

Proyecto Constructivo de la
Subestación Eléctrica de Tracción
de Bentaberri.

**ANEJO N° 8. SISTEMA DE
CONTROL Y TELEMANDO**

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. SISTEMA DE CONTROL Y TELEMANDO | 1 |
| 1.1 Introducción..... | 1 |
| 1.2 Niveles de mando y de control de la subestación..... | 1 |
| 1.3 Arquitectura de control | 1 |
| 1.3.1 Descripción del Puesto de Control Local (PCL) | 3 |
| 1.4 Descripción de los PLC´s | 3 |
| 1.4.1 Características Generales | 3 |
| 1.4.2 Hardware de la subestación de tracción..... | 8 |
| 1.4.3 Descripción de los autómatas..... | 11 |
| 1.4.4 Sistema operativo | 12 |
| 1.4.5 Memoria..... | 12 |
| 1.4.6 Módulos | 12 |
| 1.4.7 Clasificación de los Módulos de Entradas/Salidas | 13 |
| 1.4.8 Especificaciones técnicas de los PLC..... | 13 |
| 1.4.9 Descripción del bus de comunicaciones entre PLC´s..... | 17 |
| 1.4.10 Software de programación y configuración de PLC´s..... | 19 |
| 1.5 Listado de entradas y salidas | 27 |
| 1.5.1 PLC Acometida 1 | 27 |
| 1.5.2 PLC Acometida 2 | 29 |
| 1.5.3 PLC Grupos rectificadores 1 y 2..... | 30 |
| 1.5.3.1 Protección celdas rectificador 30kV (Bastidor principal) | 30 |
| 1.5.3.2 Protección celdas rectificador CC (Bastidor ampliación) | 32 |
| 1.5.4 PLC Fedders 1, 2, 3 y 4..... | 34 |
| 1.5.5 PLC By-Pass | 36 |
| 1.5.6 PLC Retorno y Arrastres | 38 |
| 1.5.7 PLC Línea de 13kV..... | 42 |
| 1.5.7.1 Protección celda 30kV (Bastidor principal) | 42 |
| 1.5.7.2 Protección celdas 13kV (Bastidor ampliación)..... | 43 |
| 1.5.8 PLC Servicios Auxiliares | 47 |
| 1.5.8.1 Protección celda 30kV | 47 |
| 1.5.8.2 Protección celdas BT..... | 48 |
| 1.5.8.3 Protección celdas BT | 51 |
| 1.5.9 PLC Telemando | 52 |
| 1.6 Funcionalidad del sistema | 53 |
| 1.6.1 PLC's Acometida 1 y 2..... | 53 |
| 1.6.2 PLC's Grupos Rectificadores 1 y 2..... | 53 |
| 1.6.3 PLC Feeders 1, 2, 3 y 4 y By-pass | 55 |
| 1.6.4 PLC de Retorno y arrastres | 58 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1.6.5 | PLC de la red de 13kV | 58 |
| 1.6.6 | PLC servicios auxiliares..... | 59 |
| 2. | SISTEMA DE PROTECCIÓN EN CORRIENTE CONTINUA..... | 61 |
| 2.1 | Sistema de ensayo de línea (EDL) | 61 |
| 2.2 | Sistema comparador de línea (DDT) | 61 |
| 2.3 | Sistema de detección de defecto de línea (DDL) | 61 |
| 2.4 | Sistema de protección y vigilancia contra defectos de estructura | 62 |
| 2.5 | Sistema de protección y vigilancia de la tensión negativa - tierra..... | 62 |
| 2.6 | Arrastre de subestaciones colaterales | 62 |
| 3. | SISTEMA DE COMUNICACIONES | 64 |
| 3.1 | Protocolo de comunicaciones..... | 64 |
| 4. | DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ARRASTRES | 65 |
| 4.1 | Introducción | 65 |
| 4.2 | Comunicación mediante PLC's..... | 65 |
| 4.3 | Gestión de la señal de arrastres..... | 65 |
| 4.3.1 | Generalidades | 65 |
| 4.3.2 | Gestión de la emisión y recepción de arrastres | 66 |
| 4.3.3 | Condiciones en la recepción de arrastre | 67 |
| 4.3.4 | Condiciones en la emisión de arrastre | 67 |
| 4.4 | Propagación de los arrastres | 67 |
| 4.5 | Fallo de comunicaciones y autorrearme del fallo de comunicaciones..... | 68 |
| 4.6 | Acciones del operador..... | 68 |
| 4.7 | Descripción de las órdenes y señales | 68 |
| 5. | SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y MANDO | 69 |
| 5.1 | Descripción general | 69 |
| 5.2 | Conectividad y comunicación con los dispositivos de campo..... | 69 |
| 5.3 | Seguridad | 71 |
| 5.4 | Pantallas gráficas | 72 |
| 5.5 | Software cliente..... | 73 |
| 5.6 | Alarmas y eventos | 74 |
| 5.7 | Alarmas analógicas..... | 74 |
| 5.8 | Alarmas digitales | 74 |
| 5.9 | Alarmas multidigitales | 75 |
| 5.10 | Visualización de alarmas..... | 75 |
| 5.11 | Registro de alarmas | 76 |
| 5.12 | Redundancia de alarmas..... | 77 |
| 5.13 | Obtención de tendencias..... | 77 |
| 5.14 | Visualización de tendencias | 77 |
| 5.15 | Redundancia de tendencias | 79 |

| | | |
|-------------|-------------------------------------|-----------|
| 5.16 | Entorno de desarrollo | 79 |
| 5.17 | Desarrollo de gráficos | 79 |
| 5.18 | Lenguajes de alto nivel..... | 80 |

1. SISTEMA DE CONTROL Y TELEMANDO

1.1 Introducción

La Subestación estará, telemendada desde el Puesto de Mando de Amara. El nivel de automatización de la subestación deberá permitir su funcionamiento en situación desatendida, estando todo el sistema asociado a un telecontrol centralizado.

El sistema de control distribuido constará básicamente de un conjunto de unidades capaces de funcionar y realizar tareas independientemente de las demás, y conectadas entre sí, a través de buses de comunicación, formando las distintas redes del sistema de control. Dichas redes se concentrarán en un PLC (físicamente situado en el armario de telemando de seccionadores de catenaria) con funciones de remota-telemando desde donde se comunicarán con el Puesto Central de Telemando de Subestaciones.

El sistema de control de la subestación constará de una única red para control y supervisión que enlazará con cada uno de los controladores principales encargados de controlar los diferentes sistemas.

