nivel físico "physical layer", un nivel de transmisión de datos ("data link") y un nivel de aplicación ("application layer"). Cada uno de estos niveles describe un aspecto del funcionamiento de la comunicación, a saber:

- el nivel físico determina la conexión entre los diversos dispositivos desde el punto de vista de hardware, describiendo las señales eléctricas utilizadas para transmitir los bits de uno a otro; describe, por ejemplo, las conexiones eléctricas y los métodos de cableado, las tensiones y las corrientes utilizadas para representar los bits 1 y 0 y sus duraciones.

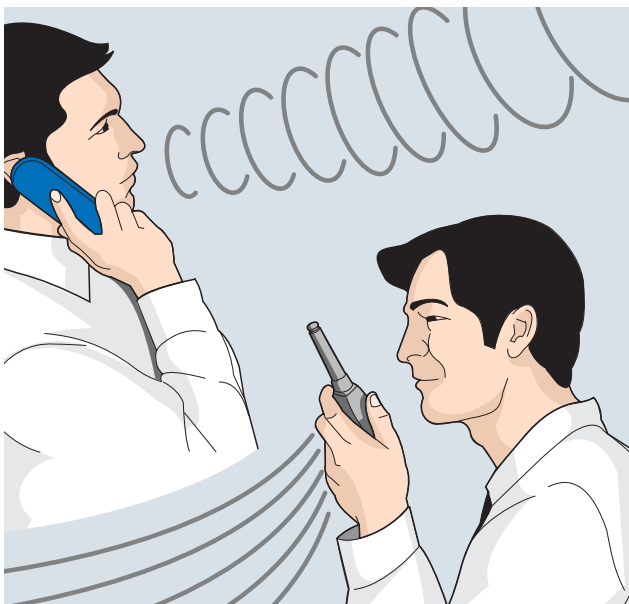
En los protocolos industriales, el nivel físico es generalmente una de las interfaces estándar tipo RS-232, RS-485, RS-422, etc.;

- el nivel de transmisión de datos describe cómo los bits se agrupan en caracteres y éstos en paquetes y cómo los posibles errores son detectados y corregidos. Cuando es necesario, también define los turnos y las prioridades que los dispositivos deben respetar para acceder al medio de transmisión;
- el nivel de aplicación indica cuáles son los datos transmitidos y cuál es su significado en relación con el proceso bajo control. En este nivel, se especifica qué datos deben contenerse en los paquetes transmitidos y recibidos y cómo son utilizados.

En términos generales, estos niveles son independientes unos de otros. Si extrapolamos el concepto de los niveles a la comunicación entre personas, podría decirse que hablar por teléfono o por emisor-receptor de radio equivaldría al nivel físico, hacerlo en inglés o en francés sería el nivel de transmisión de datos y el tema de la conversación correspondería al nivel de aplicación.

Para llevar a cabo con éxito la comunicación entre dos entidades, todos los niveles considerados deberán corresponderse; por ejemplo, si usamos el teléfono, no podremos hablar con quien está usando una radio, no podremos entendernos utilizando diferentes lenguas, etc.

Figura 7: Imposibilidad de comunicación entre radio y teléfono



Sin pretender realizar una descripción completa de los protocolos existentes, señalamos algunas de las características de los sistemas de comunicación a través de una breve descripción de los tres niveles anteriormente citados.

2.1.1 El nivel físico

En este nivel físico, tenemos:

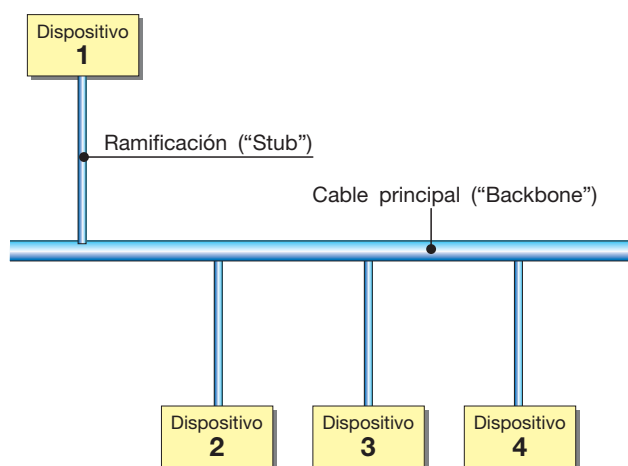
- sistemas Wireless (sin cables) que utilizan como medio físico ondas de radio, rayos infrarrojos o señales luminosas que se propagan libremente por el espacio;
- sistemas Wired, o cableados, en los que las señales se transmiten por medio de cables (o en su caso fibras ópticas).

Entre estos últimos hay:

- sistemas con cableado punto a punto ("point to point"), en los que cada tramo de cable conecta dos dispositivos y sirve exclusivamente para la comunicación entre ellos (como clásico ejemplo, la comunicación entre un PC y una impresora). Esta comunicación puede ser de tipo "full duplex", si ambos dispositivos pueden transmitir al mismo tiempo, o "half duplex", si pueden hacerlo sólo alternándose;
- sistemas con cableado multipunto (también llamado "multidrop"), en los que muchos dispositivos comparten en paralelo el mismo cable de comunicación (véase Figura 8).

Entre los sistemas multipunto destacan los de conexión de tipo bus, en los que un cable principal sin o con ramificaciones muy cortas conecta en paralelo entre sí todos los dispositivos.

Figura 8: Sistema multipunto con conexión de tipo bus



En las redes industriales, las interfaces de nivel físico más utilizadas son la RS-232 para conexiones punto a punto y la RS-485 para conexiones multipunto.

2.1.1.1 Las interfaces RS-232 y RS-485

En el nivel físico, tenemos:

La interfaz RS-232, muy utilizada con los PC, también conocida como puerto serie, es un sistema de comunicación serie de puerto asíncrono punto a punto que puede funcionar en "full duplex".

Figura 9: Conector serie RS-232 de 9 pines



Figura 10: Cable serie RS-232 de 9 pines



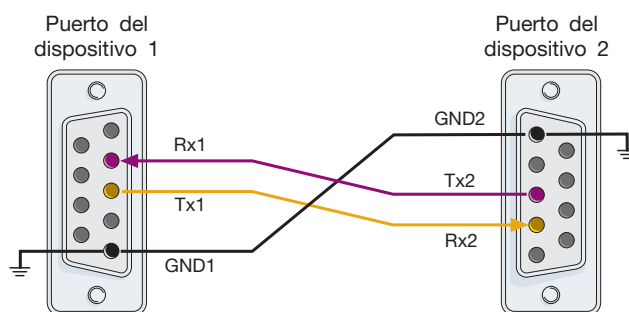
Dichas características pueden describirse de la siguiente manera:

- serie significa que los bits se transmiten uno tras otro;
- asíncrono significa que cada dispositivo puede transmitir un carácter cada vez, separados por intervalos de tiempo largos o cortos según las necesidades;
- punto a punto significa que sólo dos dispositivos pueden estar conectados entre sí siguiendo esta modalidad. Si se quiere utilizar la RS-232 para conectar más de dos dispositivos, cada pareja debe contar con un canal independiente y con dos puertos dedicados;
- "Full duplex" significa que los dispositivos pueden

transmitir y recibir al mismo tiempo. El funcionamiento en "full duplex" es posible gracias a que existen dos conexiones eléctricas separadas para las dos direcciones en las que los datos viajan.

Los bits se transmiten en forma de niveles de tensión desde el terminal de transmisión (Tx) de un dispositivo al terminal de recepción (Rx) del otro dispositivo. Las tensiones son referidas a un conductor de tierra de señal (GND) conectado al homónimo terminal de los dos dispositivos.

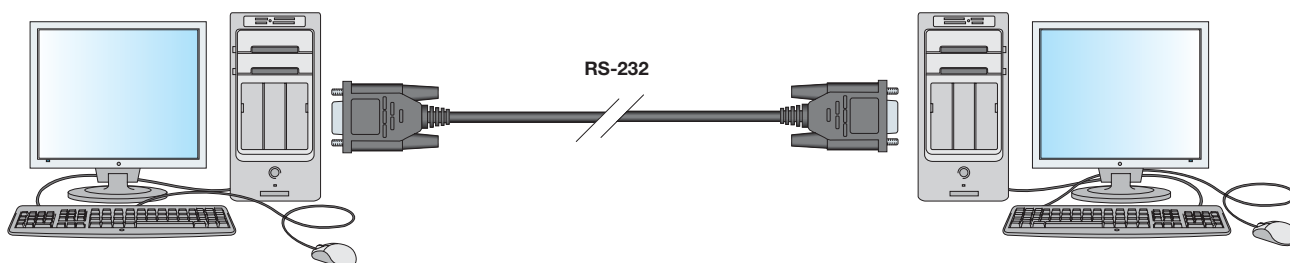
Figura 12: Conexiones básicas para la comunicación entre dos dispositivos con la interfaz RS-232.



Para la conexión se necesitan al menos tres líneas (Tx, Rx y GND): pueden utilizarse más conexiones para regular el flujo de datos (por ejemplo, indicar cuándo un dispositivo está listo para transmitir o recibir); estas operaciones, que constituyen los procesos de "handshaking" y "flow control"³, no serán desarrolladas en este documento. Cada uno de los caracteres que transita por el cable serie está constituido por:

- uno o más bits de inicio, que sirven para informar al dispositivo receptor de la llegada de un nuevo carácter (el dispositivo receptor de una interfaz asíncrona no sabe cuándo se presenta un carácter, por tanto hay que indicárselo con anterioridad);
- cierto número de bits de datos (por ejemplo 8);
- un eventual bit de paridad, que sirve para reconocer

Figura 11: Conexión punto a punto entre dos PC



³ "Flow control": metodología para el control del flujo de la información.

"Handshaking": intercambio de señales preestablecidas entre dos dispositivos con el fin de obtener una correcta comunicación. Mediante este intercambio de señales los dispositivos comunican que tienen datos para transmitir o que están listos para recibir.

si entre los bits transmitidos existe alguno erróneo (en ese caso, el carácter al completo es considerado no válido y se descarta): el bit de paridad, si se utiliza, puede ser configurado en modalidad par o impar;

- uno o más bits de parada, que concluyen la transmisión.

Todos los bits descritos tienen la misma duración: la interfaz serie está configurada para transmitir un cierto número de bits por segundo (bps o baudios). Las velocidades de transmisión están estandarizadas, de manera que suelen usarse múltiplos de 300 bits por segundo. Por ejemplo, un dispositivo puede transmitir a 9600, 19200 o 38400 baudios o bits por segundo.

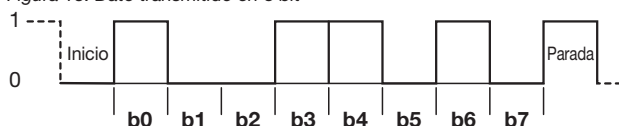
Para una óptima comunicación, es indispensable que los dos dispositivos utilicen los mismos ajustes: "baud rate" (velocidad de transmisión), número de bits de datos, de inicio y de parada, el uso o no del bit de paridad y, en caso afirmativo, la modalidad (par o impar).

Si esto no se produce, ningún carácter será reconocido correctamente y, por consiguiente, será imposible transmitir datos.

Por ejemplo, en la cadena de bits representada en la Figura 13, pueden distinguirse:

- un bit de inicio;
- 8 bits (b0....b7) que componen el dato;
- un bit de parada.

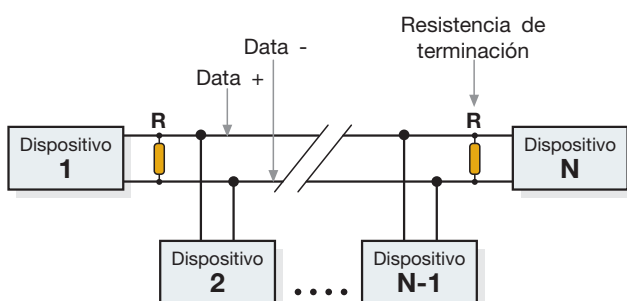
Figura 13: Dato transmitido en 8 bit



La interfaz RS-485 se distingue de la RS-232 por sus propiedades eléctricas y de conexión.

Sus ventajas principales son: la posibilidad de realizar conexiones multipunto⁴, es decir, entre más de dos dispositivos (véase Figura 14), y una mayor inmunidad a las perturbaciones eléctricas.

Figura 14: Sistema multipunto con conexión por bus con RS-485



Estas características la convierten en la interfaz más utilizada en el medio industrial, desde las primeras versiones de Modbus (años sesenta) a los más modernos Modbus RTU, Profibus-DP, DeviceNet, CANopen y As-Interface.

En la RS485, todos los dispositivos están conectados en paralelo a un único bus formado por dos conductores, denominados: Data+ y Data-, o también A y B o Data1 y Data2, según los diferentes fabricantes de los dispositivos.

Las señales utilizadas son diferenciales; esto quiere decir que los bits están representados por la diferencia de potencial entre Data+ y Data-. Los conductores se encuentran entrelazados y próximos el uno al otro, para que así las perturbaciones eléctricas les afecten con la misma intensidad, de manera que la diferencia de tensión se altere lo menos posible.

Cuando un dispositivo no está transmitiendo, se pone "en recepción", presentando una impedancia elevada en el puerto de comunicación.

Las especificaciones estándar RS-485 (EIA/TIA-485)⁵ imponen límites a la impedancia de entrada y ponen requisitos a la corriente/potencia que cada dispositivo debe poder transferir a través de la línea durante la transmisión.

Concretamente, de acuerdo con lo establecido en el estándar de referencia, para una correcta transmisión de datos no debe haber más de 31 dispositivos "en recepción" conectados a la línea.

Por lo tanto, según lo establecido en la norma, la RS-485 garantiza una correcta comunicación con un número máximo de dispositivos conectados al bus de 32, habiendo en cada ciclo de comunicación un dispositivo "en transmisión" y los otros 31 "en recepción".

De hecho, puesto que todos los dispositivos están conectados en paralelo a un único bus, sólo puede transmitir uno a la vez, ya que de lo contrario las señales se superponen y se vuelven irreconocibles.

La interfaz RS-485 no incorpora ningún mecanismo para definir qué dispositivo tiene permiso para transmitir; esta tarea compete a los niveles superiores del protocolo utilizado.

La estructura de cada carácter transmitido, su duración y las posibilidades de configuración de la transmisión son las mismas que las anteriormente vistas para el puerto serie RS-232; se puede tener una transmisión programada a una velocidad de 19200 baudios, con 1 bit de inicio, 1 bit de parada y 1 bit de paridad usado, por ejemplo, en modalidad Par.

Todos los dispositivos conectados a un mismo bus deben estar programados de la misma manera para poder comunicarse entre sí.

⁴ En una conexión multipunto, los dispositivos suelen estar conectados en paralelo a un cable principal.

⁵ El EIA/TIA-485 "Differential Data Transmission System Basics" es el documento que describe el estándar RS485, al que todos los fabricantes hacen referencia.

2.1.2 Nivel de transmisión de datos

En este nivel de transmisión de datos, se habla de protocolo maestro-esclavo ("master-slave") cuando uno de los dispositivos (el maestro) tiene la función de controlar y gestionar la comunicación de todos los demás (esclavos). Sin embargo, se habla de sistemas entre iguales ("peer-to-peer") cuando no existe tal jerarquía y los dispositivos acceden al medio de comunicación de igual manera (en este caso, el protocolo incluye los procedimientos para gestionar los turnos y las prioridades de acceso al medio de comunicación; es el ejemplo de Ethernet).

Entre los protocolos de comunicación más utilizados se encuentran:

- Modbus RTU, el protocolo de conexión más usado en los dispositivos electrónicos-industriales;
- ProfiBus-DP, usado para la comunicación de campo con sensores y actuadores inteligentes, generalmente, con intercambio de datos veloz y cíclico entre aparatos de campo y controladores;
- DeviceNet, también usado para la interfaz entre dispositivos de campo y controladores (PC, PLC);
- AS-i, para la comunicación con sensores muy sencillos, como los interruptores de fin de carrera, o dispositivos de mando (pulsadores).

2.1.3 Nivel de aplicación

El nivel de aplicación da un significado a los datos transmitidos; dicho de otro modo, asocia un comando (por ejemplo, abre/cierra el interruptor) o un número (por ejemplo, valores de tensión) a los datos en formato binario que los dispositivos se intercambian por medio de las redes de comunicación.

Pongamos como ejemplo el uso del protocolo Modbus para leer a distancia los valores de corriente almacenados en un interruptor Tmax con relé de protección PR222DS/PD.

Cada relé de protección almacena los valores de las magnitudes y de los parámetros en registros; estos registros pueden ser de sólo lectura (como el registro de medida de las corrientes) o de lectura y escritura (como el registro para la programación de las curvas y los umbrales de intervención de las protecciones)⁶.

En el relé de protección PR222DS/PD, las corrientes son almacenadas en los registros a partir de 30101.

Nº de registro	Contenido del registro	Significado del contenido
30101	198	IL1 Corriente en la fase 1 [A]
30102	298	IL2 Corriente en la fase 2 [A]
30103	447	IL3 Corriente en la fase 3 [A]
30104	220	ILN Corriente en el neutro [A]

Cuando el maestro (por ejemplo, un PC) quiere leer los valores de las corrientes, envía al interruptor un mensaje que contiene:

- el número de los registros que almacenan los datos (el número de registro lleva asociadas las magnitudes medidas; en el ejemplo se indican los registros de 30101 a 30104 que contienen los valores de las corrientes;
- el tipo de operación (por ejemplo, lectura de los valores contenidos en el registro).

El esclavo (en este caso el interruptor) responde enviando al maestro los valores requeridos.

Después, dichos valores son mostrados al operador en un formato comprensible a través de las interfaces de usuario de los programas y las aplicaciones de supervisión, que facilitan la presentación de la información y de los datos procedentes del proceso controlado.

En la Figura 15 se representa la interfaz de usuario del software SDView2000, mediante la cual un operador puede:

- visualizar los valores de las corrientes y los datos contenidos en el interruptor que protege la sección de una instalación eléctrica;
- efectuar operaciones de apertura y cierre del interruptor a distancia.

Figura 15: Ejemplo de interfaz de usuario para la supervisión de una instalación eléctrica



⁶ Para más información sobre la estructura del esquema Modbus de los relés de protección ABB dotados de interfaz de comunicación, ver los siguientes documentos:

- Instruction manual PR122-3/P+PR120/DM-PR332-3/P+PR330/DM Modbus System Interface;
- Instruction manual PR223EF Modbus System Interface;
- Instruction manual PR223EF Modbus System Interface;
- Instruction manual PR222DS/PD Modbus System Interface.

2.1.4 Compatibilidad entre niveles

En la comunicación industrial, los diferentes dispositivos que se intercambian información deben utilizar los mismos protocolos en todos los niveles involucrados. Por ejemplo, como veremos en los capítulos sucesivos, los interruptores ABB utilizan el protocolo Modbus RTU con RS-485. Sin embargo, existen dispositivos industria-

les que utilizan Modbus RTU con RS-232 o Profibus-DP con RS-485.

A continuación, se muestran algunas de las combinaciones citadas anteriormente, indicándose cuáles funcionan y cuáles no.

NIVELES DEL PROTOCOLO	PROTOCOLO DEL DISPOSITIVO A	PROTOCOLO DEL DISPOSITIVO B	COMUNICACIÓN/DIÁLOGO
Nivel lógico	Modbus	Modbus	SÍ COMUNICACIÓN Compatibilidad en todos los niveles del protocolo.
Nivel físico	RS-485	RS-485	
Nivel lógico	Modbus	Modbus	SÍ COMUNICACIÓN Compatibilidad en todos los niveles del protocolo.
Nivel físico	RS-232	RS-232	
Nivel lógico	Profibus-DP	Profibus-DP	SÍ COMUNICACIÓN Compatibilidad en todos los niveles del protocolo.
Nivel físico	RS-485	RS-485	
Nivel lógico	Profibus-DP	Modbus	NO COMUNICACIÓN Incompatibilidad en el nivel lógico del protocolo.
Nivel físico	RS-485	RS-485	
Nivel lógico	Modbus	Modbus	NO COMUNICACIÓN Incompatibilidad en el nivel físico del protocolo.
Nivel físico	RS-485	RS-232	
Nivel lógico	Profibus-DP	Modbus	NO COMUNICACIÓN Incompatibilidad en todos los niveles del protocolo.
Nivel físico	RS-485	RS-232	

El nivel lógico es la combinación de nivel de transmisión de datos + nivel de aplicación.

3 Supervisión de las instalaciones eléctricas de distribución

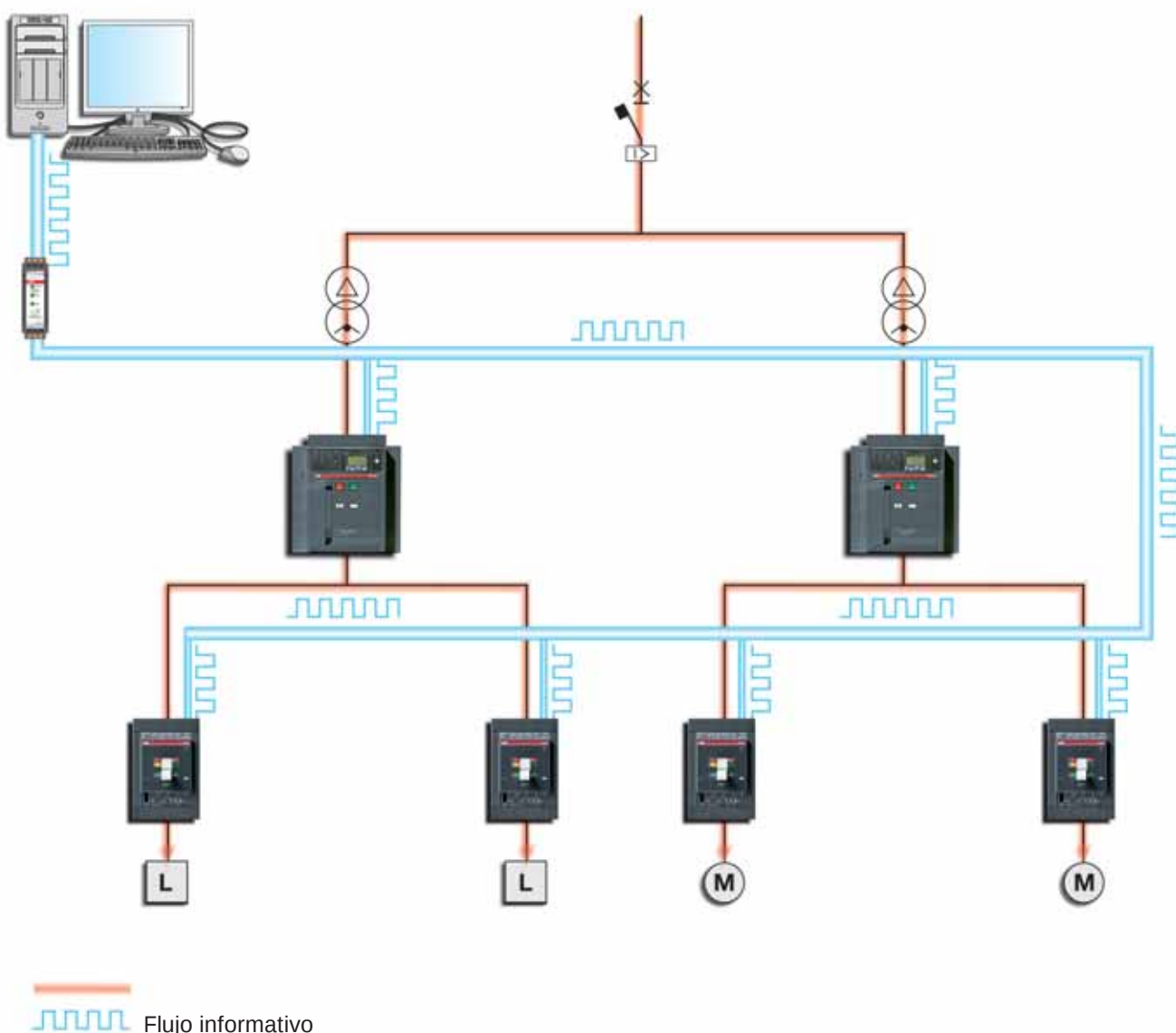
Una instalación eléctrica de distribución de BT puede considerarse como un proceso industrial dirigido a la distribución de energía eléctrica y, en este sentido, también necesita un sistema de supervisión y control para aumentar la fiabilidad y optimizar las gestiones.

Desde el punto de vista de la integración entre la técnica industrial tradicional y los sistemas de control, para poder gestionar, controlar y realizar un seguimiento de forma centralizada y automática de las instalaciones civiles e industriales, puede decirse que en la instalación eléctrica deben intervenir dos flujos:

- un flujo principal (flujo de energía) constituido por la potencia y la energía que, a través de conductores de línea y aparatos de mando y de protección, llega a las cargas de una instalación;
- un flujo de información o flujo informativo (flujo digital) constituido por toda la información, los datos y los mandos útiles para el control y la gestión de la instalación.

El sistema de supervisión es el encargado de gestionar este flujo informativo que transita por la red de comunicación.

Figura 16: Representación del flujo principal y del flujo informativo



En función de la extensión y la complejidad de las instalaciones que se pretenden gestionar, se pueden realizar sistemas de supervisión con diferentes estructuras, desde las más sencillas (estructuras de dos niveles) a las más complejas (estructuras multinivel).

Para simplificar la exposición, en este documento se considera que los sistemas con estructura de dos niveles son adecuados para la gestión de pequeñas y medianas instalaciones de distribución de media y baja tensión.

En este tipo de estructura se distinguen:

- 1) El nivel de control: constituido por el sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition).

En las aplicaciones más simples, este nivel requiere un ordenador en el que se encuentren instalados los correspondientes programas de adquisición de datos, control o supervisión de la instalación.

En este nivel se adquieren, visualizan y procesan los datos transmitidos desde los sensores y se envían los comandos a los actuadores.

De este modo, un operador puede, desde un único puesto, realizar un seguimiento del estado de toda la instalación y emprender las operaciones oportunas para garantizar el rendimiento y el correcto funcionamiento.

Más concretamente, en las aplicaciones en las que se

integran la gestión de la instalación eléctrica y la gestión del proceso, el nivel de control está constituido por el ordenador supervisor del sistema de automatización de todo el proceso industrial.

- 2) El nivel de campo: compuesto por dispositivos de campo dotados de interfaz de comunicación (sensores, actuadores e interruptores de protección equipados con sus correspondientes relés de protección electrónicos) montados en la instalación eléctrica que interactúan con esta última y la ponen en relación con el nivel de control.

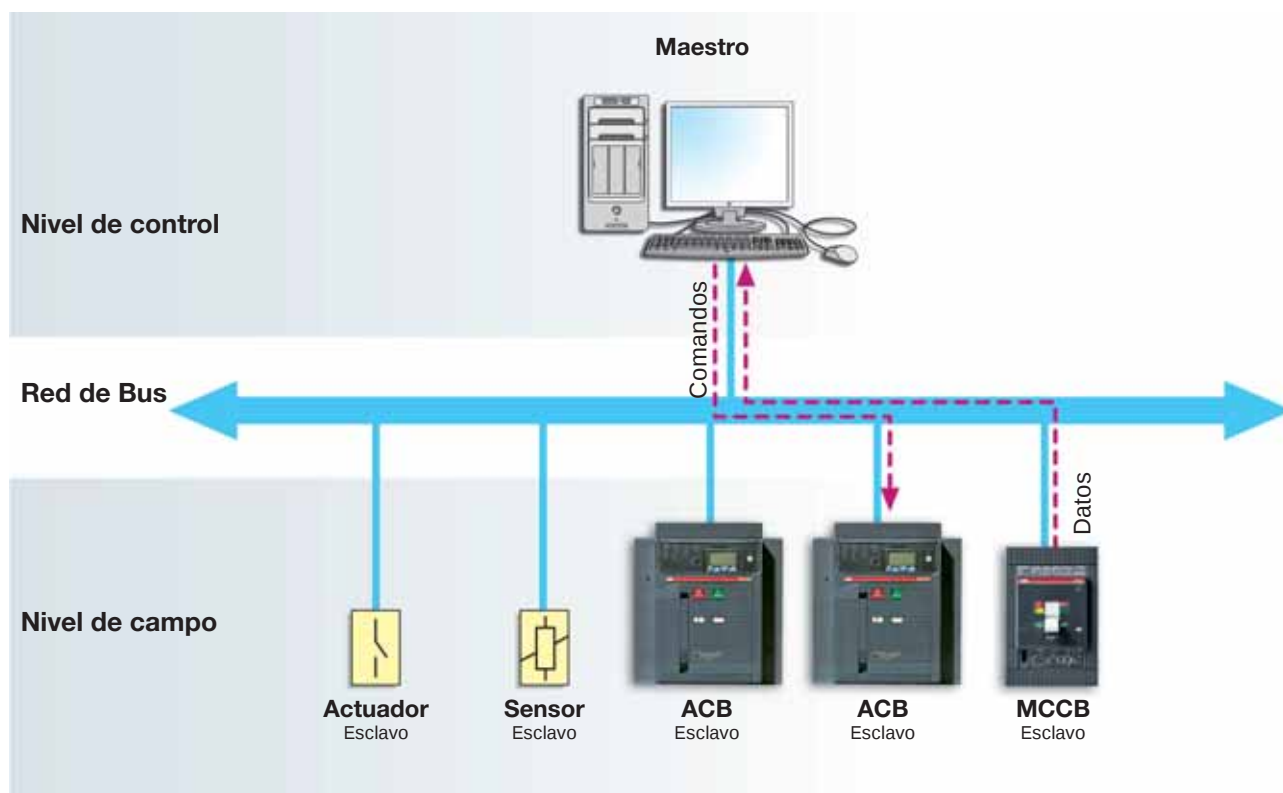
Las principales funciones del nivel de campo son:

- 1) enviar los datos de la instalación (corrientes, tensiones, energías, estado de los interruptores, etc.) al nivel de control;
- 2) ejecutar los comandos (por ejemplo, apertura/cierre de los interruptores) recibidos desde el nivel de control.

Ambos niveles se comunican por medio de una red de comunicación tipo bus.

La información (por ejemplo, valores medidos) transmitida desde el nivel de campo al nivel de control y los comandos, que viajan en dirección opuesta, constituyen el flujo informativo que transita por el bus.

Figura 17: Sistema de supervisión con estructura de dos niveles



3.1 La supervisión con los interruptores automáticos ABB

En el ámbito de la distribución de energía, la comunicación y el diálogo entre los dispositivos de protección son posibles gracias a los relés de protección electrónicos dotados de interfaz para comunicación Modbus.

El uso de estas unidades permite que los interruptores automáticos ABB puedan:

- intercambiar datos con otros aparatos eléctricos por medio de un bus de comunicación e interactuar con sistemas de supervisión y control para la supervisión de las instalaciones eléctricas de baja tensión;
- integrar la gestión de la instalación eléctrica de distribución con los sistemas de automatización y gestión de toda una planta o proceso industrial; por ejemplo, integrar la información (corrientes, tensiones y potencias) procedente de los interruptores que protegen los motores, los circuitos auxiliares y la línea de alimentación de los hornos eléctricos de una acería con la información y los datos de las magnitudes físicas (como la presión y la temperatura) involucradas en la gestión de todo el proceso.

De esta forma, el interruptor automático dotado de interfaz Modbus, además de desarrollar la clásica función de proteger la instalación de las sobrecorrientes y proporcionar energía a las cargas, desempeña el papel de dispositivo de campo del sistema de supervisión funcionando ya sea como transmisor⁷ o como actuador.

La función de transmisor permite, por ejemplo, mantener controlados los consumos energéticos y mejorar la gestión de la instalación eléctrica de distribución.

Los consumos de energía de la instalación eléctrica que alimenta un determinado proceso de producción pueden ser controlados, almacenados y analizados con el objetivos de:

- reducir los consumos de potencia en tiempo real desconectando las cargas consideradas no prioritarias si la actual potencia absorbida supera la potencia máxima contratada, evitando así pagar sanciones a la compañía eléctrica;
- identificar el tipo de contrato de suministro de energía eléctrica más idóneo y compatible con las exigencias efectivas de la instalación a través de un control continuo y un análisis del muestreo energético. De esta forma, se evita suscribir un contrato no acorde con las variaciones de los muestreos llevados a cabo durante el año y, por ejemplo, tener que pagar una sanción en

los períodos en los que la potencia consumida supera la máxima contratada;

- determinar y asignar los costes de la energía asociados al proceso industrial controlado.

Además, gracias a la información almacenada en los interruptores es posible, por ejemplo:

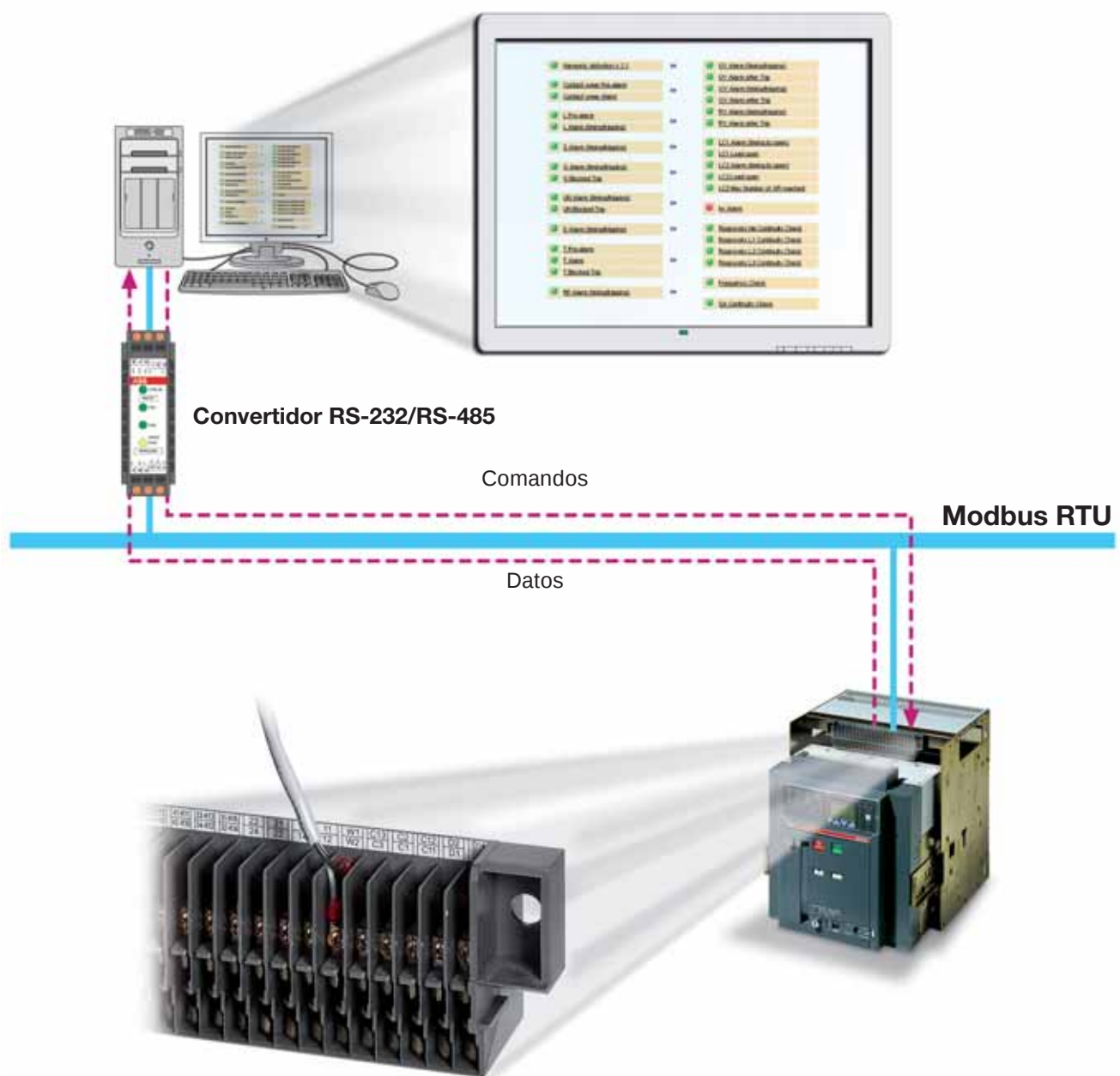
- tener bajo control el sistema de distribución de energía eléctrica y permitir el óptimo funcionamiento del proceso industrial alimentado por éste;
- controlar que las principales magnitudes eléctricas estén dentro de sus valores nominales y que la instalación funcione correctamente. De esta manera, puede controlarse que la alimentación eléctrica sea de buen nivel cualitativo;
- controlar las señales de alarma de los interruptores para prevenir situaciones de funcionamiento anómalo, defectos y la consiguiente intervención de las protecciones, con objeto de reducir al mínimo los fallos y las interrupciones de la instalación;
- tener información sobre las causas de defecto en una determinada sección de la instalación eléctrica. Por ejemplo, dichas causas pueden ser determinadas a través de la información almacenada y el análisis de las corrientes de fase (ejemplo: intervención a causa de un cortocircuito de 12356A en la fase L2 el 28/04/2006 a las 12:25). Con este tipo de información puede llevarse a cabo un estudio estadístico de las anomalías intervenidas (posibilidad de un estudio preventivo sobre las causas de defecto);
- conocer los datos de diagnóstico de los aparatos de protección (por ejemplo, el porcentaje de desgaste de los contactos) para planificar operaciones de mantenimiento preventivo compatibles con el ciclo de trabajo del proceso alimentado con el fin de limitar al mínimo las interrupciones en la instalación y garantizar la continuidad de servicio de la misma.

Además, el uso de interruptores automáticos como transmisores del sistema de supervisión permite medir las principales magnitudes eléctricas de la instalación (corrientes, tensiones, potencias) sin tener que recurrir al uso de instrumentos específicos.

Esto conlleva un ahorro en términos de costes en la adquisición de aparamenta y además permite ahorrar espacio en el interior del cuadro de distribución, ya que se evita la instalación de sensores que van conectados mediante interfaz al sistema de control.

⁷Un transmisor es un sensor que transmite los datos medidos por medio de un sistema de comunicación. En este documento, ambos términos, sensor y transmisor, se utilizan de forma equivalente.

Figura 18: El interruptor como sensor y actuador de un sistema de supervisión



4 Solución ABB para la comunicación vía bus

En este capítulo se describen los relés de protección electrónicos y los productos que permiten conectar mediante interfaz los interruptores automáticos ABB a redes Modbus para la supervisión y el telecontrol de las instalaciones eléctricas de distribución de baja tensión.

4.1 Los interruptores automáticos abiertos y en caja moldeada

4.1.1 Interruptores abiertos Emax E1-E2-E3-E4-E6

Comunicación Modbus: supervisión y telecontrol

Los interruptores Emax equipados con relé de protección electrónico PR122/P o PR123/P necesitan, para conectarse mediante interfaz a redes Modbus, el oportuno módulo de comunicación PR120/D-M (para las características del módulo, véase el Apéndice C), con el fin de:

- enviar a un sistema remoto las señales de alarma de las protecciones, la información relativa al interruptor (por ejemplo, estado y posición) y las medidas proporcionadas por el relé de protección, realizando así la supervisión;
- recibir de un sistema remoto de supervisión los comandos (por ejemplo, apertura y cierre del interruptor) o las configuraciones de las funciones de protección, realizando así el telecontrol.

Para realizar el telecontrol, es decir, la actuación mecánica de los comandos de apertura y cierre a distancia,

Relé de protección electrónico PR122/P

- PR122/P + módulo de comunicación PR120/D-M + accesorios para el telecontrol (YO, YC, M)

los interruptores de la familia Emax, junto al módulo de comunicación PR120/D-M, deben estar equipados con los siguientes accesorios:

- bobina de apertura (YO)
- bobina de cierre (YC)
- motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre (M).

Para la comunicación vía bus, recordamos que es necesario alimentar los relés de protección PR122/P y PR123/P con la tensión de alimentación auxiliar Vaux (para más información sobre las características, véase el Apéndice B).

Medidas

Las medidas que pueden obtenerse dependen del tipo de relé de protección utilizado y de la presencia o no del módulo de medida PR120/V.

El módulo de medida PR120/V (véase Apéndice D), que debe preverse para el relé de protección PR122/P, puesto que sólo va montado de serie en el PR123/P, permite que los relés de protección puedan proporcionar, no sólo las medidas de las corrientes, sino también otras magnitudes eléctricas de la instalación, como por ejemplo la potencia (véase Apéndice A).

Las magnitudes medidas pueden enviarse por medio del PR120/D-M al sistema remoto de supervisión.

Para las medidas, datos, alarmas y operaciones de telecontrol, véase la Tabla A.1 del Apéndice A.

Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modalidad local.



Nota: Con el módulo PR120/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

- PR122/P + módulo de comunicación PR120/D-M + módulo de medida PR120/V + accesorios para el telecontrol (YO, YC, M)



Nota: Con el módulo PR120/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

Relé de protección electrónico PR123/P

- PR123/P + módulo de comunicación PR120/D-M + accesorios para el telecontrol (YO, YC, M)



Nota: Con el módulo PR120/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

4.1.2 Interruptores abiertos Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7

Comunicación Modbus: supervisión y telecontrol

Los interruptores Emax X1 equipados con relé de protección electrónico PR332/P o PR333/P y los interruptores Tmax T7 equipados con relé de protección electrónico PR332/P necesitan, para conectarse mediante interfaz a redes Modbus, el módulo pertinente de comunicación PR330/D-M (para las características del módulo, véase el Apéndice C), con el fin de:

- enviar a un sistema remoto las señales de alarma de las protecciones, la información relativa al interruptor (por ejemplo, estado y posición) y las medidas proporcionadas por el relé de protección, realizando así la supervisión.
Para que al sistema remoto de supervisión llegue la información relativa al estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado), los interruptores Tmax T7 deben estar equipados con los contactos auxiliares AUX;

- recibir de un sistema remoto de supervisión las regulaciones de la funciones de protección y los comandos (por ejemplo, apertura y cierre del interruptor), realizando así el telecontrol.

Es posible telecontrolar los interruptores Emax X1 y Tmax T7 en su versión motorizada T7M.

El Tmax T7 en versión no motorizable no puede ser telecontrolado.

Para realizar el telecontrol, es decir, la actuación mecánica de los comandos de apertura y cierre a distancia, los interruptores Emax X1 y Tmax T7M, junto al módulo

de comunicación PR330/D-M, deben estar equipados con los siguientes accesorios:

- unidad de disparo PR330/R (véase Apéndice C)
- bobina de apertura (SOR)
- bobina de cierre (SCR)
- motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre (M).

Para la comunicación vía bus, recordamos que es necesario alimentar los relés de protección PR332/P y PR333/P con la tensión de alimentación auxiliar Vaux (para más información sobre las características, véase el Apéndice B).

Medidas

Las medidas que pueden obtenerse dependen del tipo de relé utilizado y de la presencia o no del módulo de medida PR330/V.

El módulo de medida PR330/V (véase Apéndice D), que debe preverse para el relé de protección PR332/P, puesto que sólo va montado de serie en el PR333/P, permite que los relés de protección puedan proporcionar, no sólo las medidas de las corrientes, sino también otras magnitudes eléctricas de la instalación, como por ejemplo la potencia (véase Apéndice A).

Las magnitudes medidas pueden enviarse por medio del PR330/D-M al sistema remoto de supervisión.

Para las medidas, datos, alarmas y operaciones de telecontrol, véase la Tabla A.1 del Apéndice A.

Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modalidad local.

Relé de protección electrónico PR332/P para Emax X1 y Tmax T7

- PR332/P + módulo de comunicación PR330/D-M + accesorios para el telecontrol (PR330/R, SOR, SCR, M)



Nota: Con el módulo PR330/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

- PR332/P + módulo de comunicación PR330/D-M + módulo de medida PR330/V + accesorios para el telecontrol (PR330/R, SOR, SCR, M)



Nota: Con el módulo PR330/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

Relé de protección electrónico PR333/P para Emax X1

- PR333/P + módulo de comunicación PR330/D-M + accesorios para el telecontrol (PR330/R, SOR, SCR, M)



Nota: con el módulo PR330/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

4.1.3 Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6

Comunicación Modbus: supervisión y telecontrol.

Los relés de protección PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS para Tmax T4, T5 y T6 pueden conectarse mediante interfaz a redes Modbus por medio del oportuno conector posterior X3 (véase Apéndice C)

La comunicación y el diálogo están implementados con el fin de:

- enviar a un sistema remoto las señales de alarma de las protecciones, la información relativa al interruptor (por ejemplo, estado y posición) y las medidas proporcionadas por el relé de protección, realizando así la supervisión.

Para que al sistema remoto de supervisión llegue la información relativa al estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado), los interruptores Tmax T4, T5 y T6 deben estar equipados con los contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E (véase Apéndice E);

- recibir de un sistema remoto de supervisión los comandos (por ejemplo, apertura y cierre del interruptor) o las configuraciones de las funciones de protección, realizando así el telecontrol.

Para realizar el telecontrol, es decir, la actuación mecánica de los mandos de apertura y cierre a distancia, los interruptores en caja moldeada Tmax T4,

T5 y T6 deben estar equipados con el mando motor con interfaz electrónica MOE-E (Apéndice E) y los contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E (Apéndice E).

Para la comunicación vía bus, recordamos que es necesario alimentar los relés de protección PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS con la tensión de alimentación auxiliar Vaux (para más información sobre las características, véase el Apéndice B).

Medidas

Los relés de protección PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS proporcionan la medida de las corrientes en las tres fases, en el neutro y a tierra.

Con el módulo de medida VM210 y el conector posterior X4 (véase Apéndice D), los relés de protección PR223DS y PR223EF pueden medir, además de las corrientes, otras magnitudes eléctricas de la instalación (véase Apéndice A). Las magnitudes medidas pueden ser enviadas desde el relé de protección, a través de los bornes 1 y 2 del conector X3, al sistema remoto de supervisión.

Para las medidas, datos, alarmas y operaciones de telecontrol, véase la Tabla A.2 del Apéndice A.

Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modalidad local.

Relé de protección electrónico PR222DS/PD

- PR222DS/PD + módulo contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E + conector X3 + mando motor con interfaz electrónica MOE-E

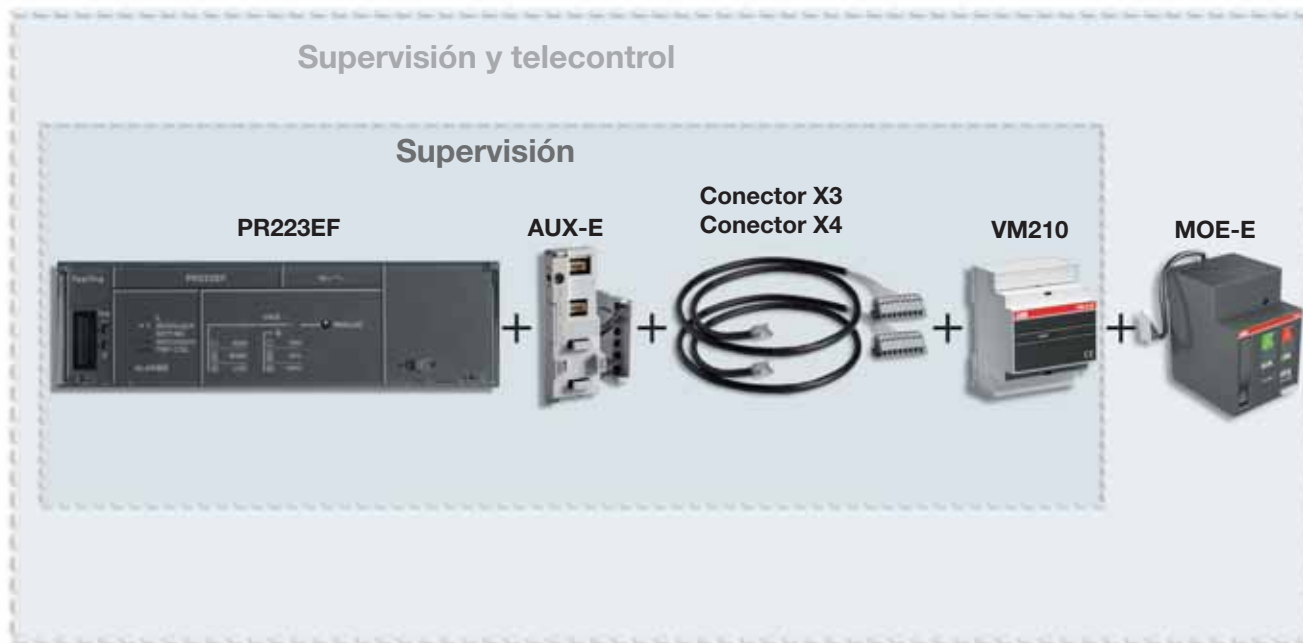


Relé de protección electrónico PR223EF

- PR223EF + módulo contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E + conector X3 + mando motor con interfaz electrónica MOE-E

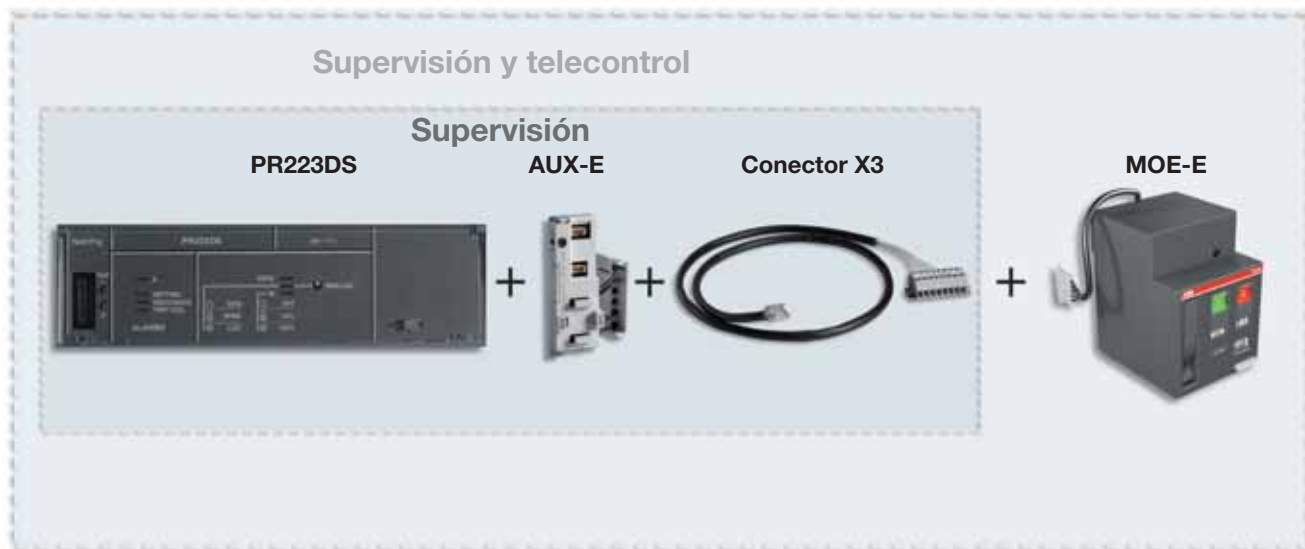


- PR223EF + módulo contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E + conector X3 + conector X4 + módulo de medida VM210 + mando motor con interfaz electrónica MOE-E



Relé de protección electrónico PR223DS

- PR223DS + módulo contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E + conector X3 + mando motor con interfaz electrónica MOE-E



- PR223DS + módulo contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E + conector X3 + conector X4 + módulo de medida VM210 + mando motor con interfaz electrónica MOE-E



NOTA: Para una información más detallada sobre las funciones de diálogo y sobre las características de los productos descritos en este apartado, véanse los relativos catálogos y manuales técnicos de producto.

4.2 Una solución para interruptores automáticos sin interfaz Modbus, el SD030DX

Los SD030DX son dispositivos electrónicos que permiten la conexión a una red Modbus de:

- interruptores abiertos y en caja moldeada con relé de protección termomagnético o relé de protección electrónico básico;
- seccionadores abiertos y en caja moldeada.