1.2 Niveles de mando y de control de la subestación

El sistema de control y mando de la subestación podrá realizarse desde los dos niveles siguientes:

- Nivel de mando Local: Este nivel tiene prioridad sobre los restantes y permite mediante el conmutador local/distancia la realización de maniobras sobre el conjunto de la subestación.
- Nivel de mando a Distancia desde PCL: Desde el Puesto de Mando local de la subestación. El acceso a distancia permitirá acceder con distintos niveles jerárquicos en función de los trabajos a realizar.
- Nivel de mando a Distancia desde el puesto de mando de Amara: Desde el Puesto de Mando Central de las subestaciones. El acceso a distancia permitirá acceder con distintos niveles jerárquicos en función de los trabajos a realizar.

Las señales a telemandar se clasifican en:

- Órdenes.
- Señalizaciones.
- Alarmas.
- Medidas analógicas.

Las lógicas que interrelacionan los diferentes sistemas para sus actuaciones, donde la necesidad de respuesta debe ser en tiempo real, se desarrollarán en un sistema de control implementado con autómata programable según las características descritas en los siguientes apartados. Esto permitirá mantener los sistemas coordinados con la seguridad de estar utilizando un dispositivo que está ejecutando la programación en milisegundos.

1.3 Arquitectura de control

El control de las subestaciones está definido por los siguientes elementos de la arquitectura de control:

- Red de control. Se establece una red de comunicaciones en protocolo Modbus TCP/IP, de altas prestaciones y fácil implantación. Se trata de una red de PLC's distribuidos y

PLC maestro particularizada para esta Subestación. Los autómatas se instalarán en las celdas correspondientes, las cuales estarán preparadas con un cajón de Baja Tensión para la instalación de su correspondiente autómata en su interior. Los autómatas realizarán los automatismos y enclavamientos de la Subestación. Esta red distribuida de PLC's se comunicará a través de Switches mediante un anillo de fibra óptica multimodo. De esta manera se establece un bus de comunicaciones redundante. De acuerdo con lo establecido inicialmente sobre la red, los PLC's tendrán que poder comunicar en Modbus TCP/IP.

- La red de control se integrará en el PLC maestro con funciones de telemando remoto. Esto permite que actúe de enlace de las comunicaciones hacia el Puesto Central del Telemando de Subestaciones y que realice el procesamiento de la información a transmitir. Además, este PLC maestro comunicará con un PC local para la visualización y control de esta subestación.
- Switches. En cada PLC se instalará un switch industrial que actuará como un puente de comunicación de los PLC's y los relés de protección de las celdas de MT. Estos Switches serán gestionables, con múltiples puertos y capaces de gestionar las tramas que se comuniquen en protocolo Modbus TCP/IP. El Switch asociado al PLC maestro servirá como enlace a los equipos de control (PC) local. Por otro lado, este PLC maestro se conectará a otros 3 Switches Industriales. Dos de ellos se usarán para la conexión mediante manguera de fibra óptica con las subestaciones colaterales mientras que otro se usará para integrar esta SET en la red multiservicio ETS.
- Un PLC (Maestro) actuará como concentrador y gestor de las comunicaciones entre los distintos PLC de los sistemas y el Puesto Central a la par que gestiona el telemando de los seccionadores de catenarias. Este PLC contendrá el número necesario de módulos de comunicaciones para cubrir la cantidad de puertos exigida para enlazar estas redes.
- Unos PLC ubicados en cada sistema de la Subestación, se encargarán independientemente, del control de sus equipos, enviando la información al PLC Maestro y al PC, así como ejecutando las órdenes que le vengan desde el Puesto Central o desde el PC local de la subestación.
- Unos relés de protección situados en las celdas de Media Tensión se encargarán de transmitir sus datos a sus respectivos PLC's. Estos relés comunicarán con estos PLC's en protocolo Modbus TCP/IP.

La gestión de los equipos de red a través de los Switches se realizará mediante un entorno basado en tecnología web. Estos Switches deberán presentar los siguientes servicios:

- Información ampliada sobre el dispositivo y la red.
- Protocolos de supervisión y gestión de red (RMON, SNMP).
- Registro de eventos persistente en el propio equipo de red.
- Sistemas de redundancia de anillo.
- Redundancia de enlace de anillos o de equipos.
- Servicios de priorización de tramas y de puertos.
- Limitación de tráfico multicast y broadcast.
- Seguridad de puertos.
- Creación de VLANs.
- Haciendo uso de una misma tecnología de comunicación (red Ethernet) en todos los puntos, el usuario o mantenedor de todo el sistema de control únicamente necesitará conocer una tecnología de comunicación. Además, no será necesario el uso de ninguna herramienta de comunicación.

En el PC que ejerce como Puesto de Mando Local de la Subestación se instalará un SCADA, para la supervisión de la subestación. Desde este SCADA se podrá telemandar el PLC Maestro, que actuará de gestor y concentrador de las órdenes y gestión de información de todos los PLC de la Subestación.

1.3.1 Descripción del Puesto de Control Local (PCL)

En el armario del Control Local de Seccionadores de Catenaria se incluirá un PC industrial en donde residirá la aplicación SCADA para la presentación de históricos, realizar gráficos de tendencias, implementar la jerarquización, así como poder visualizar sinópticos y que comunicará hacia los Puestos de Mando de Amara y Atxuri. Esto permite un rápido y potente control, así como una clara supervisión de la subestación.

Se encargará de supervisar y controlar localmente la red de control de la subestación, así como todos los equipos específicos conectados a la misma.

El hardware requerido es un PC industrial instalado en rack en el frontal del armario.

PC industrial

El PC industrial tendrá como mínimo las siguientes características:

- Microprocesador Core2Duo, 2,6 GHz FSB 800 MHz
- Memoria 2 x DDRII 512 Mb
- 8 x USB 2.0 y 1 x SATA
- Disco duro de 250 GB SATAII
- Regradora DVD SATA
- Sistema operativo Windows 10, entorno multitarea. Monitor color TFT de 19"
- Impresora de eventos
- Ratón informático
- Slots de expansión libres mínimos (1 PCIe - 1 PCI)
- Dos puertos comunicaciones Ethernet TCP/IP.
- 1 puerto serie RS-232C (9 pin Sub-D macho)

Entorno:

- Certificación UL 508 y clasificación en áreas industriales UL 1604 clase 1 – división 2. Protección contra Interferencias de Alta-Frecuencia (compatible con EN 61131-2, IEC 1000-4-3/6 nivel 3) y Emisiones Electromagnéticas (clase A/EN 55022/55011)
- Debe soportar temperaturas de 0 a 50 °C en modo operación y de -25 a 60 °C en modo reposo. Humedad Relativa de 10 a 90%

1.4 Descripción de los PLC´s

Los PLC's se distribuirán por todos los grupos eléctricos que forman la subestación. Serán capaces de realizar todo el mando, control y enclavamiento de equipos, operaciones y cálculos con señales analógicas, así como de señalar local y remotamente todas las alarmas, estados y eventos producidos. La naturaleza modular de estos PLC's garantizará la total adaptabilidad a las necesidades específicas de cada grupo eléctrico.

1.4.1 Características Generales

Debe ser un sistema modular y evolutivo que pueda configurarse para satisfacer los máximos requisitos en prestaciones de un sistema de control de tamaño medio o grande. Será un sistema que combine un factor de forma pequeño con un diseño industrial robusto, que garantice una instalación económica y fiable, incluso en los entornos más duros de las plantas.

Todos los módulos se deben montar en bastidor y deberán tener la funcionalidad "Hot Swap", es decir se podrán añadir o remover sin quitar tensión al sistema lo cual facilita el mantenimiento.

La conectividad del sistema debe ser tal que conecte con redes o buses estándar: Modbus TCP/IP, ASCII, Profibus, Interbus, Fipio, Modbus RTU, etc.

El tamaño de las memorias de las diferentes CPUs deberá cubrir un amplio rango desde 96 kb hasta 890 kb de base y la posibilidad de ampliar mediante tarjetas rangos superiores a 500 kb. Se dispondrá, al menos, de los siguientes tipos de memoria:

- RAM Protegida mediante pila.
- PCMCIA o SD de programa.
- PCMCIA o SD de almacenamiento de datos.

El software de programación de los autómatas debe cumplir con la norma IEC 61131-3.

El sistema debe ser compatible con gamas anteriores del propio fabricante, como prueba de que éste apuesta por preservar la inversión del cliente con la continuidad de sus fabricados.

Como prueba de todo ello se exigirá que el sistema pueda convertir de forma automática programas de series antiguas al formato de la nueva herramienta de programación, con total libertad, de una manera transparente y sin desarrollos específicos.

El rendimiento, en lo que a velocidad se refiere, de cualquier módulo será independiente del bastidor; no importando que esté ubicado en el de CPU o distribuido y tampoco de la posición que ocupe en ellos.

Bastidores

Los bastidores deben asegurar las siguientes funciones:

- Función mecánica: permitiendo fijar el conjunto de F.A. CPU, módulos de E/S y procesadores de comunicaciones.
- Función eléctrica: permitiendo la conexión del bus de datos y alimentación a la CPU y a todos los módulos instalados.

Se podrán hacer arquitecturas de al menos 16 racks o bastidores. Éstos deben estar disponibles en diferentes modelos con capacidad para 4,6,8 y 12 módulos. Las ranuras deben ser universales, todas ellas admitirán cualquier tipo de módulo, salvo las reservadas para F.A. y CPU, que tendrán un emplazamiento específico, debido a las peculiaridades propias de éstos.

El direccionamiento de todos los módulos, para facilitar futuras operaciones de mantenimiento, será en función de la posición que ocupen en los bastidores, pero pudiéndose mover a cualquier posición, sin que ello represente tener que modificar el programa, no debe existir limitación en el orden de ubicación de éstos ni la posible mezcla de distintos modelos de E/S, que se podrán ir añadiendo en caso de ampliaciones futuras.

Módulos CPU

Deben ser módulos PLC con memoria RAM, que se montarán en los bastidores descritos en el apartado anterior, podrán almacenar datos y ejecutar un programa de aplicación además de gestionar las E/S de su propio bastidor y bastidores adicionales, otras vía red o bus de comunicación también podrán ser accedidas de manera sencilla para el manejo de las descentralizadas.

La CPU debe almacenar el programa de aplicación en memoria RAM con pila de soporte, la cual podrá manipularse mientras la CPU esté en funcionamiento, permitiendo su sustitución sin detener la aplicación. Se podrá eliminar la alimentación de la CPU, siempre y cuando esté la pila en condiciones de carga y funcionamiento correctos, sin perder el programa ni los datos de tal manera que cuando se vuelva a alimentar ésta, el programa y los datos continuarán en el mismo punto que se quedaron cuando se quedó sin tensión el

bastidor. Se debe disponer de alguna indicación que avise de fallo en la pila (por ausencia o falta de carga).

La memoria de la CPU debe poder ser ampliada mediante tarjetas de expansión.

La programación, que se describe más adelante, estará basada en la norma IEC 61131-3.

El software permitirá configurar las comunicaciones en redes abiertas, tales como: Modbus TCP/IP, Modbus RTU, Interbus, Profibus, CANopen, Fipio, etc.

Existirán diagnósticos implementados en las CPU, para determinación rápida de problemas y su solución.

Se podrá programar a través de alguno de los puertos del propio procesador o por los de los módulos opcionales de comunicación montados en el mismo o distinto bastidor del sistema controlado por la CPU: Serie, USB o Modbus TCP/IP.

Se podrá recuperar el programa de aplicación con sus símbolos y comentarios.

El programa y los datos se deben poder grabar en memoria RAM, tarjeta PCMCIA o tarjeta SD, de tal manera que si perdiera la aplicación se puede recuperar permitiendo al sistema ejecutarla sin la intervención de ninguna persona. Se podrá utilizar, si es necesario, una o dos tarjetas PCMCIA para dicha funcionalidad conectadas en la propia CPU.

El paso de una CPU menor a otra mayor o viceversa, debe ser inmediato, sin cambios de programa salvo los propios del nuevo hardware.

El sistema operativo del procesador (firmware), que se alojará en una Flash EPROM de la CPU, se actualizará por comunicación y sin necesidad de quitar o añadir elemento alguno; quedando ésta actualizada con las funcionalidades de las nuevas revisiones.

Deberán disponer al menos de dos puertos: uno RS-485 y otro al menos con velocidad de 115.000 bit/s.

Como mínimo uno de ellos tendrá la opción de ser maestro o esclavo según se necesite, permitiendo interrogar o ser interrogado por una serie de módulos adicionales del propio fabricante del procesador o de una amplia gama de otros fabricantes. Debe soportar protocolo Modbus RTU en el nivel serial.

El acceso a la memoria de programa deberá poder restringirse, según el usuario, mediante código de acceso. Se evitará, de esta manera, la modificación del programa residente de forma accidental.

La CPU debe llevar incorporado algún mecanismo que ayude a la resolución de problemas, proporcionando información sobre su estado y sus puertos de comunicación. La información mínima será:

- Run/Stop.
- Diagnósticos de errores relativos al procesador y los dispositivos montados sobre él (Tarjetas de memoria, módulos de comunicación, etc).
- Defecto de módulos de E/S conectados en los diferentes bastidores.
- Información de estado de los puertos de comunicación.