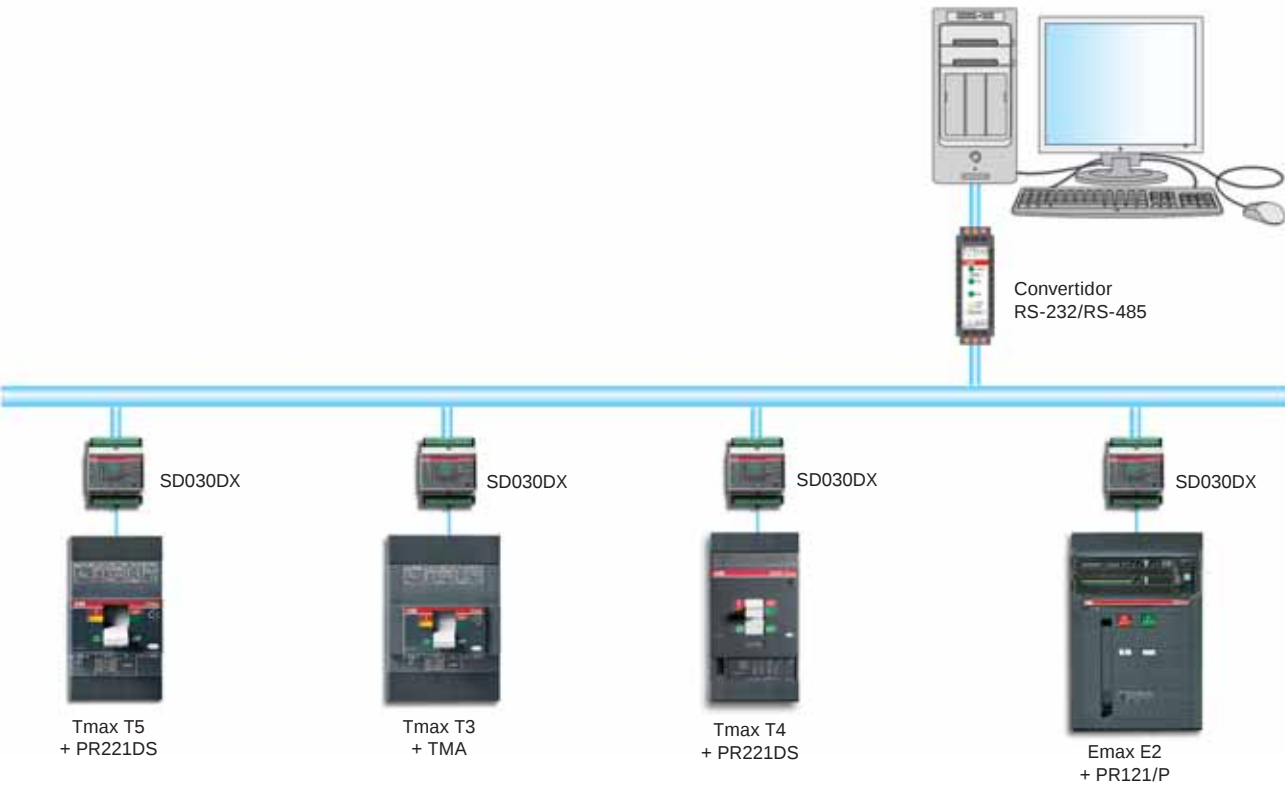
Los interruptores o seccionadores conectados de esta forma se presentan en la red Modbus como esclavos y pueden comunicarse con cualquier maestro (PC, PLC, SCADA). Así, los sistemas de supervisión también pueden gestionar estos aparatos.

- Concretamente, el sistema de supervisión puede:
- 1) leer el estado de los aparatos: abierto, cerrado, disparo, extraído, resortes cargados o descargados;
 - 2) ordenar la apertura, el cierre o el rearme de los dispositivos.

Las principales características de los SD030DX son las que aparecen en la tabla siguiente:

Tipo de dispositivo	Características	Descripción
SD030DX	- 3 salidas digitales	- Apertura, Cierre, Rearme
	- 5 entradas digitales	- Adquisición de estados IA

La lectura de los estados es llevada a cabo por medio de los contactos auxiliares (que, por tanto, es necesario instalar en el interruptor). Sin embargo, para el control deben instalarse en el interruptor/seccionador los accesorios pertinentes.



Lectura de los estados

Para la lectura de los estados del interruptor pueden utilizarse hasta 5 contactos auxiliares conectados respectivamente a las cinco entradas digitales (DI1, DI2, DI3, DI4 y DI5) del SD030DX.

En la tabla siguiente figuran:

- los interruptores automáticos y los seccionadores que pueden ser gestionados mediante los dispositivos SD030DX;
- la información asociada a cada entrada digital (con el correspondiente contacto auxiliar) para los diferentes tipos de interruptor.

Interruptor	Información asociada					
	Resortes	Protecciones	Estados del interruptor			Modalidades
	Descargados=0 Cargados=1	Normal=0 Disparada=1	Extraído=0 Insertado=1	Abierto=0 Cerrado=1	Normal=0 Disparado=1	Remoto=0 Local=1
T1-T2-T3 con mando solenoides 5 hilos	-	DI2 + contacto para la señal de protección intervenida (S51)	DI3 + contactos para la señal eléctrica de interruptor en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del interruptor (Q/1)	DI1 + contacto para la señal eléctrica de interruptor en posición de disparo (SY)	-
T4-T5-T6	-	DI2 + contacto para la señal de protección disparada (S51)	DI3 + contactos para la señal eléctrica de interruptor en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del interruptor (Q/1)	DI1 + contactos para la señal eléctrica de interruptor en posición de disparo (SY)	DI5 + contacto de cambio para la señal eléctrica de estado del selector local/remoto (S3/1)
T7, X1 E1÷ E6	DI1 + contacto de fin de carrera del motor carga- resortes (S33M/1)	DI2 + contacto para la señal eléctrica de interruptor abierto por la actuación del relé de sobrecorriente (S51).	DI3 + contactos para la señal eléctrica de interruptor en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del interruptor (Q/1)	-	DI5 + conmutador de predisposición al control remoto/local (S43)
Seccionador						
T1D-T3D con mando solenoides 5 hilos	-	-	DI3 + contactos para la señal eléctrica de seccionador en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del seccionador (Q/1)	-	-
T4D-T5D-T6D	-	-	DI3 + contactos para la señal eléctrica de seccionador en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del seccionador (Q/1)	-	DI5 + contacto de cambio para la señal eléctrica de estado del selector local/remoto (S3/1)
T7D, X1B/MS E1/MS ÷ E6/MS	DI1 + contacto de fin de carrera del motor carga- resortes (S33M/1)	-	DI3 + contactos para la señal eléctrica de seccionador en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del seccionador (Q/1)	-	DI5 + conmutador de predisposición al control remoto/local (S43)

Telecontrol

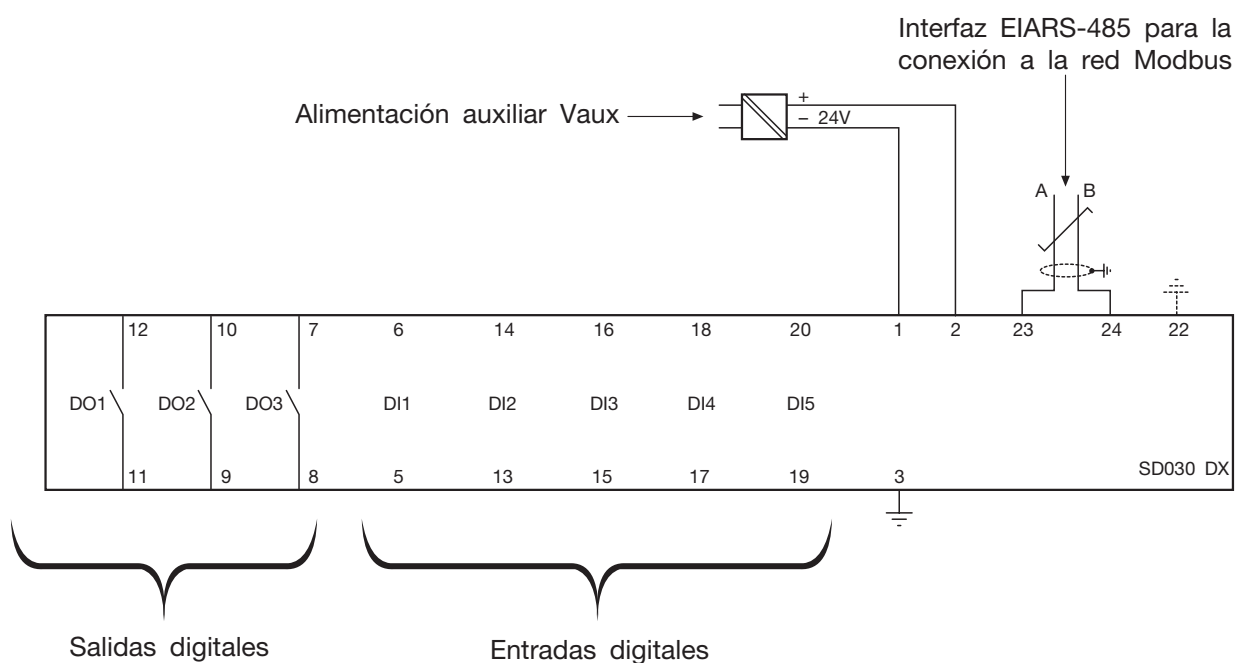
Los dispositivos SD030DX ejecutan los comandos (apertura, cierre y rearme) enviados desde el sistema de supervisión al interruptor/seccionador.

En la tabla siguiente figuran:

- 1) los interruptores automáticos y los seccionadores que pueden accionarse remotamente;
- 2) los accesorios instalados en el interruptor mediante los cuales es posible la actuación del comando;
- 3) el tipo de comando que puede ejecutarse.

Interruptor	Accesorios para la ejecución del comando	Comando
T1-T2-T3	Mando solenoide (MOS)	Apertura/Cierre
T4-T5-T6	Mando motor a acumulación de energía (MOE)	Apertura/Cierre
T7M, X1	SOR: bobina de apertura SCR: bobina de cierre YR: bobina de rearme M: motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre	Apertura Cierre Rearme
E1 ÷ E6	YO: bobina de apertura YC: bobina de cierre YR: bobina de rearme M: motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre	Apertura Cierre Rearme
Seccionador		
T1D-T3D	Mando solenoide (MOS)	Apertura/Cierre
T4D-T5D-T6D	Mando motor a acumulación de energía (MOE)	Apertura/Cierre
T7DM, X1B/MS	SOR: bobina de apertura SCR: bobina de cierre YR: bobina de rearme M: motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre	Apertura Cierre Rearme
E1/MS ÷ E6/MS	YO: bobina de apertura YC: bobina de cierre YR: bobina de rearme M: motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre	Apertura Cierre Rearme

Figura 20: Diagrama del circuito del SD030DX



Los cableados necesarios para el funcionamiento del SD030DX están en:

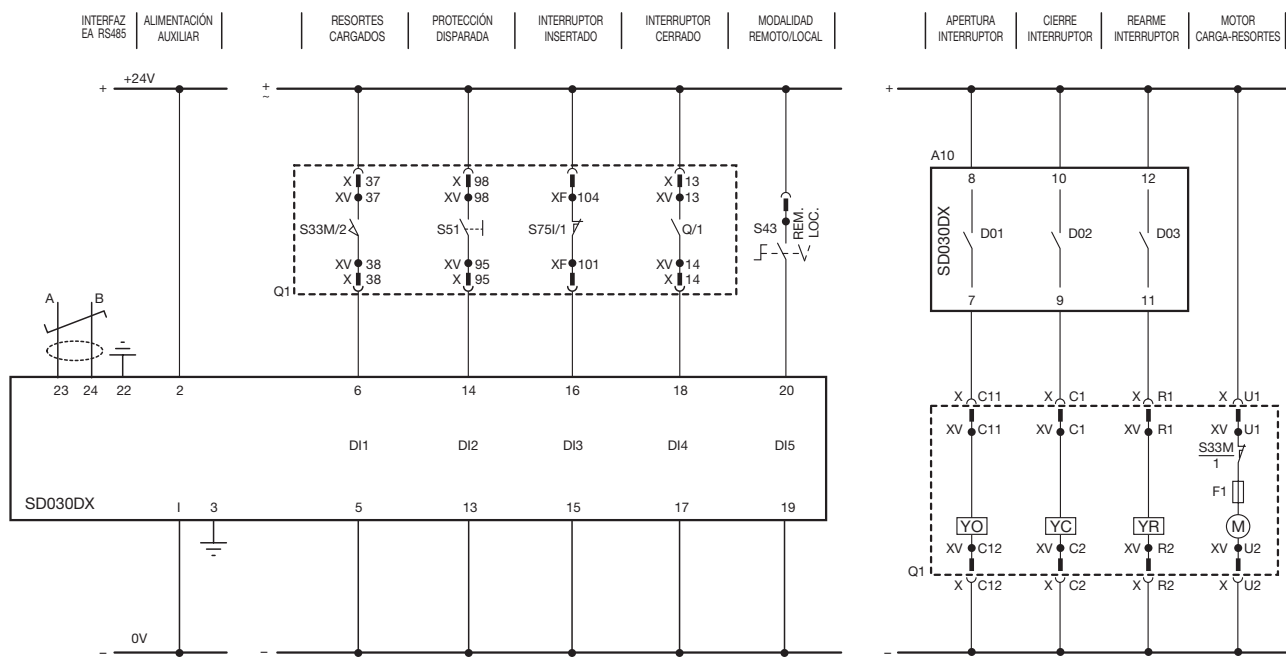
- los circuitos auxiliares del interruptor a través de las entradas DI y las salidas DO, para poder interactuar con éste y permitir la ejecución de los comandos (apertura, cierre, rearme) y el control de sus estados;
- la red Modbus a través de la interfaz serie EIA RS-485, para comunicarse con el sistema de supervisión (PC, PLC o SCADA);
- la alimentación auxiliar Vaux.

Sirva como ejemplo la Figura 21, en la que aparece el esquema eléctrico de conexión del SD030DX a un interruptor abierto Emax E6.

Para que la unidad SD030DX pueda funcionar, debe alimentarse con una tensión auxiliar Vaux de las siguientes características:

Características alimentación auxiliar	SD030DX
Tensión de alimentación	24 V cc $\pm$ 20%
Ripple máximo	$\pm$ 5%
Potencia nominal a 24 V	2 W

Figura 21: Esquema eléctrico de conexión del SD030DX para un Emax E6



4.3 Red Modbus RS-485 (Normas para el correcto cableado)

El cableado de los sistemas de comunicación industriales presenta algunas diferencias respecto al cableado de potencia, lo que puede generar problemas al instalador si éste no es experto en redes de comunicación Modbus. Un sistema Modbus RS-485 establece la comunicación entre un dispositivo maestro y uno o varios dispositivos esclavos.

De ahora en adelante, consideraremos como dispositivos esclavos exclusivamente a los interruptores de baja tensión ABB, a pesar de que el cableado es similar para todos los dispositivos Modbus.

A continuación, se describen las principales normas relativas al cableado de este tipo de redes.

1. Puerto de conexión

Cada uno de los dispositivos dispone de un puerto de comunicación con dos bornes, generalmente denominados A y B.

El cable de comunicación va conectado a estos dos bornes y todos los dispositivos que participan en la comunicación van conectados en paralelo.

Deben conectarse todos los bornes "A" y todos los

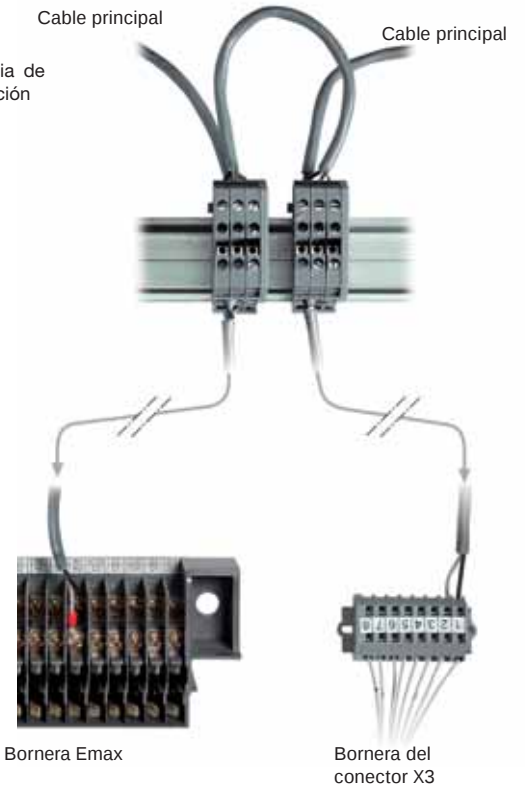
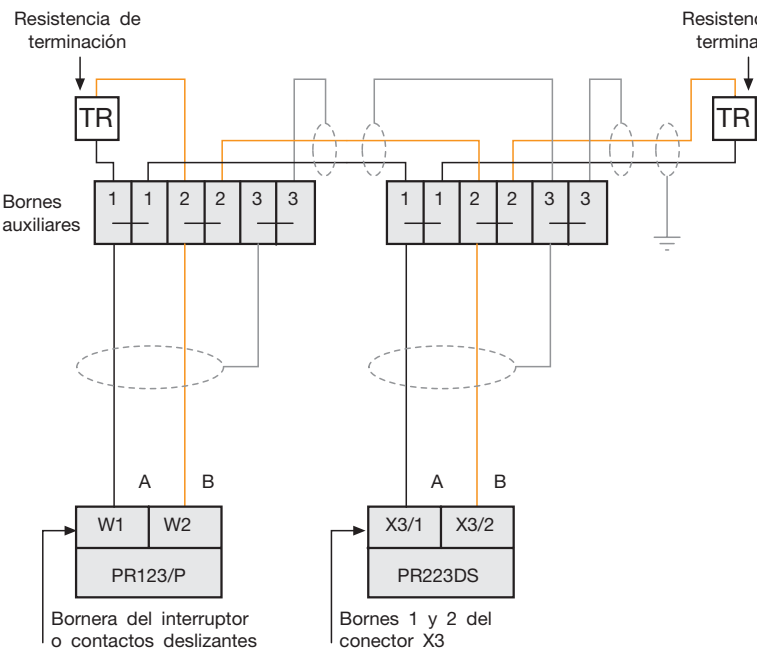
bornes "B" entre sí respectivamente; si se invierten las conexiones "A" y "B" de un dispositivo, además de que éste sería incapaz de comunicarse, puede suceder que el sistema de comunicación al completo no funcione a causa de las erróneas tensiones continuas (de polarización) presentes en los bornes del dispositivo mal conectado.

En los interruptores ABB, los bornes de comunicación son denominados tal y como se indica en la siguiente tabla:

Interruptor	Relé de protección	Borne A	Borne B	Notas
Emax	PR122/P y PR123/P	W1	W2	bornera interruptor o contactos deslizantes.
Emax X1 Tmax T7/T7M	PR332/P y PR333/P	W1	W2	bornera interruptor o contactos deslizantes.
Tmax T4-T5-T6	PR222DS/PD PR223EF PR223DS	X3/1	X3/2	bornes 1 y 2 del conector posterior X3.

Esta tabla recoge lo indicado en los esquemas eléctricos del Apéndice C.

Figura 22: Esquema eléctrico de conexión de un Emax y un Tmax a la red Modbus



Para evitar errores cuando se conectan múltiples dispositivos, se aconseja utilizar cables del mismo color para todas las conexiones a los bornes A y cables del mismo color para todas las conexiones a los bornes B de los diferentes dispositivos (por ejemplo, blanco para A y azul para B). De esta forma, será más fácil identificar los errores de cableado.

También el puerto de comunicación del dispositivo maestro, sea cual sea, cuenta con dos bornes, que corresponden a A y B. Algunos fabricantes de dispositivos los denominan Tx- y Tx+, o bien Data- y Data+, o simplemente RS485+ y RS485-.

2. Conexión entre los dispositivos

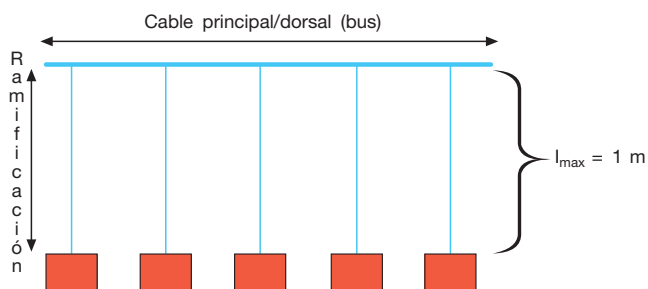
A diferencia de lo que sucede con muchos sistemas de distribución de energía, el modo en que los dispositivos van conectados en paralelo no es irrelevante.

El sistema RS-485, utilizado para la comunicación Modbus de los interruptores ABB, prevé que exista un cable principal (bus o dorsal), al que todos los dispositivos deben estar conectados con ramificaciones (también llamadas "stub") lo más cortas posible.

Estas ramificaciones deben tener una longitud máxima de 1 m para los interruptores ABB.

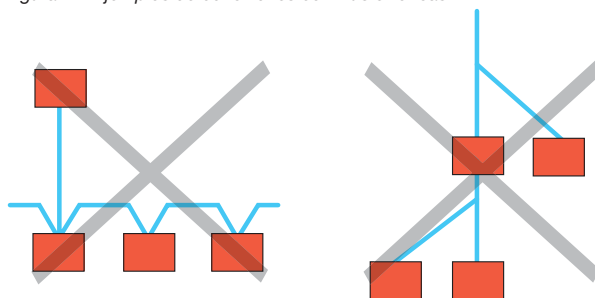
La presencia de ramificaciones más largas podría causar fenómenos de reflexión de la señal, generando interferencias y consecuentes errores de recepción de los datos. La Figura 23 ilustra un ejemplo de una correcta conexión con Bus.

Figura 23: Red con estructura a Bus



La Figura 24 ilustra ejemplos de conexiones con Bus erróneas.

Figura 24: Ejemplos de conexiones con Bus erróneas



3. Distancia máxima y número máximo de dispositivos.
El cable principal puede tener una longitud máxima total de 700 m. Dicha distancia no incluye las ramificaciones (que, igualmente, deben ser cortas).
El número máximo de dispositivos que pueden conectarse a un cable principal es 32, incluido el maestro.

4. Uso de repetidores

Para aumentar la extensión de la red Modbus, se pueden utilizar repetidores, que son dispositivos de amplificación y regeneración de la señal dotados de dos puertos de comunicación: uno de recepción y otro de transmisión. Al utilizar un repetidor, el cable principal queda subdividido en varios tramos (segmentos), cada uno de los cuales puede alcanzar los 700 m de longitud y conectar 32 dispositivos (este número incluye los repetidores). El número máximo de repetidores que es aconsejable conectar en serie es 3. Un número mayor causa retardos excesivos en el sistema de comunicación.

5. Tipo de cable

Ha de utilizarse un cable de par trenzado apantallado (tipo telefónico).

ABB especifica un cable de tipo Belden 3105A, pero pueden utilizarse cables de otro tipo con características equivalentes.

El par está constituido por dos conductores aislados trenzados entre sí. Esta disposición mejora la inmunidad a las perturbaciones electromagnéticas, ya que el cable forma una serie de espiras sucesivas, cada una dirigida en sentido opuesto a la siguiente: de esta forma, un eventual campo magnético presente en el medio atraviesa cada par de espiras en sentidos opuestos y su efecto es consecuentemente muy reducido (teóricamente, el efecto en cada espira es exactamente el contrario al de la siguiente y, finalmente, el efecto resultante queda anulado).

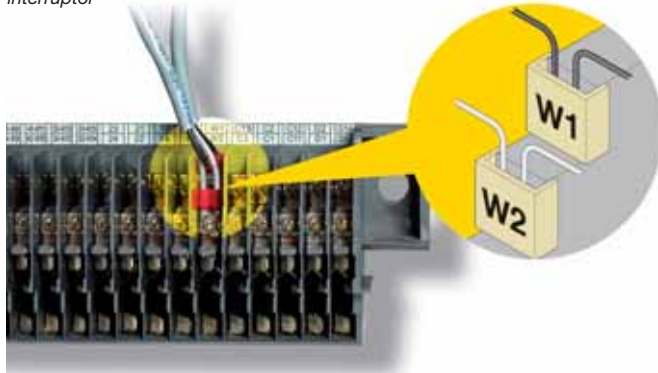
La pantalla puede ser de tipo "braided" (formada por una red de finos hilos conductores) o bien de tipo "foil" (constituida por una lámina de metal que envuelve los conductores): los dos tipos son equivalentes.

6. Conexión a los bornes

En algunos países está permitido insertar dos cables en

un mismo borne roscado. En ese caso, puede conectarse el cable principal de entrada y de salida directamente a los bornes de un interruptor, tal y como se muestra en la Figura 26, sin necesidad de crear una ramificación.

Figura 26: Conexión del cable principal directamente a los bornes del interruptor



Si al contrario, cada borne permite la conexión de un solo cable, es necesario crear una ramificación utilizando tres bornes auxiliares para cada interruptor que se va a conectar, tal y como se muestra en la Figura 27.

Figura 27: Conexión del interruptor al cable principal a través de bornes auxiliares

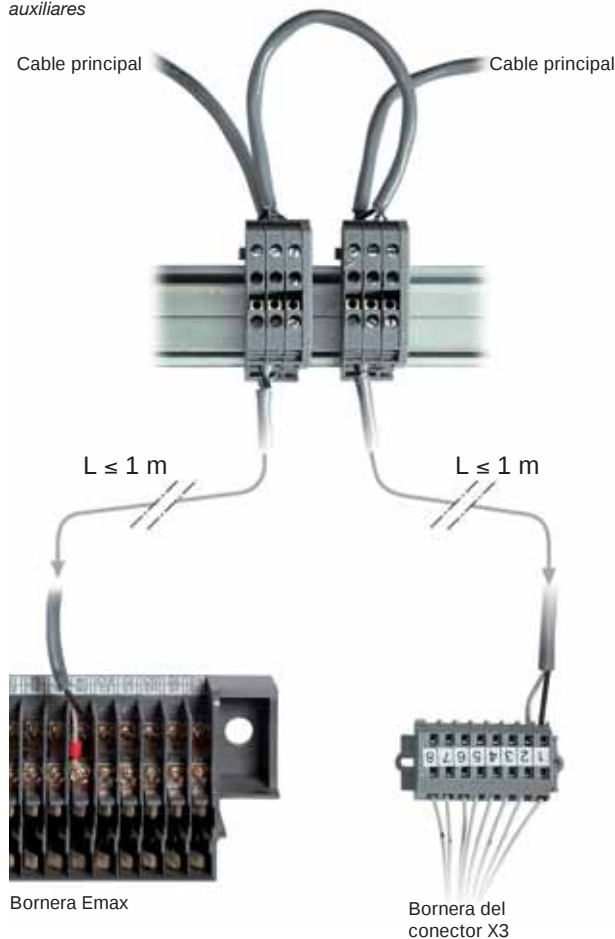
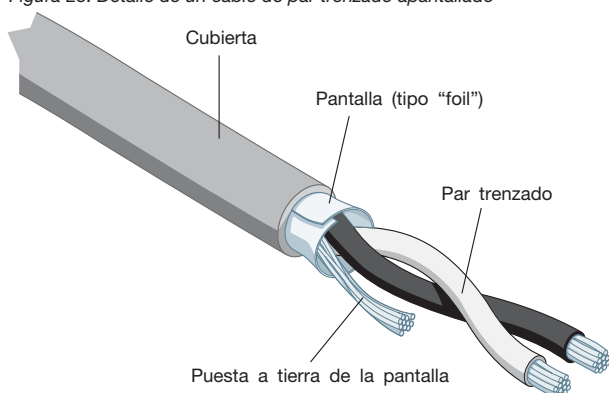


Figura 25: Detalle de un cable de par trenzado apantallado

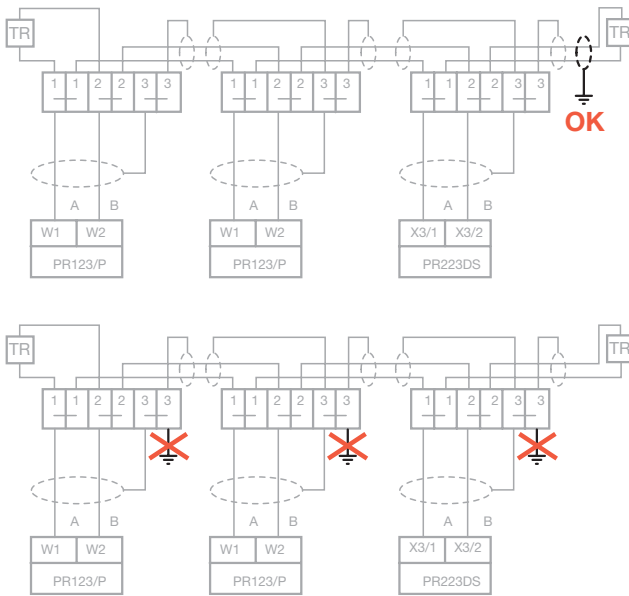


7. Conexión a tierra de la pantalla

La pantalla del cable debe conectarse a tierra en un único punto. Normalmente, dicha conexión tiene lugar en un extremo del cable principal.

La Figura 28 muestra un ejemplo de conexión a tierra correcta y otro de conexión incorrecta.

Figura 28: Ejemplos de conexión a tierra, correcta e incorrecta, de la pantalla



8. Resistencia de terminación

Para evitar reflexiones de la señal, en cada extremo del cable principal debe montarse una resistencia de terminación de 120 ohmios.

En los interruptores ABB new Emax, abiertos X1 y en caja moldeada Tmax, no existe resistencia de terminación interna.

Si, además de los interruptores ABB, se conectan otros dispositivos, es necesario comprobar si éstos están dotados o no de resistencia de terminación (generalmente, es posible activarla o desactivarla).

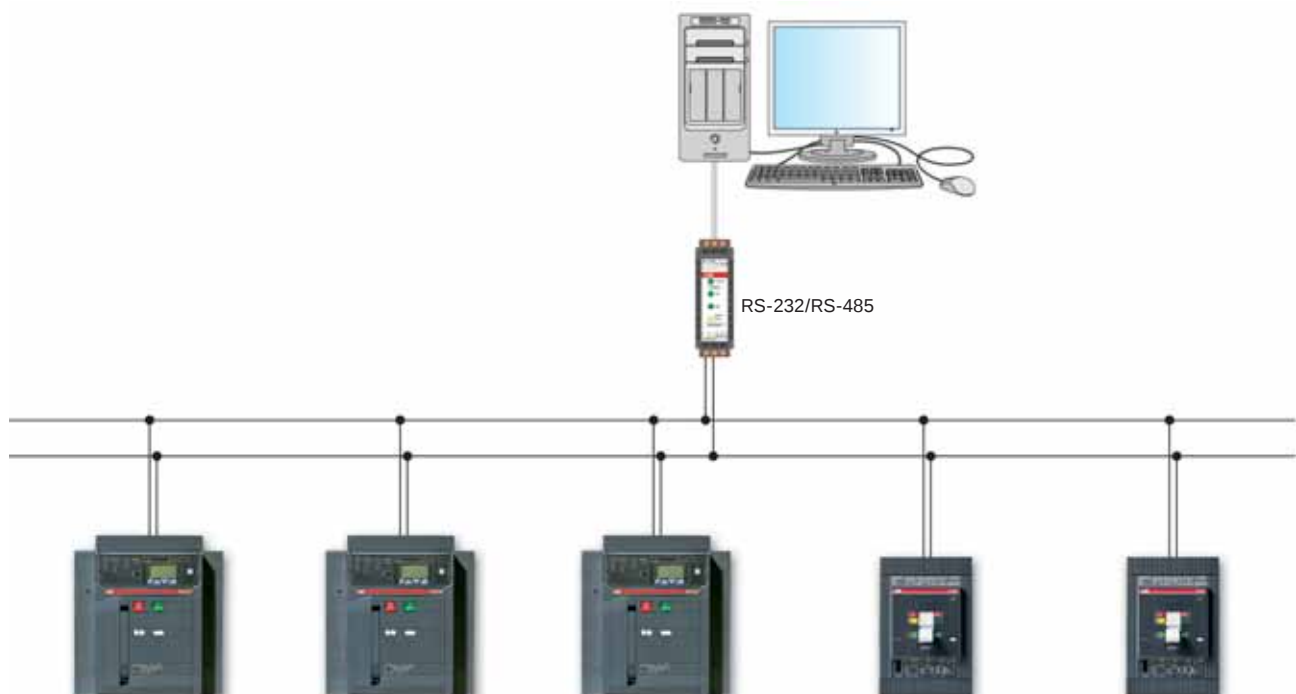
La resistencia de terminación debe utilizarse sólo en el extremo del cable principal.

Si la longitud total del cable principal es inferior a 50 m, no es necesario utilizar resistencias de terminación.

9. Conexión a PC

Si el maestro utilizado es un PC, por lo general, la conexión al bus debe realizarse por medio de un convertidor serie RS-232/RS-485, tal y como se indica en la siguiente figura.

Figura 29: Conexión de un PC al bus mediante un convertidor serie RS-232/RS-485 ILPH



4.3.1 Funcionamiento del sistema Modbus

El tráfico de información del bus es gestionado mediante un procedimiento de tipo maestro/esclavos, en el que el PC o el PLC es el maestro y los interruptores son los esclavos. El maestro dirige todo el tráfico del bus y es el único que puede iniciar la comunicación. Éste transmite datos y/o mandos a los esclavos y, a su vez, les pide a éstos que le transmitan datos. Los esclavos transmiten a la red únicamente los datos requeridos por el maestro. Los esclavos no pueden comunicarse directamente entre sí: por ejemplo, para transferir un dato de un esclavo a otro es necesario que el maestro lea el dato del primer esclavo para después transferírselo al segundo. De cualquier forma, en el contexto de aplicación de los interruptores automáticos ABB, esta operación nunca es necesaria.

La secuencia de comunicación entre los interruptores (esclavos) y el PC (maestro) tiene lugar de la siguiente forma:

- 1) El PC envía un comando⁸ o una petición ("query") mediante el bus.
- 2) El interruptor interrogado responde ("response") desarrollando la acción oportuna, que puede ser:
 - ejecutar el comando recibido;
 - proporcionar los datos requeridos; o
 - informarle de que la petición no puede ser llevada a cabo.

⁸ El comando o la petición contiene el identificador del interruptor al que se ha enviado la comunicación y gracias a ello, aunque la transmisión sea recibida por todos los dispositivos conectados a la red, sólo responderá el interruptor afectado.

Los interruptores son interrogados por el PC mediante interrogación ("polling") cíclica, es decir, uno cada vez cíclicamente hasta realizar el barrido de toda la instalación en un tiempo previsible (tiempo de polling).

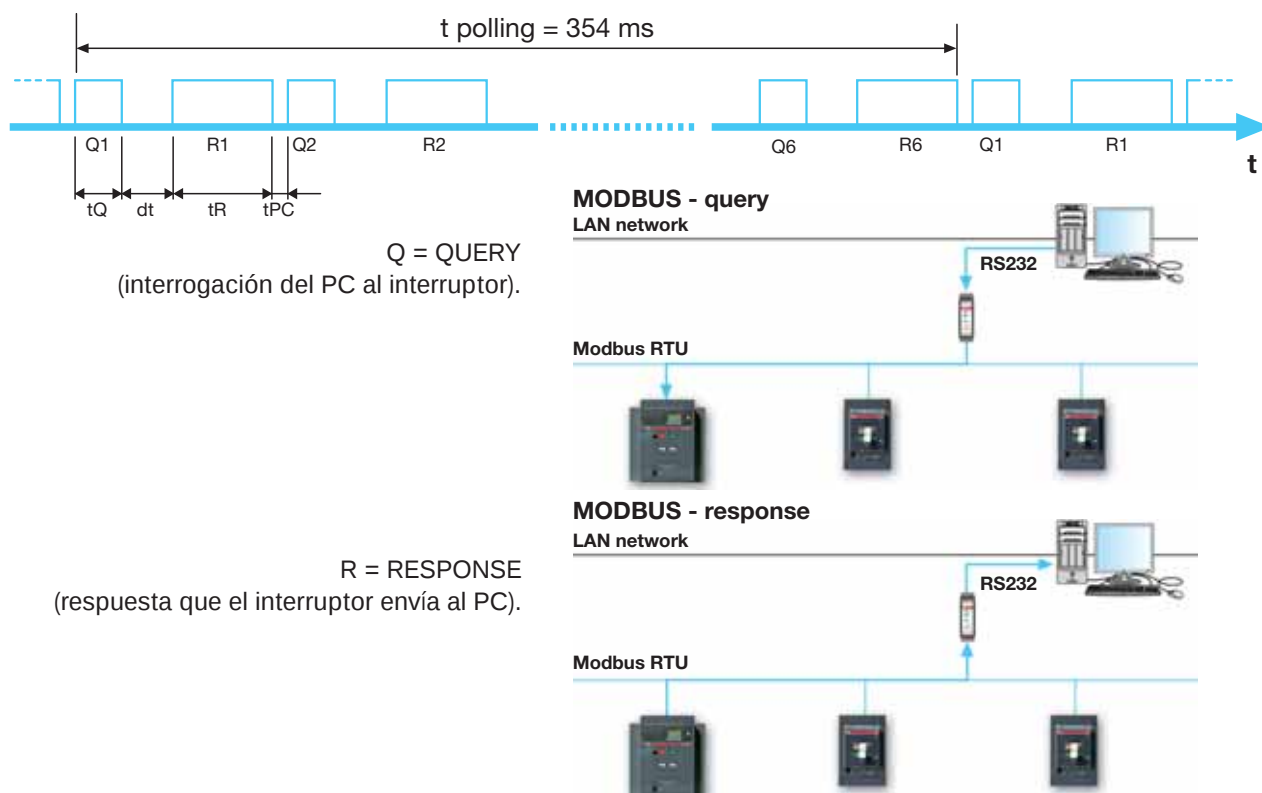
Consideremos, por ejemplo, que se quieren leer los valores de las corrientes de 6 interruptores Tmax equipados con relé de protección electrónico PR222DS/PD.

Para la secuencia de comunicación entre cada interruptor y el PC, supongamos que los tiempos son los siguientes:

- tiempo de "query" t_Q (tiempo para la petición del PC al interruptor): 7 ms.
- intervalo de tiempo, dt , entre "query" y "response": 43 ms.
- tiempo de "response" t_R (tiempo para la respuesta del interruptor al PC): 9 ms.

En este caso hipotético, el tiempo de interrogación de cada interruptor es de unos 59 ms y, considerando éste como constante para todos los interruptores, el tiempo de polling de cada ciclo de comunicación será de unos: $59 \times 6 = 354$ ms.

En el cálculo del tiempo de polling se desprecia el tiempo de procesamiento del ordenador, t_{PC} , es decir, el tiempo que transcurre entre el final de la RESPONSE de un interruptor y el inicio de la QUERY que el ordenador envía al siguiente interruptor.



4.4 Software SD-TestBus 2 y SD-View 2000

4.4.1 SD-Testbus2.

SD-TestBus2 es el software ABB de instalación y diagnóstico para:

- la puesta en servicio de la red Modbus y de los dispositivos conectados a ésta;
- la búsqueda de defectos y anomalías en una red de comunicación ya operativa;
- el test, el control y la configuración de los relés de protección y de los dispositivos con funciones de comunicación Modbus.

SD-TestBu2 permite:

- 1) efectuar un control y un escaneo completo de la red Modbus, para así poder identificar todos los dispositivos esclavos conectados y detectar los eventuales errores de conexión o de configuración de los parámetros de comunicación (dirección, velocidad de transmisión, "parity check", etc.) de los interruptores;

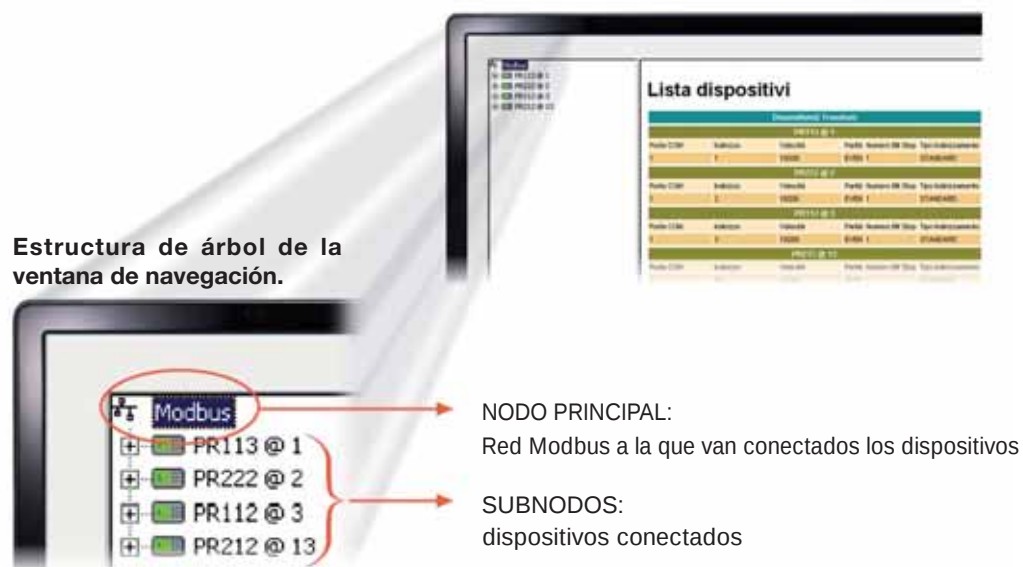
2) interactuar en tiempo real con los dispositivos:

- PR122/P y PR123/P con módulo de comunicación PR120D-M;
- PR222DS/PD;
- PR223EF, PR223DS;
- PR332/P y PR333/P con módulo de comunicación PR330D-M;
- Flex Interfaces SD030DX.

4.4.1.1 Escaneo del bus de sistema

Gracias a esta función, el software ejecuta un escaneo automático del bus RS-485, identificando todos los dispositivos esclavos presentes en el bus e indicando sus parámetros de comunicación. Los dispositivos ABB son automáticamente reconocidos y visualizados tanto en la lista de dispositivos como en la ventana de navegación.

Figura 30: Pantalla de SD-Testbus2 con la lista dispositivos y la ventana de navegación



Durante el escaneo, incluso cualquier otro dispositivo conectado al bus, aunque no sea un interruptor automático, capaz de comunicarse mediante el protocolo Modbus es detectado e identificado con los respectivos parámetros de comunicación.

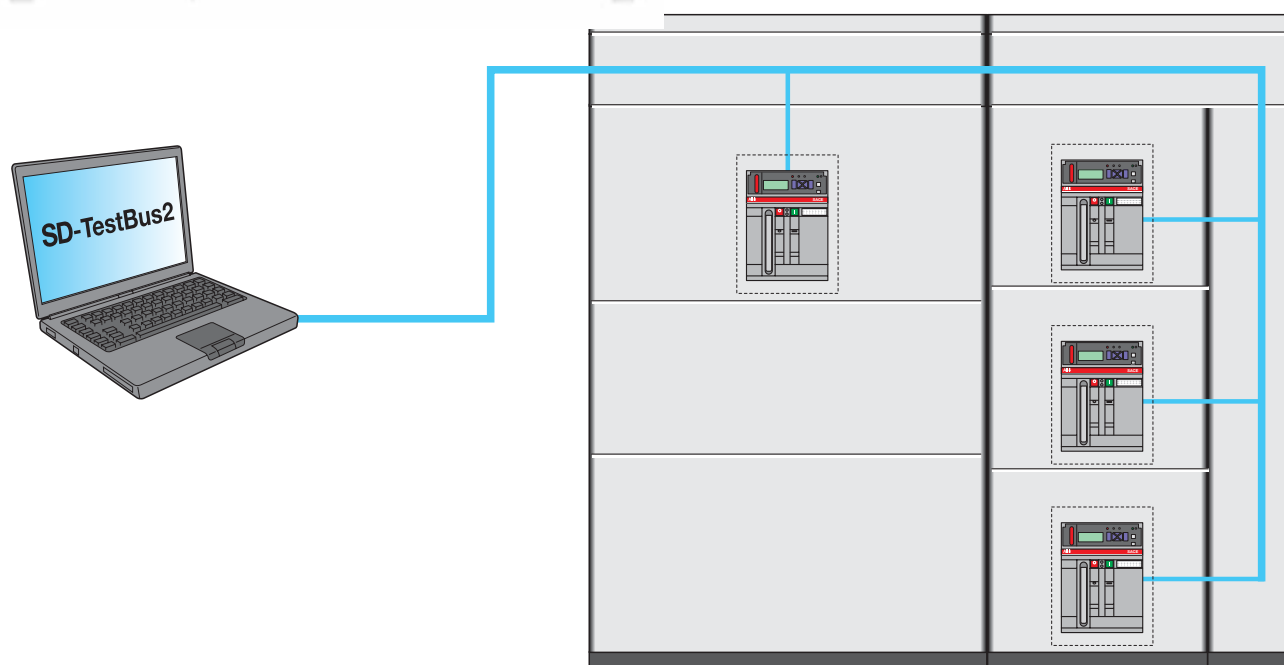
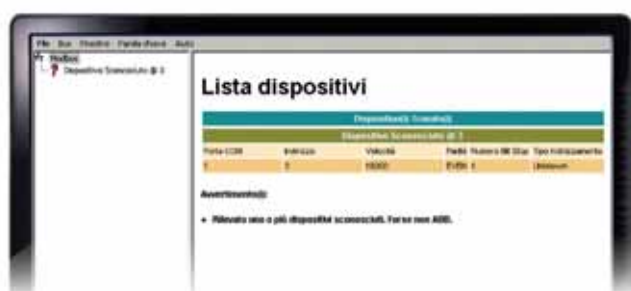
Al final del escaneo, el SD-Testbus2 muestra los eventuales mensajes de advertencia sobre potenciales problemas o errores de configuración de los dispositivos (ejemplo: dos dispositivos con velocidad de transmisión diferente), permitiendo un diagnóstico completo de la red de comunicación.

Además, gracias a la función "Encuentra Maestro", el SD-TestBus2 puede interceptar la presencia de eventuales maestros presentes en el bus, indicando sus parámetros característicos de comunicación (puerto COM, velocidad y paridad).

El escaneo del bus de sistema resulta especialmente útil en un cuadro eléctrico en fase de prueba equipado con dispositivos que se comunican vía Modbus y diseñado para su integración en una instalación de supervisión y control.

De hecho, esta operación de control permite identificar las eventuales anomalías de conexión entre los distintos dispositivos así como los errores de configuración de los parámetros de comunicación (ejemplo: velocidad, paridad, número de bits de parada, etc.) y los errores de configuración de los dispositivos conectados (ejemplo: dirección lógica), con la posibilidad de corregirlos en una fase aún no operativa del cuadro.

Con estas verificaciones, si durante la puesta en servicio del cuadro se presentasen anomalías en la comunicación con los sistemas de supervisión de la instalación, tales problemas no serán imputables a los dispositivos presentes en el cuadro.



4.4.1.2 Interacción con cada uno de los dispositivos

Este software, utilizado con interruptores con relé de protección electrónico, ofrece pantallas gráficas a través de las cuales es posible comunicarse con los interruptores automáticos y:

- leer la información y los datos contenidos;
- enviar comandos de apertura y de cierre;
- ajustar las funciones de protección.

A continuación se muestran algunas de las pantallas.

- Información

En esta pantalla puede leerse la información general relativa al dispositivo (versión del software y estado del interruptor) y enviar comandos de apertura, cierre y "wink". Este último comando activa una luz intermitente en el panel frontal del interruptor, de manera que un operador pueda identificarlo.



Si el dispositivo está programado en modalidad local, los comandos presentes en la ventana se visualizarán en color gris y no podrán ser ejecutados.

- Medidas

En esta pantalla aparecen las medidas tomadas en tiempo real por el relé de protección; dependiendo del relé de protección instalado, pueden obtenerse las medidas de:

- corriente;
- tensión;
- potencia y energía;
- factor de potencia y frecuencia.



- Registro de medidas

En esta pantalla se visualizan los valores de las magnitudes medidas por el relé de protección en las últimas horas. Concretamente:

- la corriente máxima de fase;
- la tensión máxima y mínima de fase;
- la potencia activa media y máxima;
- la potencia reactiva media y máxima;
- la potencia aparente media y máxima;

medidas en los últimos 24 períodos de tiempo programables con intervalos de 5 minutos (información almacenada de las últimas dos horas) a 120 minutos (información almacenada de las últimas 48 horas).



La función Registro de medidas está disponible en los relés de protección:

- PR122/P y PR123/P para Emax;
- PR332/P y PR333/P para Tmax T7 y Emax X1.

- Alarmas

En esta página se visualizan los mensajes de alarma de las protecciones asociados al relé de protección y las alarmas de diagnóstico asociadas al interruptor.



- Regulaciones

En esta página pueden visualizarse y programarse las configuraciones (umbrales y tiempos de disparo) de las funciones de protección asociadas al relé.



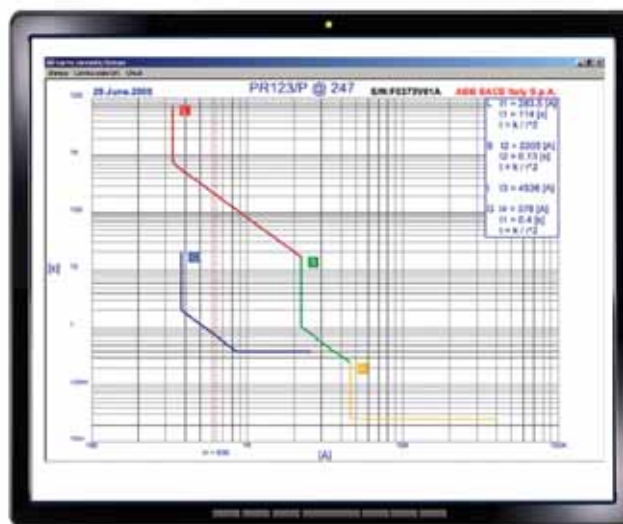
- Disparo

En esta página puede obtenerse más información sobre la causa que ha provocado el disparo de una protección y conocer el tipo de protección que ha intervenido. Algunos relés de protección también ofrecen información sobre los disparos anteriores.



- Curvas tiempo-corriente.

Con esta función pueden visualizarse las curvas tiempo-corriente programadas para las principales funciones de protección (L, S, I y G).



Para más información sobre el uso del software y sobre las funciones que ofrece, véase el manual de instrucciones "SD-TestBus2"

4.4.2 SD-View 2000

SD-View 2000 es un software para PC para la adquisición de datos, el control y la supervisión de pequeñas y medianas instalaciones de distribución de baja tensión con aparataje ABB.

Este programa puede ser instalado por el propio usuario, quien debe conocer las características de la instalación (cuántos interruptores hay instalados, de qué tipo y cómo están conectados entre sí) e introducir las direcciones y los tipos de unidades que se pretenden controlar.

El software reconoce los dispositivos conectados y configurados (a través de la dirección modbus) y muestra las ventanas gráficas ya definidas para cada uno de ellos. También puede reconocer automáticamente los dispositivos instalados y conectados al bus pasando directamente a la puesta en servicio sin necesidad de llevar a cabo ninguna configuración.