El sistema debe contar con un mecanismo, tipo interruptor/ pulsador, para provocar un arranque en frío en la CPU reiniciando así completamente la aplicación.

Las CPU deberán soportar multiprocesamiento, al menos con los siguientes tipos de tareas concurrentes:

- Tarea cíclica o periódica
- Rápida
- Por Evento, priorizando su ejecución en función de determinadas condiciones independientemente del estado de las dos anteriores.

Las entradas asociadas con cada tarea se deben adquirir justo antes de comenzar a ejecutarse ésta, las salidas tendrán efecto en los módulos justo después de terminar la ejecución de la tarea. Estas características dotarán al sistema de una flexibilidad imprescindible para llevar a cabo el proceso que nos ocupa.

A través de alguna entrada digital se debe poder arrancar o parar la aplicación que corre en la CPU. Esto permitirá controlar la situación de la CPU (Run/Stop) sin necesidad de usar la herramienta de programación.

Módulos de periferia descentralizada o módulos de expansión de bastidor

Se tratan de módulos que permiten la expansión del PLC, mediante el empleo de más bastidores con módulos de E/S, para recoger las señales físicas de otras celdas. Aunque ambos módulos sirven para este mismo propósito, les diferencia las capacidades que pueden proporcionar ambas soluciones. Entre estas capacidades se valoran la distancia de separación, la cantidad de bastidores que se pueden enlazar y la robustez de la comunicación con estos bastidores de expansión.

Los módulos de expansión de bastidor suelen emplear una comunicación serial para conectar los bastidores. Esto suele repercutir en un menor número de bastidores, con una distancia de separación menor y una comunicación bastante simple. No obstante, esta solución suele ser más barata y mucho más fácil de implementar.

Los módulos de periferia descentralizada suponen una solución más robusta que permite la incorporación de un mayor número de bastidores con mayor separación posibilitando una redundancia de las comunicaciones entre ellos. Esto, no obstante, repercute en un mayor coste y una mayor complejidad para su implementación.

En esta subestación se suministrarán módulos de periferia descentralizada para los PLC's de Media Tensión. Estos módulos dispondrán de LED's que permitan comprobar el estado de las comunicaciones con la CPU, así como el estado de las comunicaciones con las tarjetas de dicho bastidor de ampliación.

Estos módulos tienen que posibilitar definir protocolos de redundancia con la CPU (RSTP, MRP, ...) que garanticen una rapidez en el restablecimiento de las comunicaciones en caso de fallo.

Fuentes de alimentación

Los módulos de F.A. son los que se encargan de alimentar los módulos soportados sobre el bastidor donde se encuentra conectada y la de proteger a éstos frente a ruidos y oscilaciones de la tensión. Por tanto, todas ellas deben incluir protección contra sobreintensidades y sobretensiones. Funcionarán en la mayoría de los entornos con ruido eléctrico sin necesidad de transformadores de aislamiento. En el caso de interrupción imprevista de la alimentación, deben garantizar un tiempo de funcionamiento suficiente para guardar el entorno del sistema de manera segura y ordenada. Las F.A. deben poder ser utilizadas en cualquier bastidor, cumpla éste la función que sea.

Dispondrán de LED indicador y de un contacto que permita supervisar su correcto funcionamiento.

Podrán existir varios modelos que cumplan con la necesidad de soportar distintos rangos de tensión de alimentación, al menos:

- 100...240 Vca.
- 24....48Vcc.

Módulos de E/S

Las entradas/salidas serán modulares como se ha descrito anteriormente, por ello y para que sean funcionales es preciso que dichos módulos estén montados sobre un bastidor con

una fuente de alimentación que sea capaz de proporcionar la alimentación que necesiten. Podrán compartir bastidor con una CPU o con periferia descentralizada.

Todos los módulos tendrán disponible la comprobación de que el módulo insertado en una posición del bastidor coincide con el configurado por software para evitar errores durante la sustitución de éstos. En caso de insertar un módulo que no es el configurado, las E/S de éste deben quedar deshabilitadas y la CPU debe mostrar una indicación de error, pero no deberá pararse por dicho motivo.

La sustitución de un módulo averiado se podrá hacer sin parar el autómata y sin necesidad de utilizar la herramienta de programación. Al cambiarlo por otro nuevo la CPU le enviará automáticamente su configuración.

Para evitar errores, los borneros deben tener un mecanismo que opcionalmente se podrá utilizar de tal forma que permita diferenciar cada uno de ellos según voltajes. Este mecanismo debe suministrarse con el módulo de E/S. Aunque se haya optado por la diferenciación siempre se podrá volver a la situación original, donde el bornero sea idéntico a los demás. Es decir, será una situación reversible.

Todos los módulos deben llevar visible en el frontal el modelo propio e información de funcionamiento de cada E/S y diagnósticos del mismo. Esta información incluye el estado de cada uno de los puntos de E/S y las características específicas de cada módulo, como el fallo de cableado o la presencia de bornero.

Deben parametrizarse mediante la herramienta de programación, estos parámetros se guardarán en la CPU y en los diferentes módulos. En el caso de que uno de ellos se sustituya cuando el sistema está funcionando, el nuevo debe ser recargado automáticamente con los parámetros del anterior desde la CPU. Este mecanismo es imprescindible para facilitar funciones de mantenimiento.

Debe ser posible asignar a entradas mecanismos de interrupción, para ejecución de tareas prioritarias. Este tipo de mecanismos deben proporcionar tiempos de respuesta de aproximadamente 500 μ s entre la activación de una entrada y la actualización de una salida asociada.

A través de una entrada digital se debe poder parar o arrancar la CPU del autómata. Se contará con una oferta de módulos de E/S al menos con las siguientes características:

- Digitales:
 - 24, 48 VDC.
 - 24, 48, 100...120, 200...240 VAC.
 - 24, 48 VDC TRANSISTOR 2A.
 - 24...120 VDC relé hasta 5A
 - 24...240 VAC relé hasta 5A
 - 24...240 VAC triac hasta 2A
 - Con aislamiento según el estándar IEC 1131-2, tipo 1 o 2.
- Analógicas:
 - Multi-rango.

Los módulos de salidas digitales y analógicas dispondrán de la posibilidad de que en caso de paro del PLC o fallo en las comunicaciones pasen a un estado conocido:

- Cero.
- Un valor predefinido.
- Mantengan su último valor.