La instalación de SD-View 2000 permite el uso del PC como SCADA de un sistema de dos niveles:

1) Nivel de control:

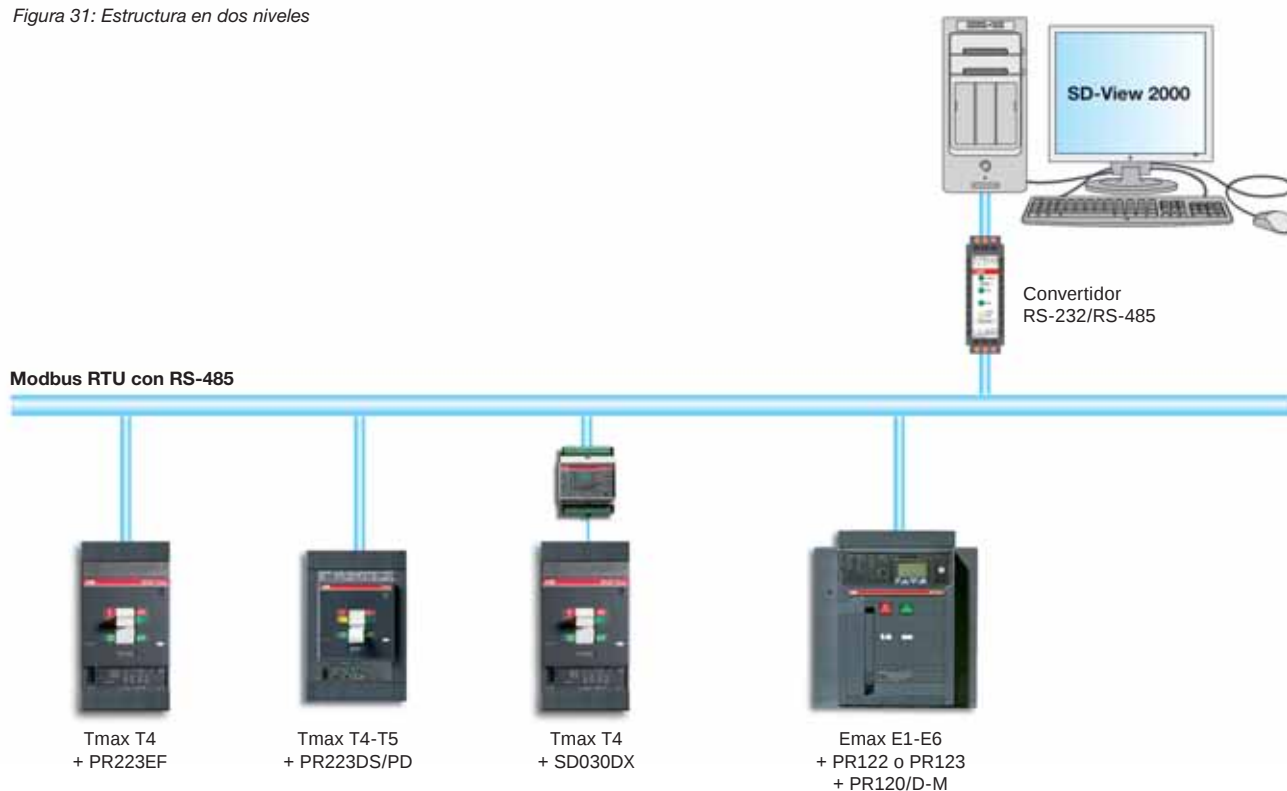
PC que tiene instalado el SD-View 2000.

2) Nivel de campo:

Dispositivos ABB conectados al bus Modbus RS-485.

El PC puede utilizar un máximo de 4 puertos serie, cada uno de los cuales puede estar conectado a 31 dispositivos. Para la supervisión y el control de la instalación eléctrica, el PC se emplea como estación operador desde la cual pueden visualizarse e imprimirse los datos, enviar comandos a los dispositivos y llevar a cabo cuantas operaciones sean necesarias para la gestión de la instalación.

Figura 31: Estructura en dos niveles



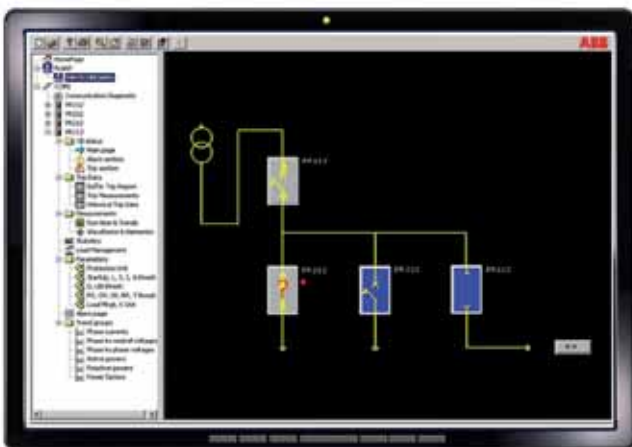
Supervisión de la instalación eléctrica

Con el SD-View 2000 se puede tener en todo momento controlada la situación de la instalación al mismo tiempo que se pueden ordenar de forma sencilla e inmediata todas las funciones.

La estación operador (PC en el que se encuentra instalado el SD-View 2000) permite recibir información de la instalación así como gobernar los interruptores actuando sobre los relativos relés de protección.

Gracias al esquema sinóptico de la instalación se puede visualizar toda la red de distribución así como controlar su estado de funcionamiento mediante símbolos que representan el estado de los dispositivos de protección (abierto/cerrado/disparo, insertado/extraído) y la presencia de situaciones de alarma.

Figura 32: Esquema sinóptico de la instalación del SD-View 2000



De esta forma, las posibles operaciones de supervisión y telecontrol son:

- envío de comandos de apertura y cierre a los interruptores;
- lectura de las magnitudes eléctricas de la instalación (corriente, tensión, factor de potencia, potencia);
- lectura y modificación de las características de disparo de las unidades de protección;
- monitorización del estado de los aparatos (abierto,



cerrado, número de maniobras, disparo por defecto);

- detección de situaciones anómalas de funcionamiento (por ejemplo, sobrecarga) y, cuando intervengan las protecciones, información relativa al tipo de defecto (cortocircuito, sobrecarga, defecto de tierra) y el valor de las corrientes de corte;
- almacenamiento del historial de la instalación (energía absorbida, fase más cargada, eventuales avisos de anomalías o defectos);
- representación gráfica de la evolución en el tiempo de la instalación.

El operador puede acceder a éstas y otras informaciones a través de interfaces gráficas intuitivas que permiten gestionar los datos procedentes de los interruptores.

Dispositivos conectados

SD-View 2000 puede gestionar todos los interruptores ABB dotados de comunicación Modbus nuevos o de familias anteriores, entre ellos los:

- abiertos Emax de E1 a E6 (véase apartado 4.1.1);
- abiertos Emax X1 (véase apartado 4.1.2);
- en caja moldeada Tmax T7 (véase apartado 4.1.2);
- en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6 (véase apartado 4.1.3);

y los Flex Interfaces SD030DX, para conectar mediante interfaz los interruptores abiertos y en caja moldeada con relé de protección termomagnético o relé de protección electrónico y los seccionadores abiertos o en caja moldeada (véase apartado 4.2).

Todas las características de los dispositivos que pueden conectarse se encuentran preconfiguradas en el sistema. El usuario no tiene que realizar configuraciones, insertar tablas con datos de cada uno de los relés de protección, ni diseñar ventanas gráficas; basta con insertar en el sistema la lista de los dispositivos conectados.

Las ventanas gráficas relativas a los interruptores son particularmente intuitivas y de fácil utilización, tal y como puede verse en la Figura 33.

Figura 33: Ventana gráfica principal de un interruptor abierto Emax



Para obtener información detallada sobre la instalación y la utilización del software, véase el manual de instrucciones "SD-View 2000 Sistema de Supervisión"

4.5 Ejemplo de elección de los productos para la supervisión y el telecontrol

Tomemos como ejemplo una instalación de distribución de BT con una supervisión como la que aparece en la figura Figura 34.

El sistema de supervisión utiliza una red tipo bus con protocolo Modbus RTU con RS-485.

En el nivel de control hay un PC en el cual se encuentra instalado el software SD-View 2000 de ABB⁹.

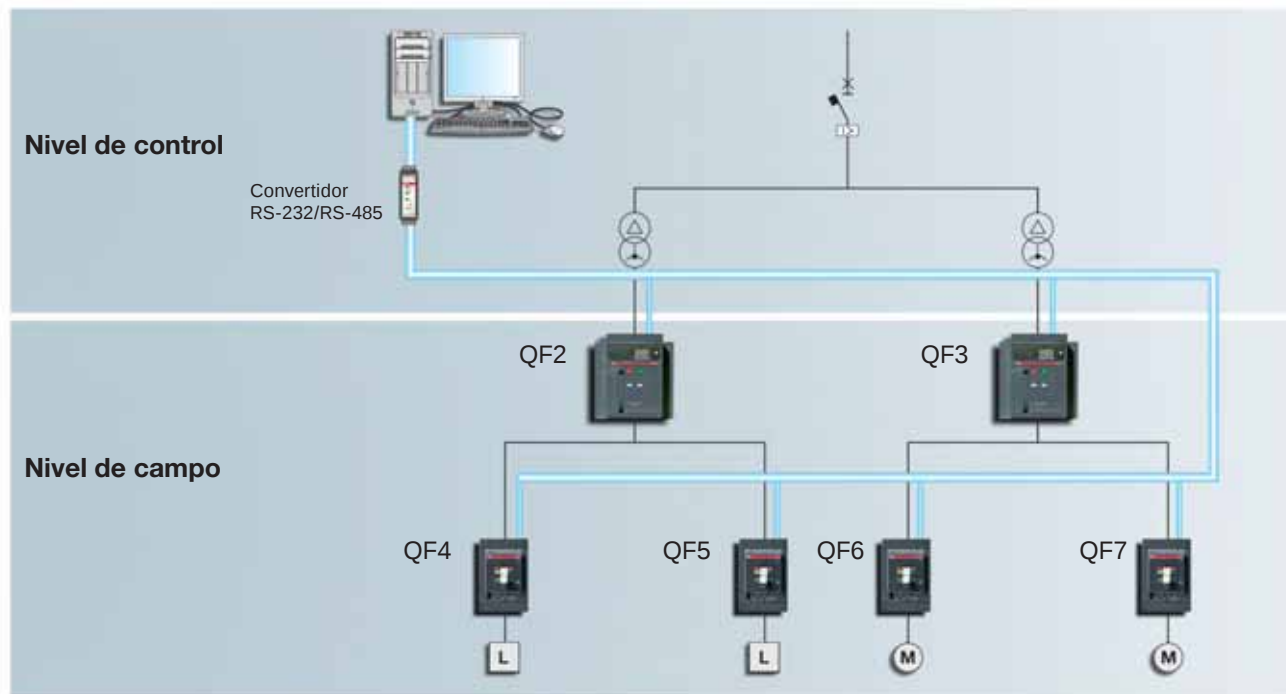
El PC funciona a modo de SCADA adquiriendo, elaborando y almacenando los datos enviados por todos los interruptores.

El nivel de campo está constituido por los interruptores de protección, en caja moldeada Tmax y abiertos Emax, equipados respectivamente con relés de protección electrónicos con microprocesador de tipo:

- PR223DS (QF4, QF5, QF6 y QF7).
- PR123/P (QF2 y QF3).

⁹ Ver apartado 4.4.2.

Figura 34: Sistema de supervisión y control de una instalación de distribución en BT



Elección de los productos y accesorios para la supervisión

Para la supervisión de la instalación se necesitan:

- *Interruptores abiertos Emax E1 (QF2 y QF3) equipados con:*
 - 1) relé de protección electrónico PR123/P;
 - 2) módulo de comunicación PR120/D-M;
 - 3) módulo de medida PR120/V (montado por defecto en el relé de protección PR123/P);
 - 4) tensión de alimentación auxiliar Vaux (véase Apéndice B).
- *Interruptores en caja moldeada Tmax T4 (QF4, QF5, QF6 y QF7) equipados con:*
 - 1) relé de protección electrónico PR223DS;
 - 2) conector posterior X3 (véanse Apéndices B y C);
 - 3) módulo de medida VM210 (véase Apéndice D);
 - 4) conector posterior X4 (véase Apéndice D);
 - 5) contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E (véase Apéndice E);
 - 6) Tensión de alimentación auxiliar Vaux (véase Apéndice B).

Elección de los productos y accesorios para el telecontrol

Para efectuar el telecontrol de los interruptores, son necesarios los siguientes accesorios:

- *Interruptores abiertos Emax E1 (QF2 y QF3)*
 - 1) bobina de apertura (YO);
 - 2) bobina de cierre (YC);
 - 3) motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre (M).
- *Interruptores en caja moldeada Tmax T4 (QF4, QF5, QF6 y QF7)*
 - 1) mando motor con módulo MOE-E (véase Apéndice E);
 - 2) contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E (suministrados junto con el MOE-E).

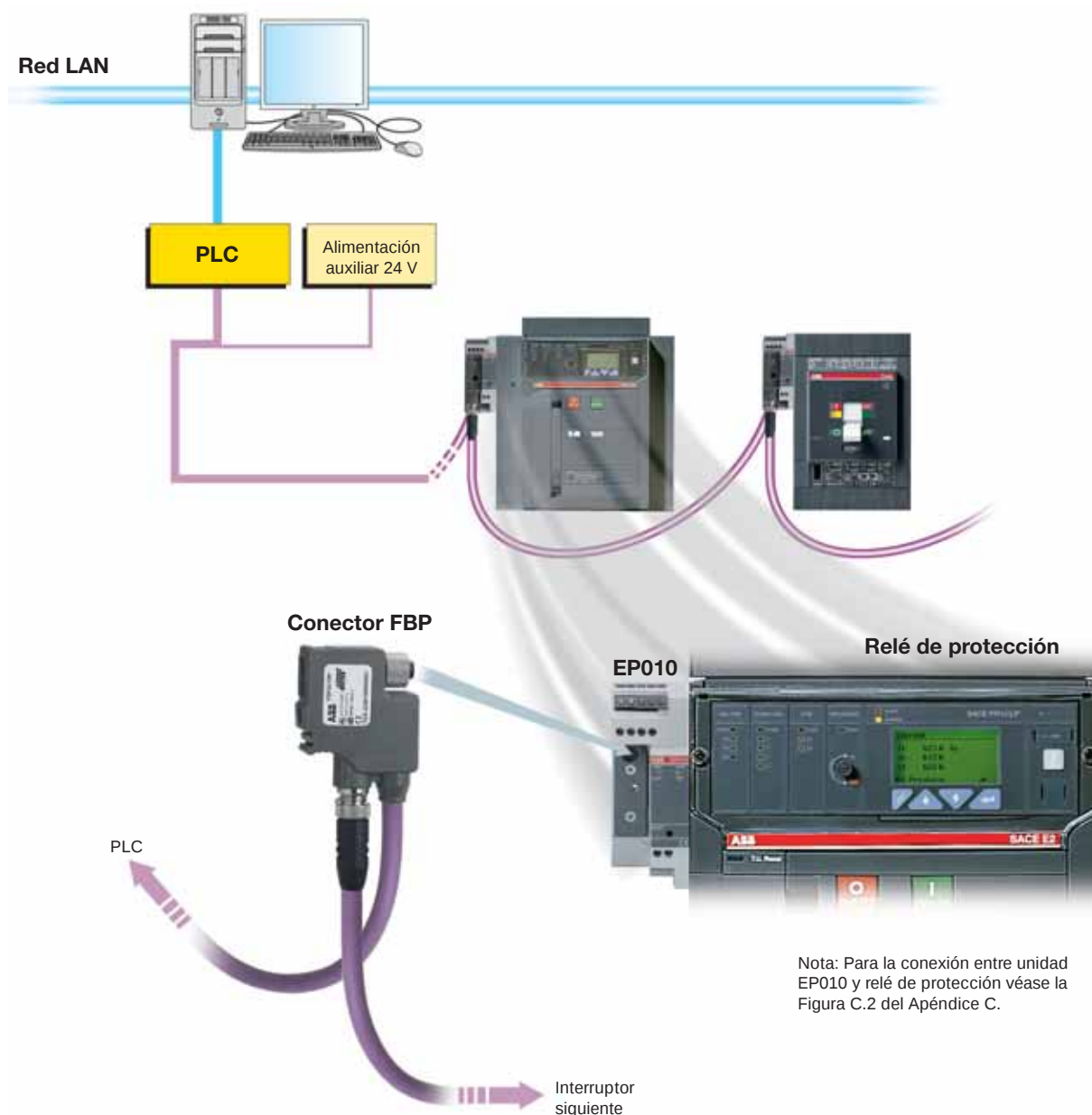
4.6 La integración de los interruptores automáticos en los buses de campo Profibus DP y DeviceNet

La unidad de interfaz fieldbus EP010 permite integrar los interruptores automáticos ABB en sistemas de comunicación con protocolo Profibus DP o DeviceNet. Para ello se utilizan conectores inteligentes FBP FieldBusPlug ABB, que permiten la comunicación con los distintos protocolos.

La conexión de los interruptores al bus de campo debe realizarse tal y como aparece en la figura.

Este mismo sistema de comunicación es utilizado con otros productos ABB, como plataformas PLC, guardamotores, controladores de motor universales, arrancadores suaves y sensores de posición.

Así pues, es posible emplear los interruptores automáticos en sistemas de automatización industrial para multitud de aplicaciones, integrando de esta forma el control de un proceso con el control de la instalación eléctrica de distribución que lo alimenta.



Nota: Para la conexión entre unidad EP010 y relé de protección véase la Figura C.2 del Apéndice C.

4.6.1.2 Interruptores abiertos Emax X1 y de caja moldeada Tmax T7

ProfibusDP y DeviceNet: supervisión y telecontrol

Los interruptores abiertos Emax X1 equipados con relés de protección electrónicos PR332/P o PR333/P y los de caja moldeada Tmax T7 equipados con relé de protección electrónico PR332/P se conectan a la unidad EP010 mediante el módulo de comunicación PR330/D-M, tal y como se indica en el Apéndice C.

La unidad EP010 recibe una alimentación de 24 V CC a través del conector FBP, junto con la comunicación transmitida por medio del bus.

El relé de protección conectado a la unidad EP010 debe ser alimentado con la tensión auxiliar Vaux (para más información sobre las características eléctricas, véase el Apéndice B).

La interfaz de los interruptores al bus de campo se efectúa con el conector FBP apropiado:

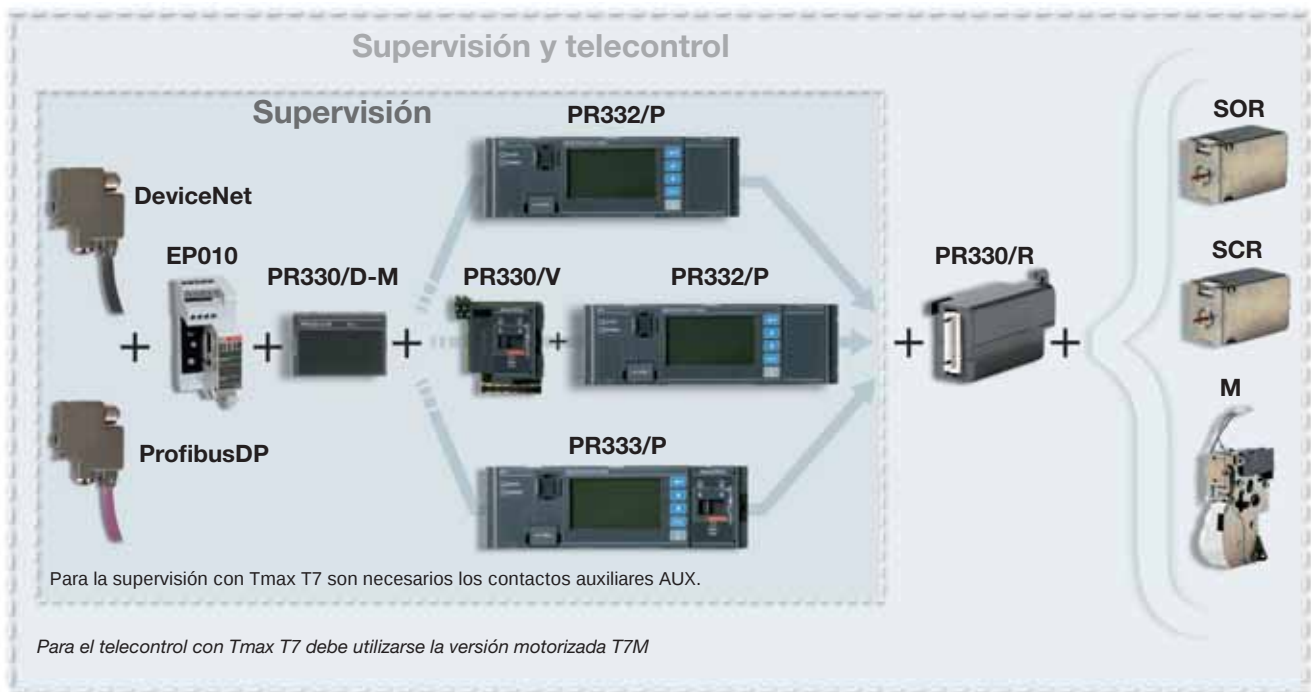
- PDP22-FBP para ProfibusDP;
- DNP21-FBP para DeviceNet.

- Relés de protección electrónicos PR3322/P y PR333/P

Para más información sobre las medidas, los datos y las alarmas ofrecidos por los relés de protección PR332/P y PR333/P con las configuraciones que se describen a continuación, véase la Tabla A.3 del Apéndice A.

Para las operaciones de telecontrol ejecutables en el interruptor, véase el apartado Comandos de la Tabla A.3 del Apéndice A.

Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modalidad local.



4.6.1.3 Interruptores de caja moldeada Tmax T4-T5-T6

ProfibusDP y DeviceNet: supervisión y telecontrol.

Los interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6 con relés de protección electrónicos PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS se conectan a la unidad EP010 mediante el conector posterior X3, tal y como se indica en el Apéndice C.

La unidad EP010 recibe una alimentación de 24 V CC a través del conector FBP, junto con la comunicación transmitida por medio del bus.

El relé de protección conectado a la unidad EP010 debe ser alimentado con la tensión auxiliar Vaux (para más información sobre las características eléctricas, véase el Apéndice B).

La interfaz de los interruptores al bus de campo se efectúa con el conector FBP apropiado:

- Relé de protección electrónico PR222DS/PD

- PDP22-FBP para ProfibusDP;

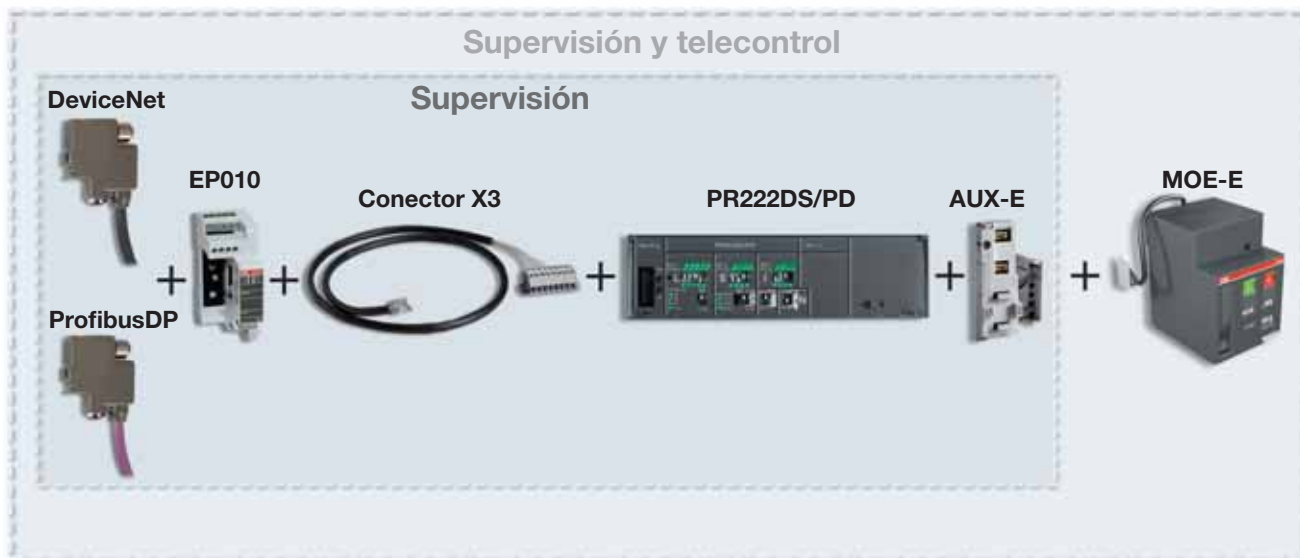
- DNP21-FBP para DeviceNet.

Para realizar el telecontrol y la actuación mecánica de los comandos de apertura y cierre a distancia, los interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6 deben estar equipados con el mando motor con interfaz electrónica MOE-E y los contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E.

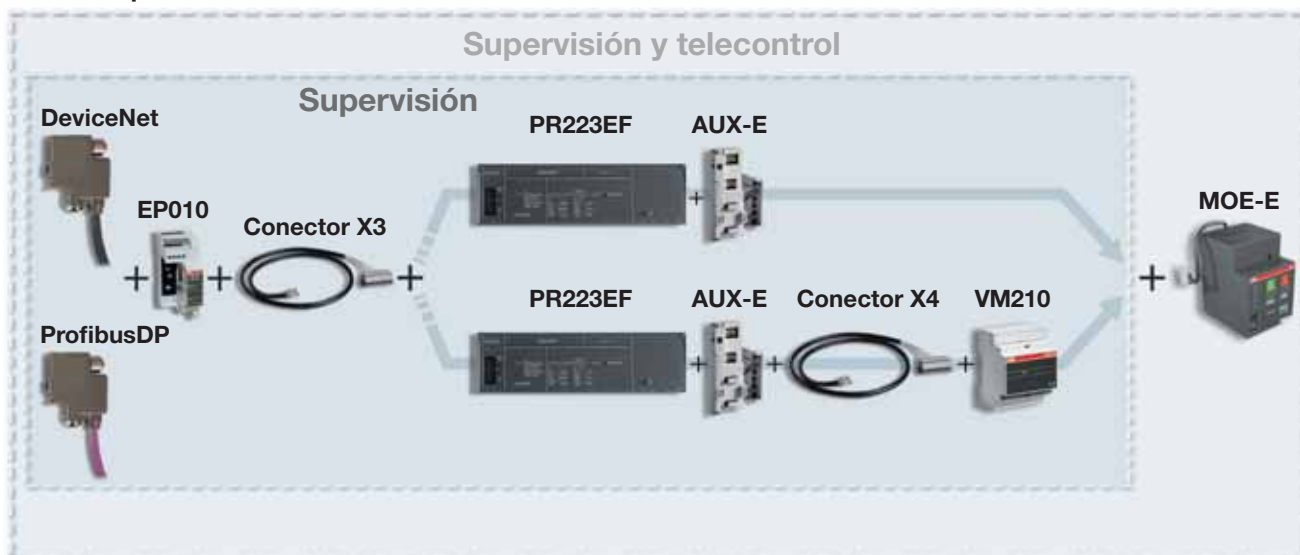
Para más información sobre las medidas, los datos y las alarmas ofrecidos por los relés de protección PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS con las configuraciones que se describen a continuación, véase la Tabla A.4 del Apéndice A.