1.4.2 Hardware de la subestación de tracción

Se contempla un autómata programable para cada grupo para los siguientes sistemas de la subestación:

- Un PLC de enlace con el telemando y de adquisición (PLC TELEMANDO), formado por:
 - Una CPU USB MODBUS (PLC Maestro).
 - Un bastidor de 8 posiciones.
 - Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
 - Un módulo de comunicaciones ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Tres módulos de 32 entradas digitales (24V).
 - Un módulo de 32 salidas digitales (24V, 0,5A).
 - Cuatro borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Ocho bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R
- Un PLC de adquisición y control de señales para la llegada de la línea 1 (PLC ENTRADA LÍNEA 1), formado por:
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un bastidor de 8 posiciones.
 - Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
 - Un módulo de comunicaciones ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Un módulo de 32 entradas digitales (24V).
 - Un módulo de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
 - Dos bornero de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Cuatro bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.
- Un PLC de adquisición y control de señales para la llegada de la línea 2 (PLC ENTRADA LÍNEA 2), formado por:
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un bastidor de 8 posiciones.
 - Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
 - Un módulo de comunicaciones ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Un módulo de 32 entradas digitales (24V).
 - Un módulo de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
 - Dos bornero de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Cuatro bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.
- Un PLC de adquisición y control de señales, para el grupo transformador-rectificador 1 (GRUPO RECTIFICADOR 1), formado por:

RACK PRINCIPAL (CELDA DE 30KV):

 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un bastidor de 8 posiciones.
 - Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
 - Un módulo de comunicaciones ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Un módulo de 32 entradas digitales (24V).
 - Un módulo de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
 - Dos borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Cuatro bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.

RACK AMPLIACIÓN (CELDA DE CC):

- Un módulo de periferia descentralizada MODBUS.
 - Un bastidor de 8 posiciones.
 - Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
 - Un módulo de 32 entradas digitales (24V).
 - Un módulo de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
 - Dos módulos de 4 entradas analógicas (V/I aislada).
 - Tres borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Cinco bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.
- Un PLC de adquisición y control de señales, para el grupo transformador-rectificador 2 (GRUPO RECTIFICADOR 2), formado por:

RACK PRINCIPAL (CELDA DE 30KV):

- Una CPU USB MODBUS.
- Un bastidor de 8 posiciones.
- Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
- Un módulo de comunicaciones ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
- Un módulo de 32 entradas digitales (24V).
- Un módulo de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
- Dos borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
- Cuatro bases con cables precableados.
- Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.

RACK AMPLIACIÓN (CELDA DE CC):

- Un módulo de periferia descentralizada MODBUS.
- Un bastidor de 8 posiciones.
- Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
- Un módulo de 32 entradas digitales (24V).
- Un módulo de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
- Dos módulos de 4 entradas analógicas (V/I aislada).
- Tres borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
- Cinco bases con cables precableados.
- Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.

- Un PLC de adquisición y control de señales para la línea de 13kV (PLC LÍNEA DE 13KV), formado por:

RACK PRINCIPAL (CELDA DE 30KV):

- Una CPU USB MODBUS.
- Un bastidor de 8 posiciones.
- Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
- Un módulo de comunicaciones ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
- Un módulo de 32 entradas digitales (24V).
- Un módulo de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
- Dos borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
- Cuatro bases con cables precableados.
- Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.

RACK AMPLIACIÓN (CELDAS DE 13KV):

- Un módulo de periferia descentralizada MODBUS.
- Un bastidor de 8 posiciones.
- Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
- Tres módulos de 32 entradas digitales (24V).
- Un módulo de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).

- Cuatro borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Ocho bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.
- Un PLC de adquisición y control de señales de servicios auxiliares (PLC SERVICIOS AUXILIARES), formado por:
RACK PRINCIPAL (CELDA DE 30KV):
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un bastidor de 8 posiciones.
 - Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
 - Un módulo de comunicaciones ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Un módulo de 32 entradas digitales (24V).
 - Un módulo de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
 - Dos borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Cuatro bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.
- RACK AMPLIACIÓN (CELDA DE BT):
- Un módulo de periferia descentralizada MODBUS.
 - Un bastidor de 12 posiciones.
 - Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
 - Cinco módulos de 32 entradas digitales (24V).
 - Un módulo de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
 - Dos módulos de 8 salidas digitales a relé (125V, 0,3A).
 - Dos módulos de 4 entradas analógicas (V/I aislada).
 - Siete borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Trece bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.
- Un PLC de adquisición y control de señales para cada uno de los feeders (PLC FEEDER 1, PLC FEEDER 2, PLC FEEDER 3 y PLC FEEDER 4). 4 PLC's totales, cada uno de ellos formado por:
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un bastidor de 8 posiciones.
 - Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
 - Un módulo de comunicaciones ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Un módulo de 32 entradas digitales (24V).
 - Dos módulos de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
 - Un módulo de 4 entradas analógicas (V/I aislada).
 - Tres borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Cinco bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.
- Un PLC de adquisición y control de señales para el by-pass (PLC BYPASS), formado por:
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un bastidor de 8 posiciones.
 - Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
 - Un módulo de comunicaciones ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Un módulo de 32 entradas digitales (24V).
 - Dos módulos de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
 - Un módulo de 4 entradas analógicas (V/I aislada).
 - Tres borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Cinco bases con cables precableados.

- Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.
- Un PLC de adquisición y control de señales para la celda de retorno y arrastres (PLC RETORNO Y ARRASTRES), formado por:
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un bastidor de 12 posiciones.
 - Una fuente de alimentación de Corriente Continua estándar 31W aislada.
 - Un módulo de comunicaciones ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Dos módulos de 32 entradas digitales (24V).
 - Dos módulos de 16 salidas digitales (24V, 0,5A).
 - Tres módulos de 4 entradas analógicas (V/I aislada).
 - Cinco borneros de 40 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Diez bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.

1.4.3 Descripción de los autómatas

Los autómatas tendrán como componentes fundamentales:

- Soporte mecánico de los diferentes módulos.
- Fuente de alimentación. La alimentación a los autómatas será a 24 Vc.c. 50 Hz. Este módulo tendrá la capacidad de alimentar correctamente en potencia y en tensión a los diferentes elementos que componen la unidad remota, así como los instrumentos de campo que lo requieran. El módulo será dimensionado para que en condiciones de operación normal la fuente esté al 70 % de la capacidad total. Incorporará las protecciones adecuadas a cada salida y dispondrá de funciones de vigilancia de las tensiones de entrada y salida tanto en forma local como centralizada.
- Unidad Central de Proceso (C.P.U.). La unidad deberá contar con un procesador principal con capacidad de memoria de 8kb de instrucciones y 4kb de base de datos como mínimo. Esta unidad central deberá coordinar y ejecutar las funciones relacionadas con la adquisición, de datos, supervisión y control, por lo que deberá ser diseñada usando la lista de Entradas/Salidas según el sistema que se trate y considerando una capacidad de expansión a futuro del 15 %.
- Dispondrá de un interfaz, tanto para conexión de equipos de programación y pruebas locales, como para la conexión con el módulo de comunicaciones.