Para las operaciones de telecontrol ejecutables en el interruptor, véase el apartado Comandos de la Tabla A.4 del Apéndice A.

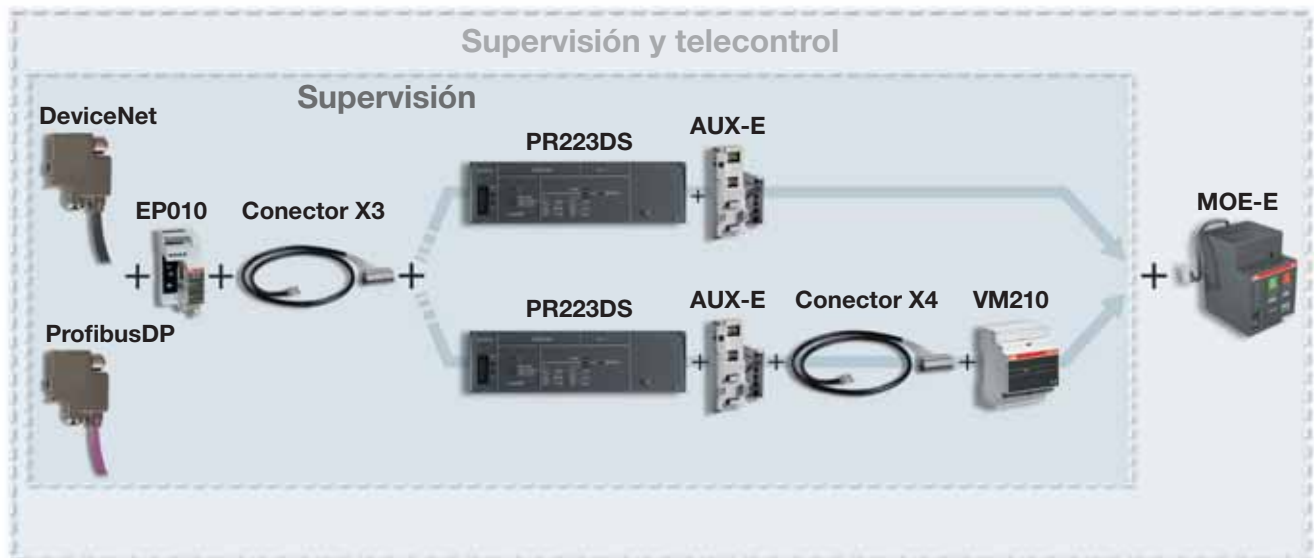
Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modalidad local.



- Relé de protección electrónico PR223EF



- Relé de protección electrónico PR223DS



NOTA: Para obtener información más detallada sobre las funciones de diálogo y sobre las características de los productos descritos en este apartado, véanse los relativos catálogos y manuales técnicos de producto.

5 Ejemplos de aplicación

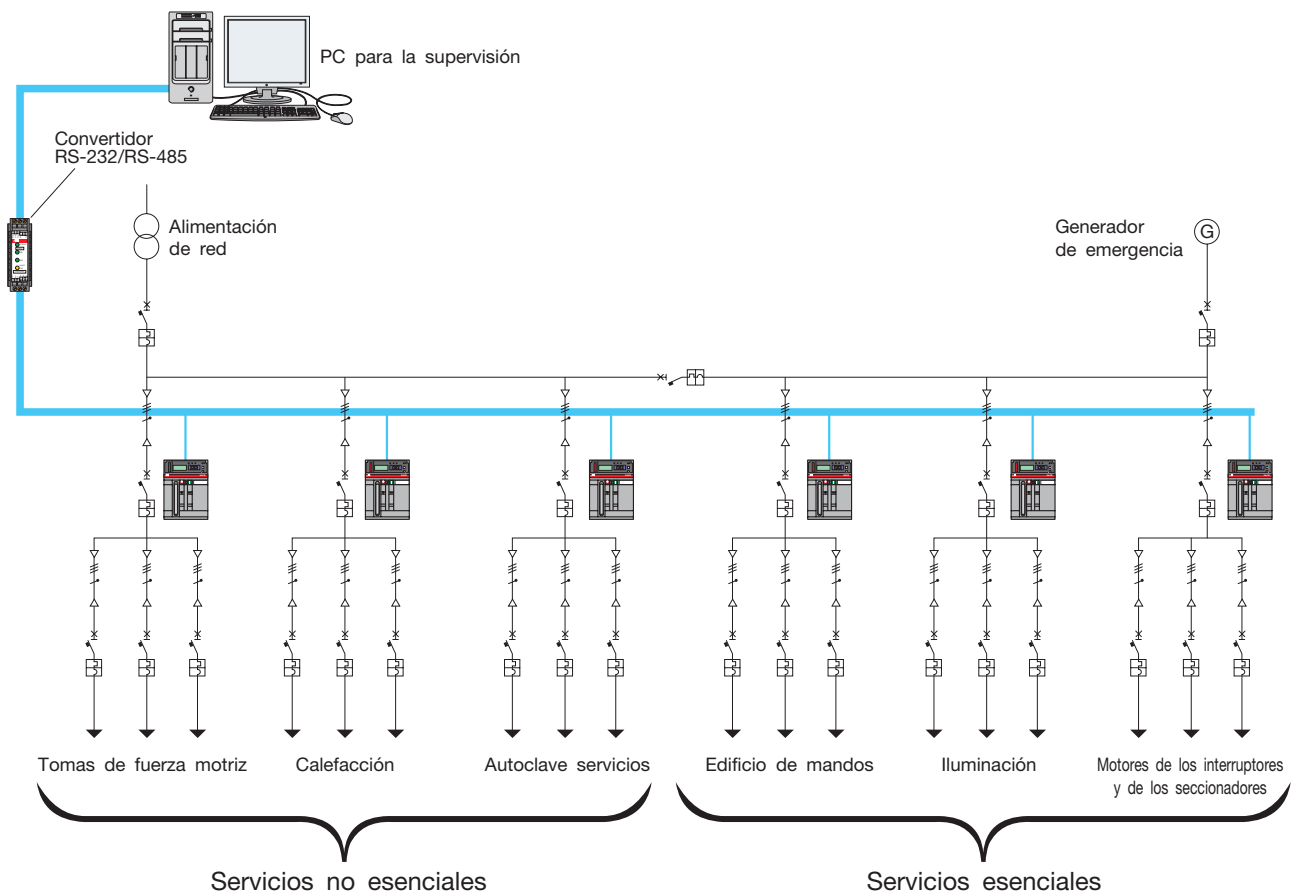
A continuación, se describen algunos ejemplos de aplicación de los interruptores ABB, con posibilidad de diálogo, para:

- la supervisión de las protecciones y la maniobra de los interruptores;
- la atribución de los costes energéticos de una instalación;
- la gestión de las cargas prioritarias y no prioritarias de una instalación.

5.1 Supervisión de las protecciones y maniobra de los interruptores

Tomemos como ejemplo una central eléctrica de producción de energía. En este tipo de instalaciones es muy importante mantener controlado, además del proceso de producción de potencia, todos los circuitos que alimentan los servicios auxiliares (edificio de mandos, calefacción, motores de los interruptores y de los seccionadores, sistema contra incendios, iluminación, tomas de fuerza motriz, etc.). Estos circuitos son de baja tensión.

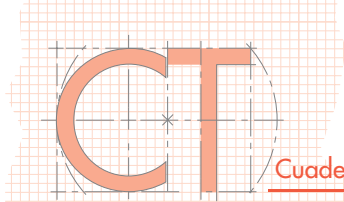
Figura 36: Esquema de los servicios auxiliares de una central eléctrica



Por otro lado, existe un sistema con un generador de emergencia que sólo alimenta los servicios esenciales. En cada cuadro actúa como interruptor principal un Emax con relé de protección PR122/P-PR123/P; el PR123/P es utilizado sólo en los cuadros relativos a los servicios esenciales que pueden ser alimentados por un generador de emergencia, debido a que ofrece la posibilidad de ser utilizado con las funciones "dual setting", es decir, que puede almacenar las configuraciones de las protecciones, tanto para condiciones normales con alimentación procedente de la red como para condiciones de emergencia con alimentación procedente del grupo electrógeno de reserva, y cambiarlas instantáneamente en caso de necesidad.

Todos los relés de protección PR122/P y PR123/P están dotados de interfaz de comunicación Modbus (módulo accesorio PR120/D-M) y se encuentran conectados al sistema de supervisión.

El sistema de supervisión, que se comunica con los interruptores por medio de una red de comunicación vía bus con protocolo Modbus, muestra tres tipos de información relativa a los sistemas auxiliares:



- alarmas por sobrecarga de las protecciones;
- datos sobre las intervenciones de las protecciones (en caso de intervención, se visualizan tanto los valores de las corrientes de corte como las formas de onda registradas por el relé en el registrador de datos interno);
- datos relativos a la vida de cada interruptor (número de operaciones y porcentajes de desgaste de los contactos).

El sistema de supervisión lee cíclicamente la información contenida en cada interruptor por medio del bus de comunicación.

Los datos relativos a las alarmas y a las intervenciones de las protecciones se muestran a los operadores en la sala de control y son almacenados en la base de datos del registro del sistema de supervisión.

Con estos datos se puede:

- 1) realizar un seguimiento en tiempo real del estado de los circuitos que alimentan los servicios auxiliares;
- 2) llevar a cabo un análisis diagnóstico y estadístico de las anomalías intervenidas para la realización de un estudio preventivo sobre las causas de defecto, con objeto de reducir los fallos de los sistemas auxiliares, consiguiendo así una gestión logística de la central más eficiente.

Además, los datos relativos a la vida de los interruptores (como el número de maniobras ejecutadas y el porcentaje de desgaste de los contactos) también son transferidos a través de la red local a la base de datos, y son utilizados para planificar las intervenciones de mantenimiento preventivo que han de realizarse en los interruptores a fin de garantizar la continuidad del funcionamiento de los servicios esenciales.

5.2 Atribución de los costes energéticos de una instalación

En un proceso productivo, es muy importante conocer el coste de la energía asociada a las diferentes líneas de producción para así poder asignar correctamente los distintos costes de producción de cada tipo de producto.

Consideremos una planta industrial de producción de detergentes en la que existen tres líneas diferentes de producción. Cada una de estas líneas produce un tipo de detergente, diferentes en cuanto a su composición, envasado y embalaje final.

Las tres líneas siguen procesos de producción parecidos, partiendo de la mezcla de distintas materias primas. Cada línea produce una cantidad diferente, por tanto, los tiempos de funcionamiento son planificados de manera independiente: en un mismo momento, una de las líneas puede estar funcionando a pleno régimen mientras que las demás están paradas.

Para la correcta gestión de la planta, se deben conocer los costes de energía relativos a cada tipo de producción.

Concretamente, los costes del suministro energético que hay que tener en cuenta son:

- el coste directo de la energía, proporcional al número de kWh consumidos por cada línea de producción;
- una sanción relativa a la potencia reactiva, proporcional al número de minutos durante los cuales el coste de la instalación ha sido inferior al valor fijado por el gestor de la red eléctrica.

5.2.1 Descripción del sistema de distribución y comunicación

La instalación eléctrica se realiza con distribución radial en baja tensión.

Cada línea recibe alimentación de un cuadro de proceso (QBT-PR), que distribuye alimentación sólo a la planta de producción, y de un cuadro para la automatización del sistema de embotellado y manipulación de los envases.

Cada cuadro utiliza como interruptor principal un Emax E2 dotado con los siguientes accesorios:

- relé de protección electrónico PR122/P;
- módulo de medida de tensiones PR120/V;
- módulo de comunicación Modbus PR120/D-M;

Los relés de protección reciben 24 V CC de alimentadores switching ABB CP-24/1 situados en cada uno de los cuadros principales.

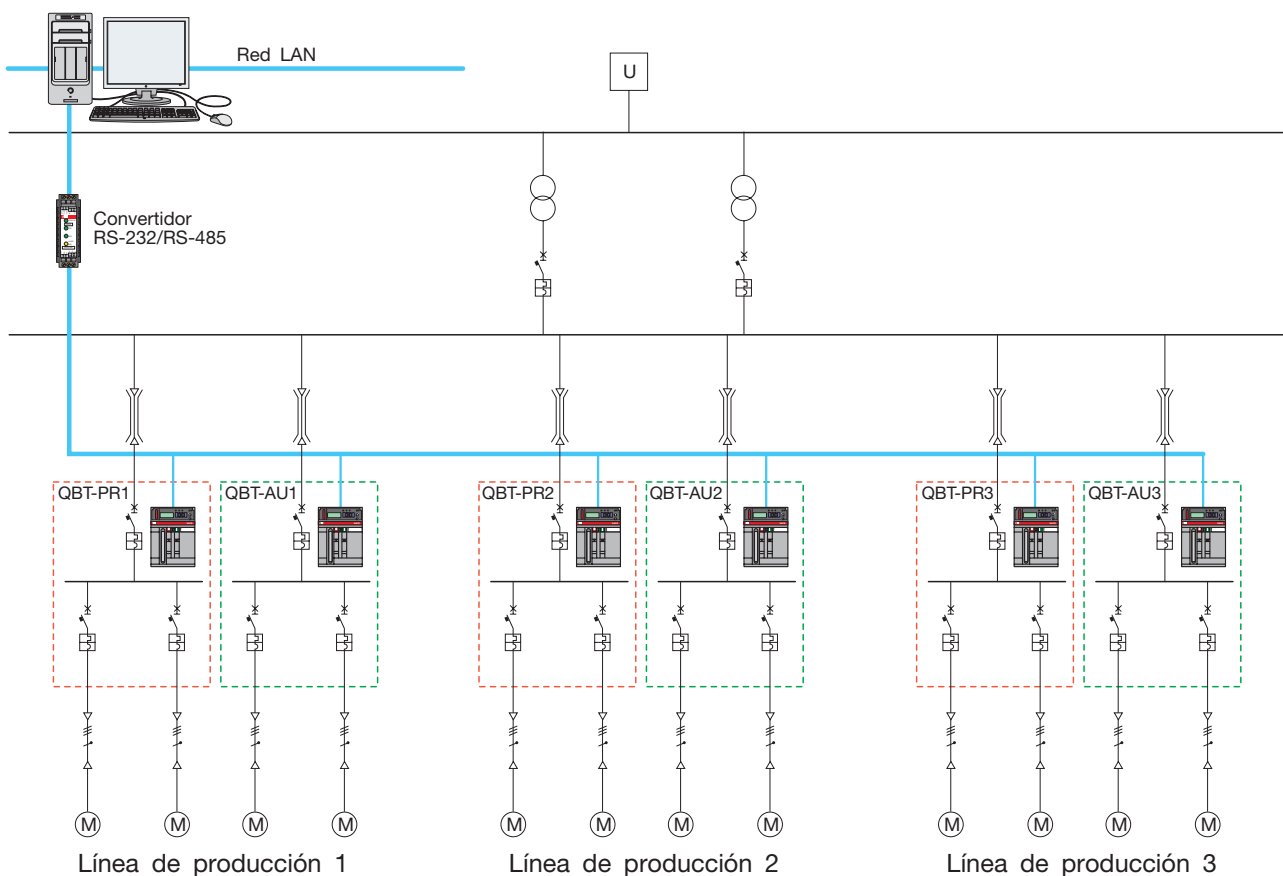
Todos los interruptores principales están conectados, por medio de un cable apantallado del bus de comunicación RS-485, a un ordenador donde se encuentra instalado el programa de supervisión. El ordenador, a su vez, está conectado mediante red local a los sistemas de gestión de la instalación.

5.2.2 Funcionamiento

Los módulos PR120/V permiten que el relé de protección de cada interruptor principal pueda medir continuamente la potencia activa, la potencia reactiva y el coste relativos a la propia carga. El relé de protección dispone además de un contador de energía que acumula el valor de la potencia activa.

Todos los valores citados están disponibles en forma de registros numéricos ("Input register") y pueden ser leídos mediante el protocolo Modbus.

La aplicación de supervisión realiza un ciclo muy sencillo que consiste en interrogar a cada uno de los interruptores y en leer los registros de energía total acumulada y de medida de la potencia reactiva. Esta lectura puede realizarse, por ejemplo, una vez cada cinco segundos. Cada 15 minutos, la aplicación escribe en un archivo los valores de energía total y de potencia reactiva media de cada interruptor. Después, dichos valores serán leídos por la persona a cargo de la atribución de los costes, permitiendo así conocer el empleo de la potencia activa y de la potencia reactiva utilizadas por la instalación y subdividir los costes entre las distintas líneas de producción.



5.3 Gestión de las cargas prioritarias y no prioritarias

En un centro comercial hay distintas cámaras frigoríficas, cada una de las cuales cuenta con un sistema de refrigeración independiente. El sistema de refrigeración de cada cámara frigorífica posee un termostato que se acciona de forma automática e independiente.

Además, cada sistema de refrigeración puede funcionar en modo normal (a régimen) o en modo rápido cuando la cámara se repone con nuevos productos que necesitan que ésta alcance una baja temperatura lo más rápidamente posible. Cuando esto ocurre, tiene lugar un pico de absorción de potencia.

El sistema de distribución alimenta, además de las cámaras frigoríficas, la iluminación del local, el aire acondicionado y la iluminación externa de emergencia. Esta última se considera una carga no prioritaria y, cuando sea necesario, puede ser desactivada para reducir el consumo energético.

Los interruptores principales de cada cuadro de subdistribución QBT1, QBT2, QBT3 y QBT4 son los Tmax T5 con relé de protección PR222DS/PD (dotado de interfaz de comunicación Modbus).

Además, cada interruptor está dotado de contactos auxiliares con interfaz electrónica AUX-E y mando motor con interfaz electrónica MOE-E.

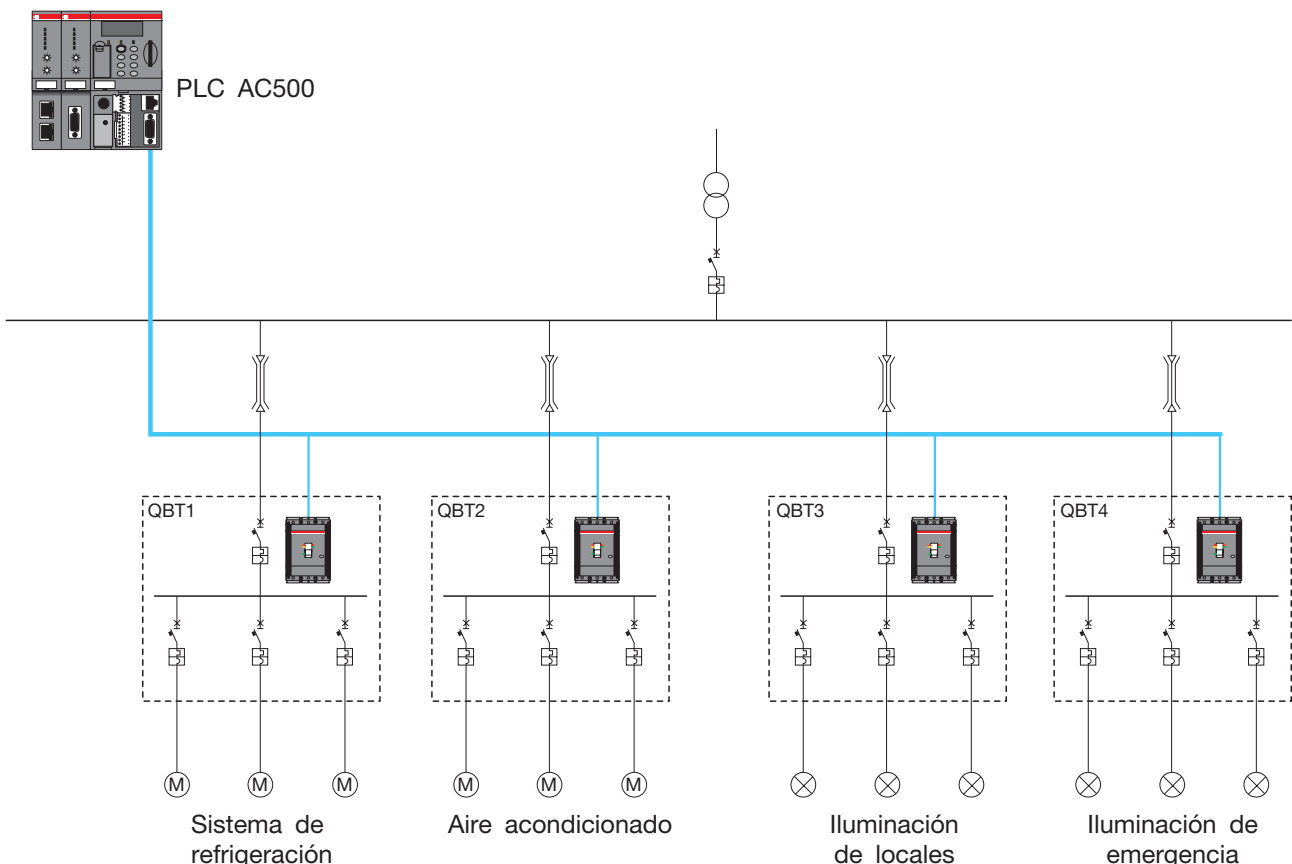
Todos los interruptores están conectados al mismo bus de comunicación Modbus RTU, cuyo maestro es un PLC AC500.

El PLC implementa un software de aplicación de control de cargas que lee de forma cíclica las corrientes de todos los interruptores principales, abriendo los relativos a las cargas no prioritarias cuando la suma de las corrientes supere el umbral prefijado o bien en otras condiciones de funcionamiento programadas.

Estas condiciones varían en función del horario, ya que el coste del kWh puede ser diferente según las franjas horarias (más caro de día y en las horas de pico de consumo, más barato de noche).

El control de las cargas persigue principalmente dos objetivos:

- evitar las intervenciones por sobrecarga de la protección principal de cada cuadro de subdistribución;
- siempre que sea posible, mantener la curva de carga lo más baja posible en las horas en las que el coste del kWh es más elevado.



Apéndice A: Medidas, datos y comandos para la supervisión y el telecontrol

Supervisión con bus de campo Modbus RTU

Tabla A.1: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores abiertos Emax, abiertos X1 y de caja moldeada Tmax T7

		E1÷E6			T7-X1		X1
		PR122/P+ PR120/D-M	PR122/P+ PR120/D-M+ PR120/V	PR123/P+ PR120/D-M	PR332/P+ PR330/D-M	PR332/P+ PR330/D-M+ PR330/V	PR333/P+ PR330/D-M
Magnitudes eléctricas	Corrientes de fase (IL1, IL2, IL3), corriente en el neutro (IN), corriente de fallo a tierra	■	■	■	■	■	■
	Tensiones (fase-fase, fase-neutro, residual)		■	■		■	■
	Potencia (activa P, reactiva Q, aparente A) total y de fase		■	■		■	■
	Factor de potencia		■	■		■	■
	Factor de cresta (Ip/Irms)	■	■	■	■	■	■
	Frecuencia		■	■		■	■
	Energía (activa, reactiva, aparente) total y de fase		■	■		■	■
	Cálculo de armónicos (THDi, THDv y espectro) hasta el armónico nº 40 (hasta el nº 35 con frecuencia f= 60 Hz)			■			■
	Forma de onda de las corrientes de fase y del neutro			■			■
	Forma de onda de las tensiones concatenadas (fase-fase)			■			■
	Registrador de datos	■	■	■	■	■	■
	Registro de medidas (Imax)	■	■	■	■	■	■
	Registro de medidas (Vmax, Vmin, Pmax, Pmean, Qmax, Qmean, Amax, Amean)		■	■		■	■
Información sobre el estado	Estado y posición del interruptor (abierto/cerrado, insertado/extraído)	■	■	■	■	■	■
	Estado de los resortes (cargados, descargados)	■	■	■	■	■	■
	Modalidad (local, remoto)	■	■	■	■	■	■
	Parámetros de protección programados, parámetros para control de cargas	■	■	■	■	■	■
Datos de mantenimiento	Número total de maniobras y de disparos	■	■	■	■	■	■
	Número de test de disparo y de maniobras manuales	■	■	■	■	■	■
	Número de actuaciones distinto para cada función de protección	■	■	■	■	■	■
	Desgaste de los contactos (%)	■	■	■	■	■	■
	Registro de datos de los últimos 20 disparos	■	■	■	■	■	■
Alarmas de las protecciones	Protección L, S, I, G	■	■	■	■	■	■
	Protección direccional D (temporización y disparo)			■			■
	Protección contra desequilibrio de las corrientes de fase U (temporización y disparo)	■	■	■	■	■	■
	Protección contra sobretensión OT	■	■	■	■	■	■
	Protección contra desequilibrio de las tensiones de fase U (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección de mínima tensión UV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra máxima tensión OV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección de tensión residual RV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra inversión de potencia activa RP (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra subfrecuencia UF (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra sobrefrecuencia OF (temporización y disparo)		■	■		■	■
Alarmas de diagnóstico	Defecto en el mecanismo de apertura (comando de DISPARO fallido)	■	■	■	■	■	■
	Desgaste de los contactos = 100%	■	■	■	■	■	■
	Módulo calibre relé desconectado	■	■	■	■	■	■
	Bobina de disparo (TC) desconectada o dañada	■	■	■	■	■	■
	Sensores de corriente desconectados	■	■	■	■	■	■
Comandos	Apertura/cierre del interruptor	■	■	■	■	■	■
	Puesta a cero de las alarmas	■	■	■	■	■	■
	Programación de las curvas y umbrales de las protecciones	■	■	■	■	■	■
	Sincronización temporal desde sistema de cada interruptor	■	■	■	■	■	■
Eventos	Cambios de estado del interruptor, de las protecciones y de todas las alarmas (las últimas 80)	■	■	■	■	■	■

Para más información sobre las magnitudes, los datos y las alarmas disponibles, consúltase el siguiente documento:
- Instruction manual PR122-3/P+PR120/D-M-PR332-3/P+PR330/D-M Modbus System Interface;

Tabla A.2: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6

		PR222DS/PD	PR223EF	PR223EF + VM210	PR223DS	PR223DS + VM210
Magnitudes eléctricas	Corrientes de fase (IL1, IL2, IL3), corriente en el neutro (IN), corriente de fallo a tierra (Ig)	■	■	■	■	■
	Tensiones fase-fase (V12-V23-V31)			■		■
	Tensiones fase-neutro (V1-V2-V3)			■		■
	Factor de cresta (L1-L2-L3-N)		■	■	■	■
	Frecuencia			■		■
	Potencia (activa P, reactiva Q, aparente S) total y de fase					■
	Factor de potencia total					■
	Energía (activa, reactiva, aparente) total					■
Información sobre el estado	Estado del interruptor (abierto, cerrado, intervenido)	■	■	■	■	■
	Modalidad (local, remoto)	■	■	■	■	■
	Parámetros de protección programados	■	■	■	■	■
	Registro de datos de los últimos [N°] disparos	1	20	20	20	20
Datos de mantenimiento	Número total de maniobras	■	■	■	■	■
	Número total de disparos	■	■	■	■	■
	Número de test de disparo	■	■	■	■	■
	Número de maniobras manuales	■	■	■	■	■
	Número de disparos distinto para las funciones de protección L-S-I-G	■	■	■	■	■
	Número de disparos distinto para las funciones de protección EF-SOS		■	■		
Alarmas de las protecciones	Protección I (disparo)	■	■	■	■	■
	Protecciones L, S, G (temporización y disparo)	■	■	■	■	■
	Protecciones EF, SOS (disparo)		■	■		
Alarmas de diagnóstico	Comando de disparo fallido	■	■	■	■	■
	Sobrecalentamiento del mando motor MOE-E	■	■	■	■	■
	Bobina de disparo desconectada o dañada		■	■	■	■
Comandos	Apertura/cierre del interruptor (con mando motor)	■	■	■	■	■
	Puesta a cero de las alarmas	■	■	■	■	■
	Puesta a cero del interruptor (con mando motor)	■	■	■	■	■
	Programación de las curvas y umbrales de las protecciones	■	■	■	■	■
Eventos	Cambios de estado del interruptor, de las protecciones y de todas las alarmas	■	■	■	■	■

Para más información sobre las magnitudes, los datos y las alarmas disponibles, consúltense los siguientes documentos:

- Instruction manual PR223EF Modbus System Interface;
- Instruction manual PR223DS Modbus System Interface;
- Instruction manual PR222DS/PD Modbus System Interface.