Incorporará funciones de autoverificación y autodiagnóstico, con señalización local y centralizada.

El sistema no deberá tener director de tráfico, ya sea en hardware o software.

Dispondrá de las correspondientes funciones de vigilancia y visualización.

Los módulos de entradas-salidas estarán dispuestos en módulos independientes para entradas y salidas. Serán aptos para montaje en rack, robustos y compactos, de fácil montaje, con enclavamiento mecánico que impida errores de conexión y con fijación antivibratoria.

Estos módulos tendrán indicaciones visuales de su estado operativo y realizarán las funciones de adaptación, visualización, aislamiento galvánico, filtrado y protección contra parásitos, sobrecargas y sobretensiones.

El número y tipo deberá ser diseñado usando la lista de Entradas/Salidas según el sistema que se trate y considerando una capacidad de expansión a futuro del 15 %.

1.4.4 Sistema operativo

El sistema operativo debe ser capaz de realizar múltiples tareas con un máximo de 2 tareas periódicas y más de 60 tareas de suceso.

Las E/S y canales (contador, etc.) de los diversos módulos pueden asignarse a cada tarea.

Las funciones RUN/STOP del autómatas pueden controlarse de forma remota ajustando los parámetros de un canal de entrada.

Debe ser posible asignar una entrada física elegida para prohibir cualquier modificación o descarga del programa.

Debe ser posible mantener las salidas o ajustarlas en la posición de repliegue cuando el autómatas cambie al modo STOP a través de la introducción de parámetros en cada canal.

La ejecución de los procedimientos de reinicio en frío y en caliente se señala a través de bits del sistema a los que accede el programa y el terminal.

Debe ser posible realizar una actualización funcional del procesador mediante la simple descarga del firmware a través del software dedicado o la plataforma de software de programación. No obstante, también debe ser posible utilizar una versión más reciente del software de programación sin tener que actualizar el firmware del procesador.

El software utilizado para la programación de los PLC's será el mismo software empleado en los PLC's de otras subestaciones ejecutadas por ETS.

1.4.5 Memoria

El área de memoria debe consistir en una memoria interna ejecutable para la aplicación que puede guardarse en una tarjeta de memoria tipo Flash. No se requiere ningún suministro de batería para la copia de seguridad.

Debe ser posible almacenar el programa, los comentarios y los símbolos en el autómatas para permitir la conexión de la herramienta de programación sin tener la aplicación instalada. La función "terminal vacío" debe estar disponible con cualquier lenguaje IEC que se utilice. También debe ser posible utilizar la ampliación de memoria para realizar copias de seguridad de los archivos (datos de producción, fórmulas, etc.)

1.4.6 Módulos

Todos los módulos (excepto los módulos de procesador, de periferia descentralizada y de alimentación) se podrán intercambiar en funcionamiento, es decir, pueden insertarse y extraerse mientras se encuentran encendidos.

Debe existir un dispositivo de ubicación para los módulos y una comprobación automática de la conformidad con la configuración del software del sistema para garantizar que se eviten los errores durante la sustitución del módulo.

Todos los módulos disponen de un bloque de visualización para identificar los defectos de módulo y de canal: entrada, salida, dispositivo de bus, eje, etc. Estos diagnósticos se realizan sin utilizar ninguna herramienta especial.

Los módulos se configuran completamente mediante el ajuste de los parámetros en el software de desarrollo y tiempo de ejecución. Los parámetros se almacenan en la aplicación del autómatas y se vuelven a cargar automáticamente en la CPU si se intercambia un módulo.

1.4.7 Clasificación de los Módulos de Entradas/Salidas

- Entradas Digitales (E.D.).
- Salidas Digitales (S.D.).
- Entradas Analógicas, +-10V (E.A.).

La conexión eléctrica de las señales de entrada o salida desde campo se realizará a través de regleteros de bornas perfectamente identificados.

1.4.8 Especificaciones técnicas de los PLC

- Condiciones generales mínimas para todos los módulos.

- General:

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Temperatura del aire ambiente | 0 - 60 °C |
| Temperatura exterior | 0 - 40 °C |
| Humedad relativa | 95% a 25 ° C, sin condensación |
| Vibraciones | Según normas IEC |
| Choques | Según normas IEC |

- Montaje:

Rack normalizado, en módulos extraíbles, sin accesibilidad externa para los componentes electrónicos.

Deben cumplir las diversas Normas Internacionales que afecten a los equipos electrónicos.

- Módulo de alimentación:

Los módulos de alimentación deberán equipar cada bastidor que podrán ser de 8 o de 12 emplazamientos. Estos módulos se implantarán en los dos primeros emplazamientos de cada rack. La potencia necesaria para la alimentación de cada rack estará en función del tipo y del número de módulos instalados en éste. Por este motivo, será necesario establecer un balance de consumo rack por rack para determinar el módulo de alimentación apropiado para cada rack.

| ALIMENTACIÓN | 24 VC.C. |
|----------------------------------|----------------------------|
| Potencia | 16-20 W |
| Protección contra cortocircuitos | Electrónica. |
| Separación galvánica | Con optoacoplador. |
| Señalización | Leds indicadores de estado |

- Unidades Centrales de Proceso (C.P.U.).

- CPU (maestro)

Las características técnicas de la CPU son las siguientes:

| TIPO | |
|--|--|
| E/S digitales | 1024 |
| E/S analógicas | 256 |
| E/S especiales | 63 con módulo de red |
| Puertos de comunicaciones | 1 x 10Base-T/100Base-TX 1 enlaces serie: Modbus maestro esclavo 1 puerto USB: puerto de programación |
| Capacidad de memoria interna | 4.096 KB RAM 3.584 KB programa, constante y símbolos 256 KB datos |
| Capacidades de tarjeta memoria interna | 8 Mb de base |
| Estructura de la aplicación | Tarea maestra: 1 Tarea rápida: 1 Tarea por suceso: 64 |
| Alimentación | 24 Vcc |

- CPU (resto):

Las características técnicas de la CPU son las siguientes:

| TIPO | |
|---|--|
| E/S digitales | 512 vías |
| E/S analógicas | 66 vías |
| Puertos de comunicaciones | 1 enlace serie: Modbus maestro esclavo 1 puerto USB: puerto de programación |
| Capacidad de memoria interna | 2.048 KB RAM 1.664 KB programa, constante y símbolos 128 KB datos |
| Capacidades de tarjeta memoria interna | 8 Mb de base |
| Estructura de la aplicación | Tarea maestra: 1 Tarea rápida: 1 Tarea por suceso: 32 |
| Número de K instrucciones ejecutadas por ms | 5,4 K instrucciones/ms (100% booleana) 4,2 k instrucciones/ms (65% booleana + 35% aritmética) |
| Alimentación | 24 Vcc |

- Fuente de alimentación:

Las características técnicas de la fuente de alimentación son las siguientes:

| TIPO | |
|---|----------------------------------|
| Tensión nominal | 24 Vcc |
| Corriente - Primario - Secundario | 30 A (conexión inicial) 0,7 A |
| Protección integrada | Por fusible interno no accesible |
| Potencia máxima disipada: | 8,5 W |
| Resistencia dieléctrica | 1500 V – 50 Hz durante 1' |
| Resistencia de aislamiento | > 10 MΩ |

- Módulos.

- Módulos de entrada digitales.

| TIPO: | |
|-------------------|--|
| Modularidad | 32 / 16 vías aisladas según IEC 61131-2 |
| Entradas aisladas | Lógica positiva y compatibilidad de detector a dos hilos |
| Conexión | Mediante borneo desenchufable |
| Alimentación | 24 Vcc |

- Módulos de salida digitales

| TIPO: | |
|------------------|---|
| Modularidad | 32/16 vías aisladas según IEC 61131-2 |
| Salidas aisladas | Lógica positiva, secuencia configurable de salida y vigilancia de control de salidas. |
| Conexión | Mediante borneo desenchufable |
| Alimentación | 24 Vcc y 0,5 A por vía o 110Vcc y 0,5 A a relé por vía |

- Módulo entradas analógicas

| TIPO: | |
|-------------------------------|--|
| Tipo de entradas | Entradas de alto nivel aisladas |
| Gama: Tensión Corriente | Tensión / corriente ± 10 V 0/4...20 mA |
| Modularidad | 4 vías |
| Resolución | 16 bits |

| TIPO: | |
|--------------|--|
| Aislamiento | Entre vías: 300 Vcc Entre bus y vía: 2000 Vcc Entre vía y tierra: 2000 Vcc |
| Conexión | Mediante borneo desenchufable de 20 contactos |

- Módulo de comunicaciones Ethernet.

| TIPO: | |
|----------------------|---|
| Estructura | Interface físico: 10BASE-T / 100BASE-TX Modo de acceso: CSMA-CD Tasa de transmisión: 10/100 Mbits/s |
| Conexiones | 3 módulos Ethernet |
| Clase de conformidad | Clase Transparent Ready B30 |
| Servicio WEB | Diagnóstico de autómatas "Rack viewer" Variables y datos del autómata "Data Editor" |

- Módulo de periferia descentralizada.

| TIPO: | |
|--------------|---|
| Estructura | Interfaz física: 10BASE-T / 100BASE-TX Tasa de transmisión: 10/100 Mbits/s |
| Conexiones | 2 módulos Ethernet |
| Topología | Anillo |
| Redundancia | RSTP |

Los procesadores dispondrán de una conexión TCP/IP en Ethernet integrada con al menos un servidor Web para fines de diagnóstico. A través de un independiente que ofrezca conexiones TCP/IP en Ethernet con al menos un servidor Web para fines de diagnóstico o un servidor Web personalizable. La memoria disponible del módulo debe tener una capacidad de al menos 16 Mbytes.

El autómata debe poder conectarse a la red Ethernet TCP/IP a través del puerto integrado o mediante módulos de 10/100 Mbps en un par trenzado blindado a través de un conector RJ45.

La conexión debe ofrecer un servicio de mensajería industrial en los modos cliente y servidor. Este servicio utiliza los protocolos TCP/IP para el transporte de datos. Para garantizar la interoperabilidad del sistema, el servicio de mensajería debe haber sido validado por instancias de Internet (tipo Internet Assigned Numbers Authority) responsables de la integridad de los protocolos.

La sincronización entre autómatas en Ethernet debe ser posible a través de un protocolo multidifusión con mecanismo de productor/consumidor. Debe ser posible que 64 estaciones compartan una base de datos de hasta 4 Kb de capacidad.

La conexión Ethernet debe admitir funciones de agente SNMP para la base MIB II estándar (RFC 1213).

Debe poder accederse al autómata a través de Ethernet (en el sitio de intranet o desde un sitio remoto) y a través de un navegador de Internet estándar (tipo Microsoft Internet Explorer). Para ello, este servidor Web debe estar instalado en el autómata. Debe ofrecer

funciones para ajustar variables y realizar diagnósticos. Estas funciones no deben requerir ninguna configuración previa o software especial, y debe ser posible protegerlas mediante contraseña. Además, el uso de estas funciones no debe afectar de ningún modo al tiempo de análisis del autómata.

Las variables u objetos animados de las páginas Web del navegador de Internet deben actualizarse automáticamente desde el autómata a través de un protocolo de Internet estándar, sin necesidad de actualizar toda la página.

Debe existir un mecanismo para comprobar el ancho de banda con el fin de simular la carga de la conexión cuando esté configurada y también para calcularla durante el funcionamiento.

Debe ofrecerse un mecanismo de seguridad que funcione como un filtro para el flujo de datos en grandes redes.

- Accesorios

El sistema debe incluir un completo sistema de interfaces y precableado entre el autómata y los detectores y accionadores. El sistema debe combinar las funciones de un bloque de terminales con cableado simplificado y la adaptación, protección y distribución de señales.

Se incluirá todo el material necesario para la conexión de las entradas y salidas en los PLC's para ellos se incorporarán racks con las posiciones deseadas para cada caso, borneros de 40 puntos y cable de Ethernet necesario.

1.4.9 Descripción del bus de comunicaciones entre PLC's

La red de autómatas constituye una red de control distribuido con protocolo Modbus embebido en Ethernet TCP/IP, estableciendo una configuración en anillo mediante switches industriales de fibra óptica multimodo, por razones de inmunidad a las interferencias radioeléctricas.

Requerimientos del nivel de aplicación

Debe estar implementado por un protocolo abierto, público y ampliamente instalado que requiere licencia, pero sin un pago de royalties a su propietario. Debe ser utilizado literalmente por cientos de vendedores sobre miles de diferentes dispositivos para transmitir entradas / salidas discretas y o analógicas o datos entre dispositivos de control. Debe ser realmente una lengua común entre diferentes fabricantes.

Su especificación detallada debe estar disponible en Internet para que pueda ser consultada por quien desee implementarla, todo ello libre de cargas, restricciones, password o cualquier tipo de obstáculo que pueda ser una limitación para su libre implementación.