Supervisión con bus de campo Profibus DP y DeviceNet

Tabla A.3: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores abiertos Emax, abiertos X1 y en caja moldeada Tmax T7

		E1÷E6			T7-X1		X1
		PR122/P+ PR120/D-M+ EP010	PR122/P+ PR120/D-M+ PR120/V+ EP010	PR123/P+ PR120/D-M+ EP010	PR332/P+ PR330/D-M+ EP010	PR332/P+ PR330/D-M+ PR330/V+ EP010	PR333/P+ PR330/D-M+ EP010
Magnitudes eléctricas	Corrientes de fase (IL1, IL2, IL3), corriente en el neutro (IN), corriente de fallo a tierra	■	■	■	■	■	■
	Tensiones (fase-fase, fase-neutro, residual)		■	■		■	■
	Potencia total (activa P, reactiva Q, aparente A)		■	■		■	■
	Factor de potencia total		■	■		■	■
	Frecuencia		■	■		■	■
	Energía total (activa, reactiva, aparente)		■	■		■	■
	Cálculo de los armónicos (THDi, THDv) hasta el armónico nº 25 (armónicos impares)			■			■
Información sobre el estado	Estado del interruptor (abierto, cerrado, intervenido)	■	■	■	■	■	■
	Posición del interruptor (insertado, extraído)	■	■	■	■	■	■
	Estado de los resortes (cargados, descargados)	■	■	■	■	■	■
	Modalidad (local, remoto)	■	■	■	■	■	■
	Parámetros de protección programados	■	■	■	■	■	■
Datos de Mantenimiento	Número total de maniobras	■	■	■	■	■	■
	Número total de disparos	■	■	■	■	■	■
Alarmas de las protecciones	Protección L	■	■	■	■	■	■
	Protección S	■	■	■	■	■	■
	Protección I	■	■	■	■	■	■
	Protección G	■	■	■	■	■	■
	Protección contra desequilibrio de las corrientes de fase U (temporización y disparo)	■	■	■	■	■	■
	Protección contra sobretensión del relé OT	■	■	■	■	■	■
	Protección contra desequilibrio de las tensiones de fase U (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección de mínima tensión UV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra máxima tensión OV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección de tensión residual RV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra inversión de potencia activa RP (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra subfrecuencia UF (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra sobrefrecuencia OF (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección direccional D (temporización y disparo)			■			■
Alarmas de diagnóstico	Comando de DISPARO fallido	■	■	■	■	■	■
	Desgaste de los contactos = 100%	■	■	■	■	■	■
	Módulo calibre relé desconectado	■	■	■	■	■	■
	Bobina de disparo (TC) desconectada o dañada	■	■	■	■	■	■
	Sensores de corriente desconectados	■	■	■	■	■	■
Comandos	Apertura/cierre del interruptor	■	■	■	■	■	■
	Puesta a cero de las alarmas	■	■	■	■	■	■

Para más información sobre las magnitudes, los datos y las alarmas disponibles, consúltese el siguiente documento:
- Modbus/FBP Interface. User and Operator Manual.

Tabla A.4: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6

		PR222DS/PD + EP010	PR223EF + EP010	PR223EF + VM210 + EP010	PR223DS + EP010	PR223DS + VM210 + EP010
Magnitudes eléctricas	Corrientes de fase (IL1, IL2, IL3), corriente en el neutro (IN), corriente de fallo a tierra (Ig)	■	■	■	■	■
	Tensiones fase-fase (V12, V23, V31)			■		■
	Tensiones fase-neutro (V1, V2, V3)			■		■
	Factor de cresta (L1, L2, L3, N)		■	■	■	■
	Frecuencia			■		■
	Potencia (Activa P, Reactiva Q, Aparente A) total y de fase					■
	Factor de potencia total					■
	Energía (Activa, Reactiva, Aparente) total					■
Información sobre el estado	Estado del interruptor (abierto, cerrado, intervenido)	■	■	■	■	■
	Modalidad (local, remoto)	■	■	■	■	■
	Parámetros de protección programados	■	■	■	■	■
Datos de Mantenimiento	Número total de maniobras	■	■	■	■	■
	Número total de disparos	■	■	■	■	■
	Número de disparos distinto para las funciones de protección L-S-I-G	■	■	■	■	■
	Número de disparos distinto para las funciones de protección EF-SOS		■	■		
	Número de test de disparo		■	■	■	■
	Número de maniobras manuales		■	■	■	■
Alarmas de las protecciones	Protección L (temporización y disparo)	■	■	■	■	■
	Protección S (temporización y disparo)	■	■	■	■	■
	Protección G (temporización y disparo)	■	■	■	■	■
	Protección I	■	■	■	■	■
	Protecciones EF, SOS		■	■		
Alarmas de diagnóstico	Comando de disparo fallido	■	■	■	■	■
	Sobrecalentamiento MOE-E	■	■	■	■	■
	Bobina de disparo desconectada o dañada		■	■	■	■
Comandos	Apertura/cierre del interruptor (con mando motor)	■	■	■	■	■
	Puesta a cero del interruptor (con mando motor)	■	■	■	■	■
	Puesta a cero de las alarmas	■	■	■	■	■
Eventos	Cambios de estado del interruptor, de las protecciones y de todas las alarmas	■	■	■	■	■

Para más información sobre las magnitudes, los datos y las alarmas disponibles, consúltase el siguiente documento:

- Modbus/FBP Interface. User and Operator Manual.

Apéndice B: Características eléctricas de la tensión de alimentación auxiliar

Interruptores abiertos Emax: E1, E2, E3, E4, E6

Características eléctricas	PR122/P-PR123/P
Tensión nominal	24 V CC $\pm$ 20%
Ondulación máxima	5%
Corriente de arranque a 24 V	10 A por 5 ms
Corriente asignada a 24 V	~ 170 mA*
Potencia asignada a 24 V	4 W*

* Valor referido a la alimentación de: PR12X/P+ módulo de comunicación PR120/D-M

Interruptores abiertos Emax X1 e interruptores en caja moldeada Tmax T7

Características eléctricas.	PR332/P-PR333/P
Tensión nominal	24 V CC $\pm$ 20%
Ondulación máxima	5%
Corriente de arranque a 24 V	2 A por 5 ms
Corriente asignada a 24 V	~ 170 mA*
Potencia asignada a 24 V	4 W*

* Valor referido a la alimentación de: PR33X/P+ módulo de comunicación PR330/D-M

Interruptores en caja moldeada T4-T5-T6

Características eléctricas.	PR222DS/PD	PR223DS PR223EF
Tensión nominal	24 V CC $\pm$ 20%	24 V CC $\pm$ 20%
Ondulación máxima	$\pm$ 5%	$\pm$ 5%
Corriente inicial de arranque a 24 V	1 A por 30 ms	~ 4 A por 0,5 ms
Corriente asignada a 24 V	100 mA	~ 80 mA
Potencia asignada a 24 V	2,5 W	~ 2 W

Para los interruptores abiertos Emax, Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7, la alimentación auxiliar se lleva a los bornes K1 y K2 desde la bornera.

Para los interruptores de caja moldeada T4, T5 y T6, la alimentación llega a los relés PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS a través de los bornes 3 y 4 del conector posterior X3, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Figura B.1: Esquema eléctrico de conexión de la tensión auxiliar para el relé PR223DS

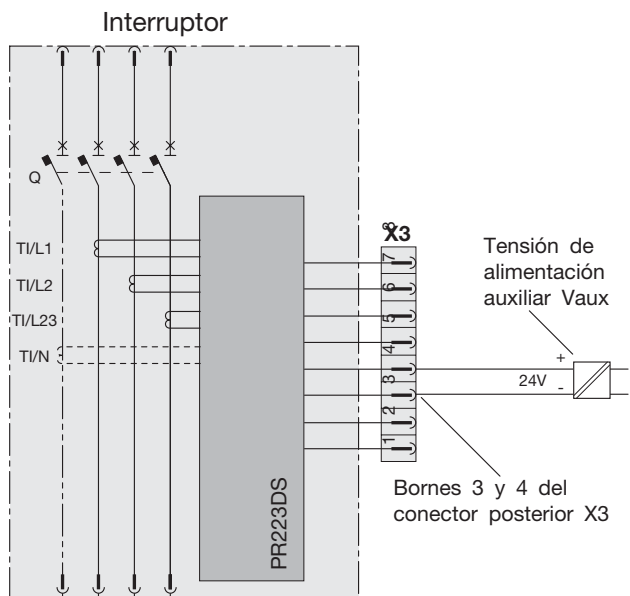
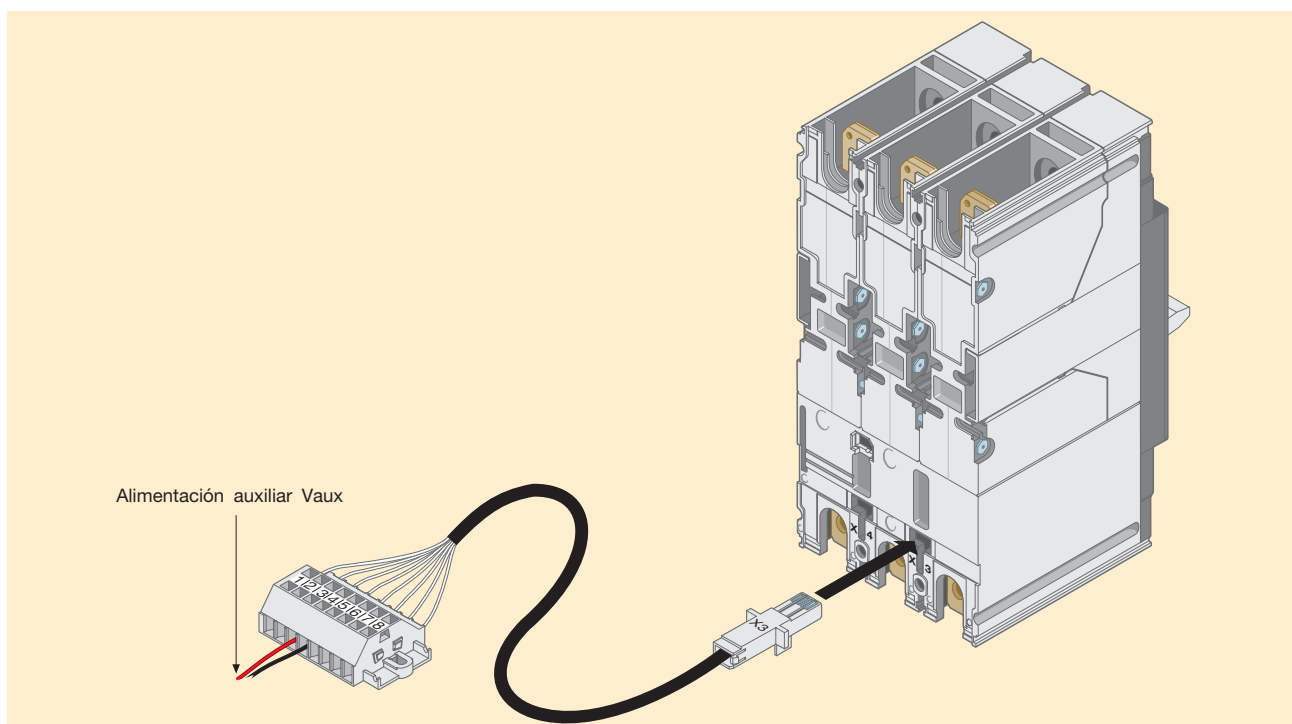


Figura B.2: Alimentación auxiliar para interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6



Apéndice C: Módulos de comunicación

Interruptores abiertos Emax: E1, E2, E3, E4, E6

- Módulo de comunicación PR120/D-M



Protocolo	Modbus RTU
Interfaz física	RS-485
Velocidad de transmisión	9600-19200 bps

El módulo de comunicación recibe alimentación directa del PR122/P-PR123/P que, a su vez, es alimentado por la tensión auxiliar Vaux.

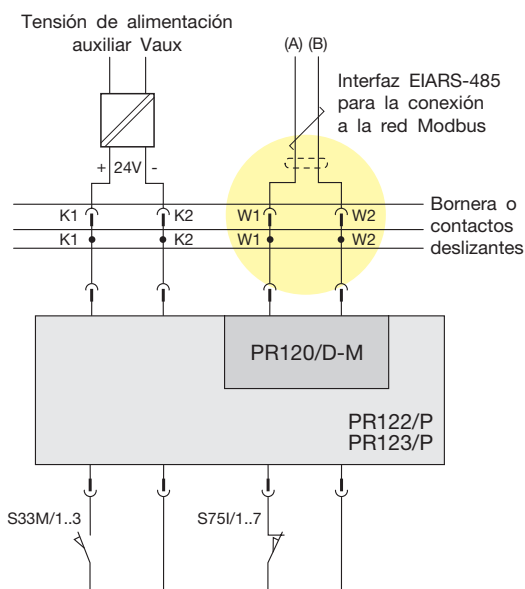
En la siguiente tabla se describen los datos técnicos.

	PR122/PR123	PR120/D-M
Alimentación (galvánicamente aislada)	auxiliar 24 V CC $\pm 20\%$	desde PR122/PR123
Ondulación máxima	5%	-
Corriente de arranque a 24 V	~ 10 A por 5 ms	-
Corriente asignada a 24 V	~ 130 mA	+ 40 mA
Potencia asignada a 24 V	~ 3 W	+ 1 W

- Conexión a la red Modbus

Los relés de protección PR122/P y PR123/P se conectan a la red Modbus mediante el módulo de comunicación PR120/D-M siguiendo el esquema que aparece en la figura.

Figura C.1: Esquema de conexión del PR12X/P a la red Modbus mediante el módulo PR120/D-M.



Nota:

W1-W2: bornes para la conexión del cable Modbus

K1-K2: bornes para la alimentación auxiliar Vaux

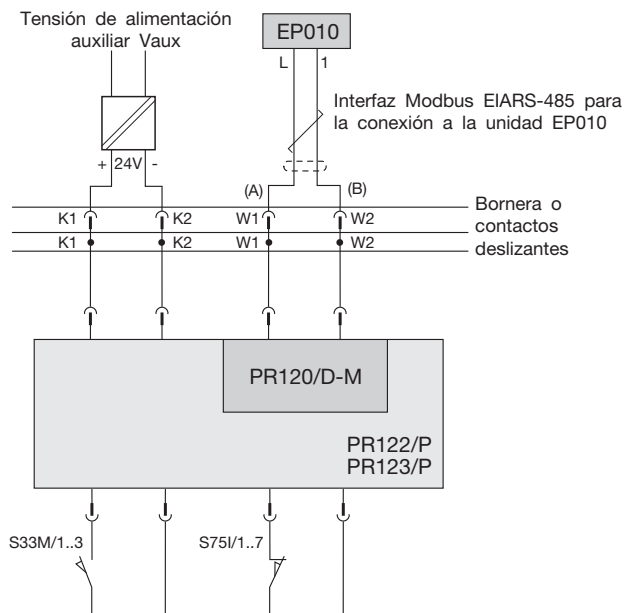
S33M/1..3: contactos de señalización resortes cargados

S75I/1..7: contactos de señalización interruptor insertado (para interruptor extraíble)

- Conexión a la unidad EP010

Los relés de protección PR122/P y PR123/P se conectan a la unidad EP010 por medio del módulo de comunicación PR120/D-M.

Figura C.2: Esquema de conexión del PR122/P-PR123/P a la unidad EP010.



Nota:

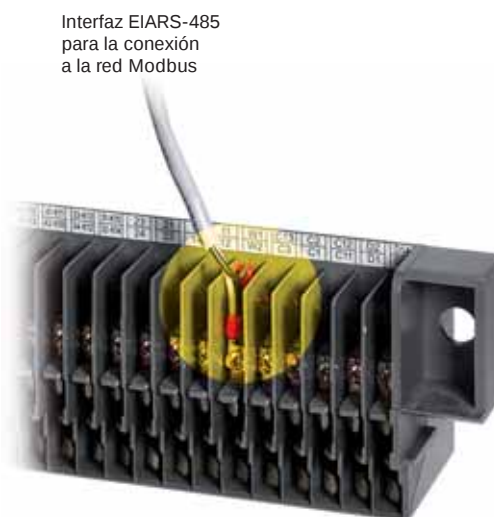
W1-W2: bornes para la conexión del cable Modbus

K1-K2: bornes para la alimentación auxiliar Vaux

L-1: bornes para el canal Modbus

S33M/1..3: contactos de señalización resortes cargados

S75I/1..7: contactos de señalización interruptor insertado (para interruptor extraíble)



Interruptores abiertos Emax X1 e interruptores en caja moldeada Tmax T7

- El módulo de comunicación PR330/D-M



Protocolo	Modbus RTU
Interfaz física	RS-485
Velocidad de transmisión	9600-19200 bps

El módulo de comunicación recibe alimentación directa de los relés de protección PR332/P y PR333/P que, a su vez, están alimentados por la tensión auxiliar Vaux. En la siguiente tabla se describen los datos técnicos.

	PR332/PR333	PR330/D-M
Alimentación (galvánicamente aislada)	auxiliar 24 V CC $\pm$ 20%	desde PR332/PR333
Ondulación máxima	5%	-
Corriente inicial de arranque a 24 V	2 A por 5 ms	-
Corriente asignada a 24 V	$\sim$ 130 mA	+ 40 mA
Potencia asignada a 24 V	$\sim$ 3 W	+ 1 W

- Unidad de disparo PR330/R

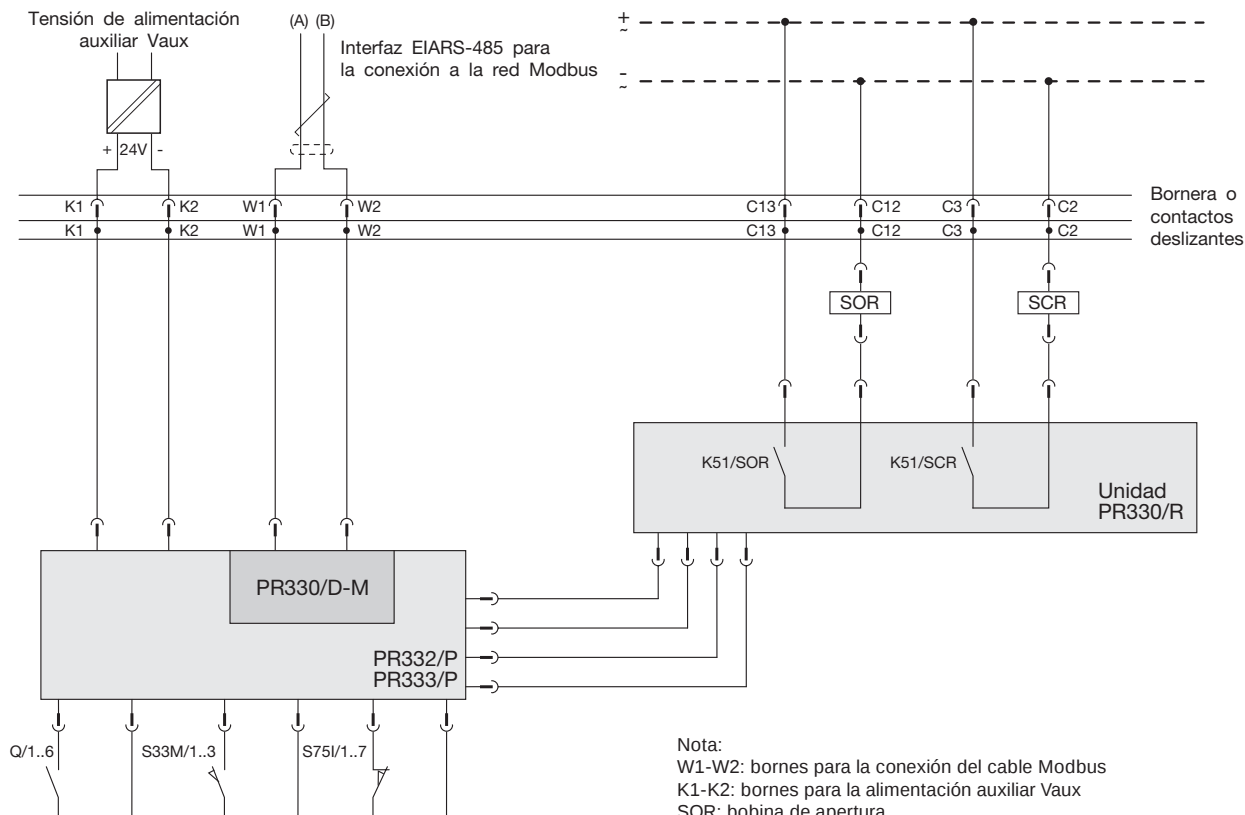
Los interruptores Emax X1 y Tmax T7 pueden ejecutar comandos remotos de apertura y cierre siempre que, además del módulo de comunicación PR330/D-M, se encuentre instalada la unidad de disparo PR330/R. Este dispositivo permite que se puedan llevar a cabo dichos comandos a través de los contactos internos K51/SCR (para gobernar la bobina de cierre SCR) y K51/SOR (para gobernar la bobina de apertura SOR). Véase Figura C.3.



- Conexión a la red Modbus

Los relés de protección PR332/P y PR333/P se conectan a la red Modbus mediante el módulo de comunicación PR330/D-M siguiendo el esquema que aparece en la figura.

Figura C.3: Esquema de conexión del PR33X/P a la red Modbus mediante el módulo PR330/D-M.

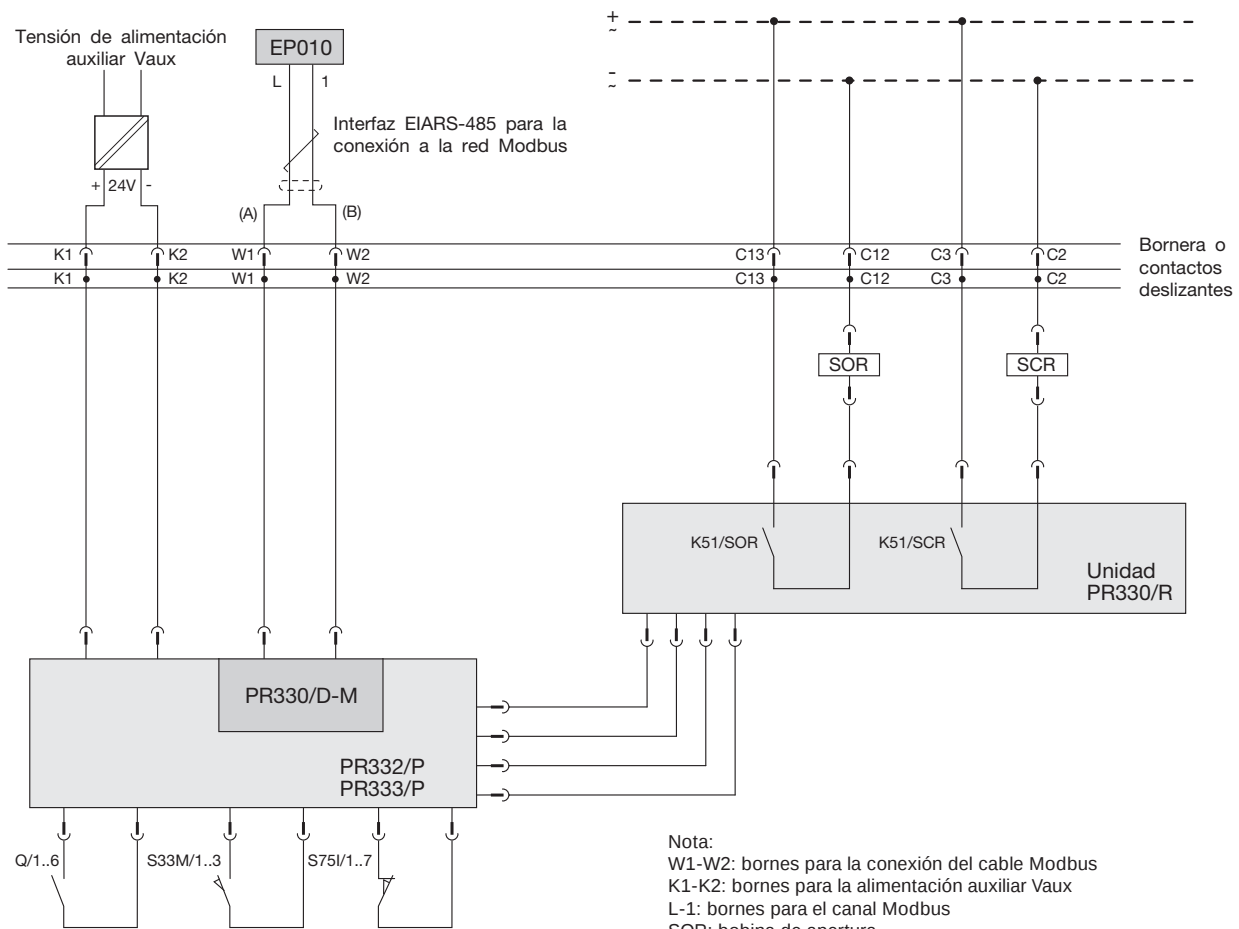


Nota:
W1-W2: bornes para la conexión del cable Modbus
K1-K2: bornes para la alimentación auxiliar Vaux
SOR: bobina de apertura
SCR: bobina de cierre
K51/SOR: contacto para el control de la bobina de apertura
K51/SCR: contacto para el control de la bobina de cierre
Q/1..6: contactos auxiliares AUX (para Tmax T7)
S33M/1..3: contactos de señalización resortes cargados
S75I/1..7: contactos de señalización interruptor insertado (para interruptor extraíble)

- Conexión a la unidad EP010

Los relés de protección PR332/P y PR333/P se conectan a la unidad EP010 a través del módulo de comunicación PR330/D-M.

Figura C.4: Esquema de conexión del PR33X/P a la unidad EP010



Nota:

- W1-W2: bornes para la conexión del cable Modbus
- K1-K2: bornes para la alimentación auxiliar Vaux
- L-1: bornes para el canal Modbus
- SOR: bobina de apertura
- SCR: bobina de cierre
- K51/SOR: contacto para el control de la bobina de apertura
- K51/SCR: contacto para el control de la bobina de cierre
- Q/1..6: contactos auxiliares AUX (para Tmax T7)
- S33M/1..3: contactos de señal resortes cargados
- S75I/1..7: contactos de señal interruptor insertado (para interruptor extraíble)

Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6

- Conexión a la red Modbus.

La conexión a la red Modbus de los interruptores en caja moldeada T4, T5 y T6 equipados con los relés de protección PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS se realiza mediante los bornes 1 y 2 del conector posterior X3 tal y como se indica en la Figura C.5.

Figura C.5: Esquema de conexión a la red Modbus del relé de protección PR223DS mediante el conector X3

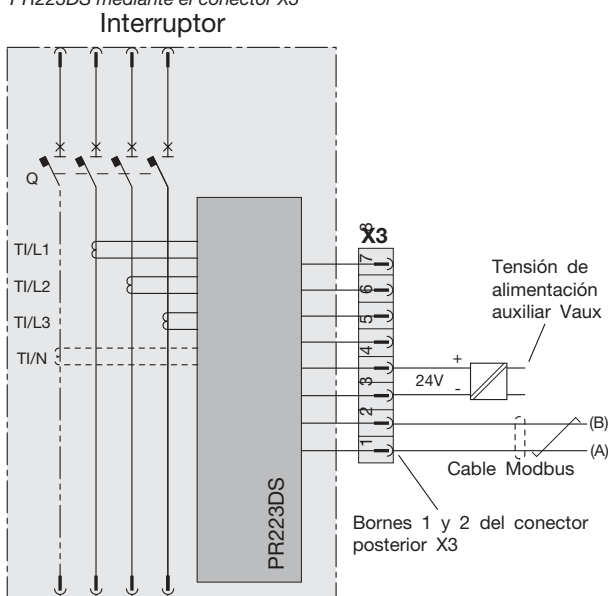
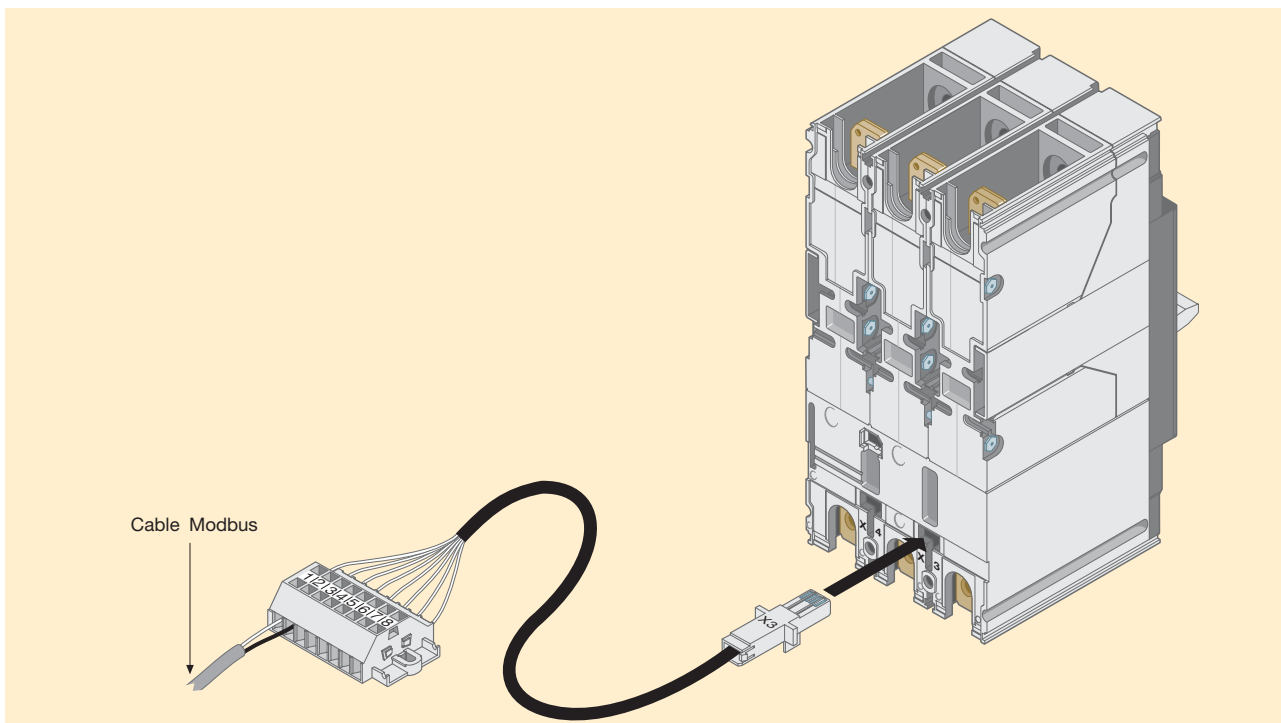


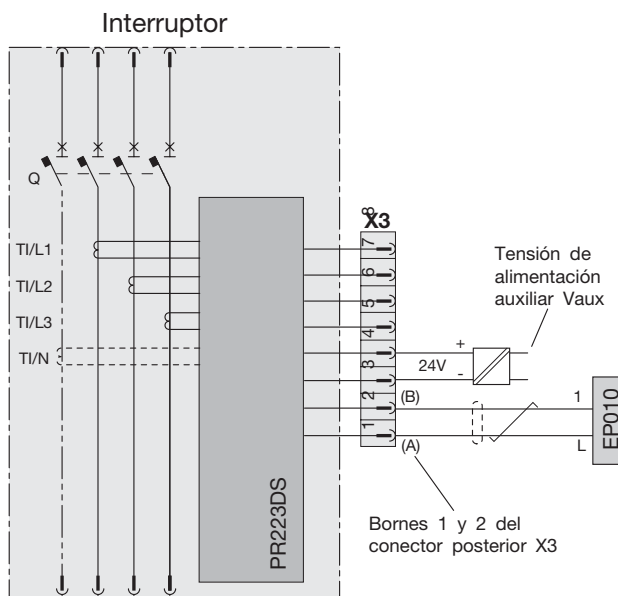
Figura C.6: Conexión a la red Modbus de los Tmax T4, T5 y T6 mediante el conector X3



- Conexión a la unidad EP010

Los interruptores en caja moldeada T4, T5 y T6 se conectan a la unidad EP010 mediante los bornes 1 y 2 del conector posterior X3.

Figura C.7: Esquema de conexión de un Tmax a la unidad EP010



Apéndice D: Módulos de medida

Interruptores abiertos Emax E1-E6 con módulo de medida PR120/V e interruptor abierto X1 y en caja moldeada Tmax T7 con módulo de medida PR330/V

La función principal del módulo de medida es detectar y procesar las tensiones de fase.

Los datos medidos son enviados al relé de protección, proporcionándole una serie de parámetros eléctricos (véase Apéndice A) útiles para el seguimiento realizado por el sistema de supervisión o, si fuese necesario, para permitir la implementación de una lógica de protección en la instalación.

Por otro lado, los módulos de medida PR120/V y PR330/V pueden proporcionar al relé de protección una alimentación adicional (sin sustituir la alimentación auxiliar, que es necesaria en todo momento para la comunicación vía bus) respectivamente a los relés de protección PR122/P y PR123/P para Emax E1-E6, a los relés de protección PR332/P y PR333/P para Emax X1 y a PR332/P para Tmax T7.

Figura D.1: Módulo de medida PR120/V



Figura D.2: Módulo de medida PR330/V



Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6

- Características del módulo de medida VM210

El módulo VM210 es un transductor de tensión que puede ser conectado directamente a la red eléctrica. Este módulo proporciona una señal de salida debidamente graduada y aislada para los relés de protección ABB PR223EF y PR223DS.

Figura D.3: Módulo de medida VM210



Las señales de salida, asociadas a las tensiones de red, de los bornes 3, 4, 5 y 6 del VM210 llegan al relé de protección a través de los bornes 5, 6, 7 y 8 del conector X4, tal y como se establece en la Figura D.4.

Para poder funcionar, el VM210 debe estar alimentado, mediante los bornes 1 y 2, con una tensión auxiliar de 24 V CC de las siguientes características:

Tensión de alimentación	24 V CC $\pm$ 20%
Ripple máximo	5%
Potencia asignada a 24 V	3,5 W

Figura D.5: Conexión de la unidad VM210 al conector X4

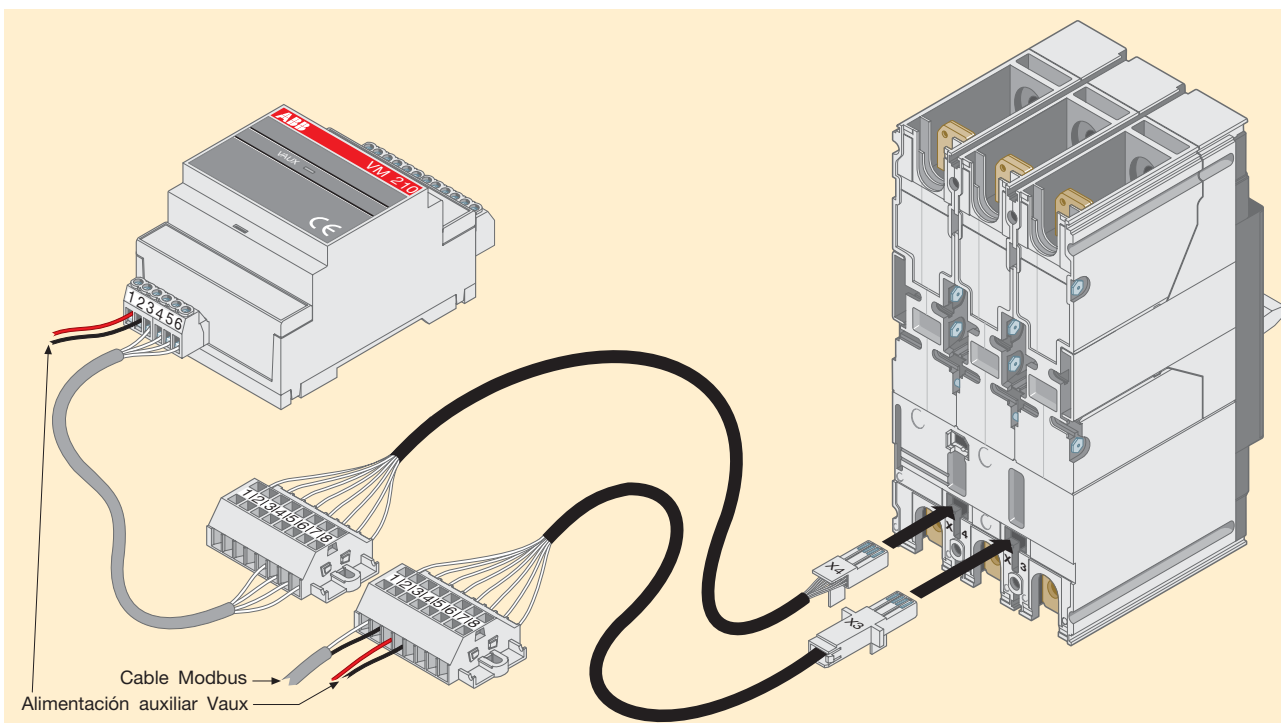


Figura D.4: Conexión del VM210 al relé PR223DS

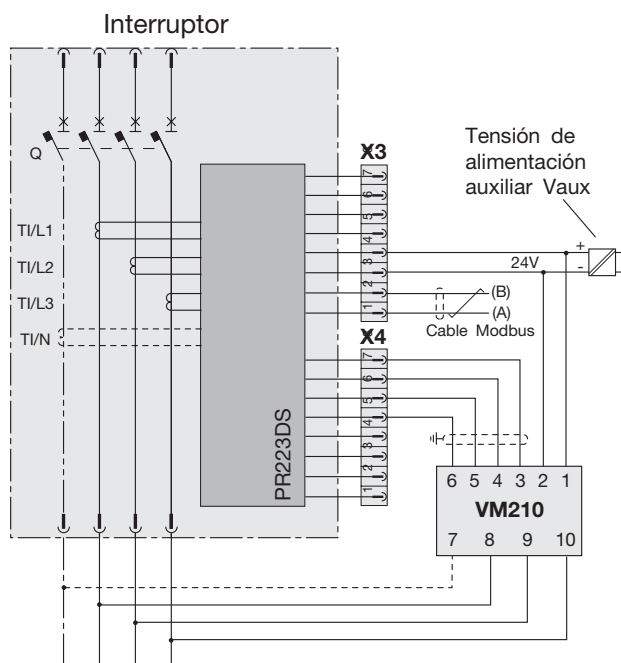


Tabla conexiones del VM210

Entradas	Borne	Señal	Salidas	Borne	Señal
	1	Vaux +		3	COMM
	2	Vaux -		4	Vout1
	7	N		5	Vout2
	8	L1		6	Vout3
	9	L2			
	10	L3			

Apéndice E: Contactos auxiliares AUX-E y mando motor MOE-E

Para los interruptores Tmax T4, T5 y T6 son necesarios algunos accesorios específicos:

- contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E para la supervisión;
- mando motor con interfaz electrónica MOE-E para la función de telecontrol.

E.1 Contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E

A través de los contactos auxiliares AUX-E, los relés de protección electrónicos PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS registran la información acerca del estado del interruptor (abierto, cerrado, disparado), la cual es transmitida al sistema remoto de supervisión por medio de la red Modbus (véase Figura E.2).

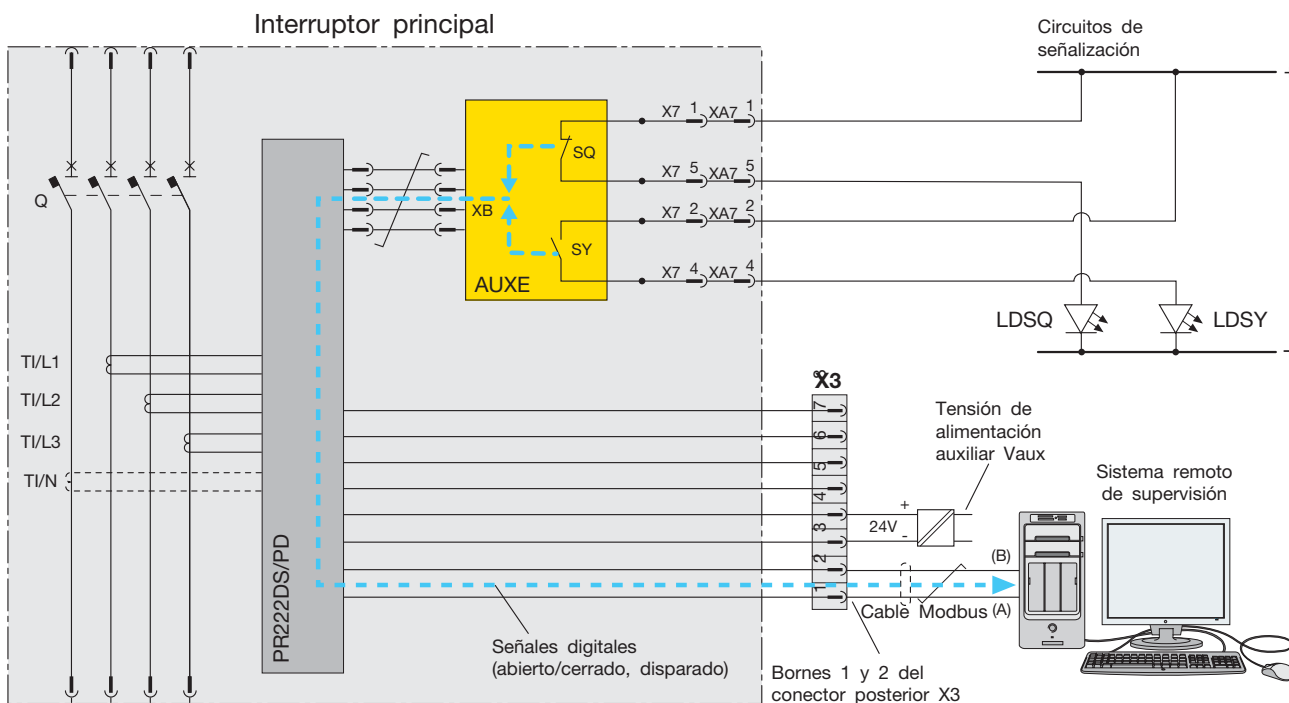
Los AUX-E también proporcionan dicha información sobre el estado del interruptor a los circuitos de señalización de la instalación a través de los contactos SQ y SY (véase

Figura E.2); de esta forma, se obtiene una redundancia de las señales de estado del interruptor.

Figura E.1: Módulo de contactos auxiliares AUX-E instalados en un T5.



Figura E.2: Esquema eléctrico de los AUX-E conectados a un PR222DS/PD.



Nota:

SQ: Contacto para la señal eléctrica de interruptor abierto/cerrado.

SY: Contacto para la señal eléctrica de interruptor abierto en posición de disparo.

Características eléctricas de los contactos SQ y SY:

Tensión asignada: 24...350 V

Corriente asignada: 0...100 mA

Tensión máxima admisible: 400 V

Corriente máxima: 120 mA

Corriente máxima (durante 100 ms): 300 mA

E.2 Mando motor a acumulación de energía MOE-E

Los interruptores en caja moldeada de la familia Tmax T4, T5 y T6 pueden recibir comandos remotos de apertura y cierre siempre que se encuentre instalado el mando con motor MOE-E equipado con los contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E (suministrados de serie junto con el MOE-E).

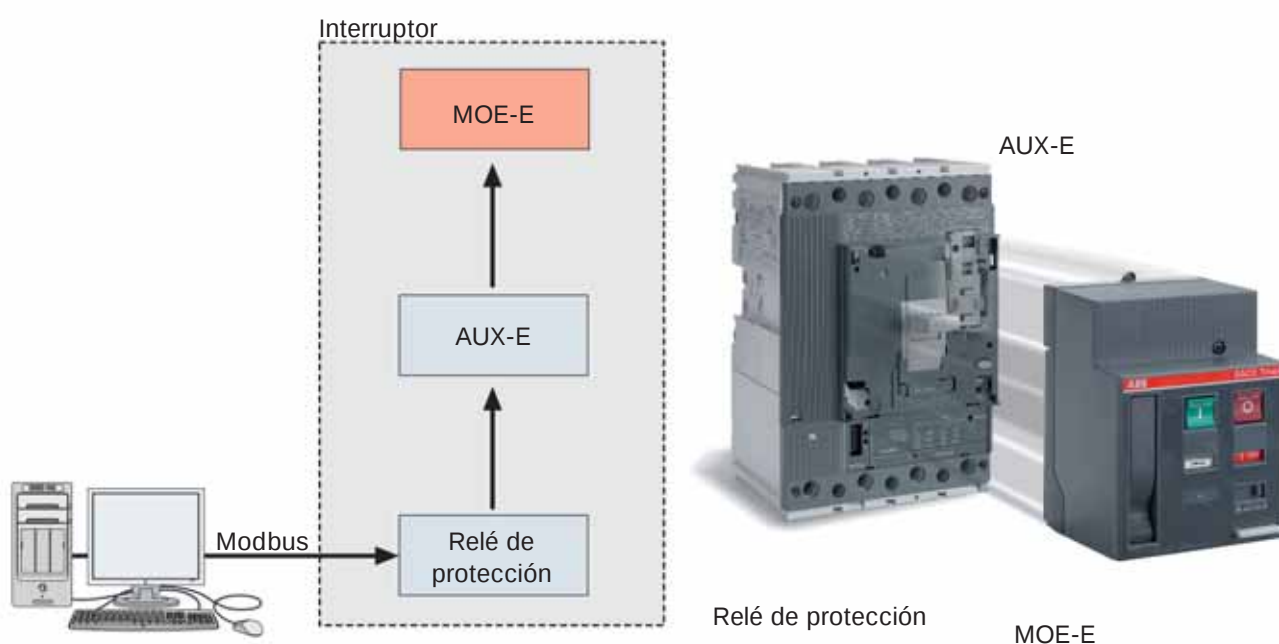
El mando con motor MOE-E está constituido, además de por el propio motor, por una unidad electrónica de actuación que convierte las señales digitales procedentes del sistema remoto de supervisión en las equivalentes señales de potencia necesarias para la realización de las operaciones mecánicas de apertura y cierre del interruptor.

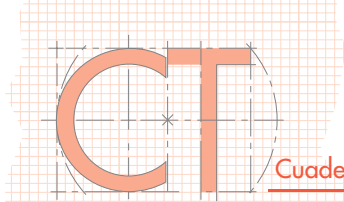
Estas señales digitales procedentes del sistema de supervisión son adquiridas por el relé de protección y enviadas al mando motor tal y como se indica en el esquema de la Figura E.3.

Los contactos auxiliares AUX-E informan al relé de protección del estado (abierto/cerrado, disparado) del interruptor y, en función de esta información, el relé de protección ejecuta o no los comandos de apertura, cierre o rearme que recibe del sistema de supervisión.

De esta forma, el relé de protección sólo permitirá la ejecución de aquellos comandos que sean compatibles con el estado efectivo del interruptor (por ejemplo, no ejecutará un comando de cierre cuando el interruptor se encuentre en estado de "disparado").

Figura E.3: Principio de funcionamiento de los módulos MOE-E y AUX-E





Apéndice F: Bit de paridad

El bit de paridad es un bit adicional de control que va acoplado a cada dato transmitido para prevenir errores de recepción.

Con el control de paridad en modalidad par, este bit está puesto en:

- 1 si el dato enviado lleva una cantidad impar de unos;
- 0 si el dato enviado lleva una cantidad par de unos;

con el fin de tener siempre una cantidad par de unos en el dato transmitido.

Siguiendo esta misma regla, el dispositivo receptor contará el número de bits instalados en 1 y en el caso de encontrar un número impar entenderá que ha habido algún problema y solicitará al dispositivo que vuelva a enviarle el dato.

Ocurre lo contrario con el control de paridad en modalidad impar, instalándose el bit de paridad en 0 o 1 con el fin de tener siempre una cantidad impar de unos en el dato transmitido.

Control de paridad en modalidad par		
Dato de transmisión	Bit de paridad	Dato transmitido
00111000	1	001110001

Control de paridad en modalidad impar		
Dato de transmisión	Bit de paridad	Dato transmitido
00111000	0	001110000

Para que dos dispositivos que se comunican puedan entenderse, deben estar configurados con la misma modalidad de control del bit de paridad.

Cuadernos de aplicaciones técnicas



CT4

Comunicación vía bus con interruptores ABB

CT5

Interruptores automáticos ABB para aplicaciones de corriente continua

CT1

Selectividad en baja tensión con interruptores automáticos ABB

CT6

Cuadros de baja tensión a prueba de arcos internos

CT2

Subestaciones transformadores MT/BT: teoría y ejemplos de cálculo

CT7

El motor trifásico asíncrono: Generalidades y oferta de ABB para la coordinación de las protecciones

CT3

Sistemas de distribución y protección contra contactos indirectos y fallos a tierra

CT8

Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos en las instalaciones eléctricas

CT9

Interruptores ABB en los cuadros de baja tensión



Asea Brown Boveri, SA
Automation Products - Baja Tensión
Torrent de l'Olla, 220
08012 Barcelona
Tel. 93 484 21 21 - Fax: 93 484 21 90

www.abb.es/bajatension

Debido a la evolución de las normas y de los materiales, las características y las dimensiones totales indicadas en el presente catálogo pueden no ser definitivas. Consulte a ABB para confirmar dichos datos.



1TXA007103G0701 000609