Debe poder ser soportado sobre diferentes stacks de comunicaciones, desde RS-232 hasta Ethernet TCP/IP. En el caso tratado, se utilizará el stack descrito más adelante en este documento.

La trama del protocolo debe tener al menos tres campos:

- Dirección.
- Código de Función.
- Datos.

El tamaño de los campos de Dirección y Código de Función deben ser de un tamaño fijo y estar siempre presentes en la trama. Dependiendo del Código de Función el tamaño del campo de Datos variará y se dividirá en diferentes subcampos.

El campo de dirección se utilizará como segundo nivel de direccionamiento.

Debe tener implementados Códigos de Función para llevar a cabo las siguientes operaciones:

- Leer un dato digital.
- Leer hasta 2000 datos digitales.
- Escribir un dato digital.
- Escribir hasta 800 datos digitales.
- Leer una palabra de 16 bits.
- Leer hasta 125 palabras de 16 bits..
- Escribir una palabra de 16 bits.
- Escribir hasta 100 palabras de 16 bits.
- Función de diagnóstico.
- Lectura / Escritura de palabras de 16 bits, 125 palabras de lectura y 100 de escritura.
- Soportar programación y supervisión de autómatas de amplio uso en el mercado.

Requerimientos de los niveles inferiores

Se debe usar TCP/IP que es el protocolo usado en Internet, proporcionando un mecanismo fiable de transporte de datos entre equipos.

Ethernet es una tecnología que está lo suficientemente madura como para resolver ampliamente las necesidades actuales en el mundo de la automatización, supervisión y telecontrol con el mejor nivel de seguridad y fiabilidad.

Esta elección permitirá una verdadera integración con los sistemas corporativos de gestión. Al combinar una red física versátil, escalable, y omnipresente (Ethernet) con un estándar universal de enrutado y transporte (TCP/IP) y una representación de datos neutral para todos los fabricantes (como se describe en el apartado anterior), tenemos una red verdaderamente abierta para intercambiar datos entre los diferentes equipos.

El uso de todas estas tecnologías traerá las siguientes ventajas:

- Se podrán usar tarjetas estándar de PC para comunicar con la instalación.
- Posibilidad de usar tecnologías de Switchs que van a permitir una segmentación de la red sin afectar al envío o recepción de tramas entre nodos.
- Conexión, si se desea, fácilmente a Internet, todo ello a través de equipos estándares de mercado que cumplen con las funciones de enrutado y protección.
- Sistemas de alta disponibilidad con anillos de fibra óptica tolerantes a fallo.
- Uso de estándares que permiten implementar priorización de datos.
- Sistemas con la posibilidad de recuperar automáticamente la funcionalidad original cuando el sistema recupera el elemento averiado.
- Sistemas que avisan de fallos de tal manera que hay siempre una supervisión disponible sobre este tipo de situaciones además de existir herramientas que permiten evitar problemas antes de que ocurran.
- Redundancias en alimentación.
- Robustez de equipos que soportan entornos particularmente críticos como ambientes potencialmente explosivos, temperaturas especialmente altas o / y bajas, ruidos electromagnéticos que pueden afectar a la comunicación, etc.
- Flexibilidad en todos los aspectos que caracterizan una red:
 - Topologías (Anillo, bus, estrella).
 - Medio (par trenzado, fibra, coaxial, AUI, wireless).
 - Número de nodos posibles (64000).
 - Nodos por segmento (1-256).
 - Distancia entre nodos (hasta 40 Km).

- Disponer de las soluciones que puedan ser necesarias para una evolución de la instalación, beneficiándonos de miles de desarrolladores que están implementando soluciones y herramientas continuamente, protegiendo de esta manera la inversión.
- No se está atado a ningún fabricante, por su amplia difusión.

El direccionamiento de cualquier equipo debe ser a nivel IP, pero se podrá establecer un segundo nivel de direccionamiento como se describe en el apartado anterior.

Para estandarizar y de esta manera evitar problemas, el número de puerto en el nivel TCP por donde llegarán las peticiones de conexión será ineludiblemente el 502.

Para asegurar que Ethernet cumple con unos criterios de calidad adecuados se debe exigir a los Switches que cumplan con las siguientes características mínimas:

- Posibilidad de montar en carril DIN.
- Plug and play (sin configuración)
- Alimentaciones redundantes en el rango de DC 18 a 48V
- Rango de temperatura de 0-55°C.
- Contacto para funciones de control.
- LEDs de monitorización de estado.
- Opciones de puertos a Ethernet 10 Mbps, Fast Ethernet 100 Mbps , 10/100 Mbps y Half duplex o full duplex auto-negociación
- Puertos eléctricos RJ45 shielded y ópticos ST
- Posibilidad de estructura de anillo redundante.
- Grado de Protección \geq IP20
- Aprobado por EN, IEC, UL, CSA, FM.

1.4.10 Software de programación y configuración de PLC's

El software de programación de los PLC's será el mismo para todos ellos, tanto el Front End como los Concentradores y Estaciones, existiendo total libertad de traspasar programas entre ellos.

Debe de correr en las versiones más recientes de las plataformas de Microsoft (Windows 2000, Windows XP Vista, 7, 8, 10).

Debe tener funcionalidades propias del entorno Windows, como son:

- Cortar, copiar, pegar, zoom.
- Posibilidad de trabajar con varias ventanas a la vez.
- Barras de herramientas sensibles y configurables a la etapa de la programación (Configuración, programación en FBD, en ST, ...) que se esté desarrollando para que se adapten a esta situación y resulte más fácil llevarla a cabo.
- Impresión parcial o total de la aplicación.
- Ayuda sensible a la ventana de diálogo que estemos utilizando.
- Exportar /importar desde Access, Excel, Editor de textos, etc.

El software de programación debe de incluir todas las herramientas necesarias para:

- Configurar el PLC.
- Programar el proyecto
- Simular aplicaciones sin necesidad de hardware.
- Funciones de depuración.
- Implementar seguridad, con diferentes niveles de usuario.
- Carga de sistemas operativos (firmware).

- Añadir hardware desarrollado por terceros o por el propio fabricante con posterioridad al desarrollo de la herramienta para poder hacer uso de él.

La herramienta ha de tener definido por defecto una serie de tipos de datos según los estándares de la IEC61131-3. A partir de estos tipos de datos se deben poder definir los tipos de datos derivados que sean necesarios (arrays, estructuras con diferentes tipos, estructuras de estructuras y arrays definidas por el usuario, etc) a través de un fichero tipo texto que reconocerá la herramienta como la fuente de los tipos de datos definidos por el usuario y que podrá tener al menos un tamaño de 64 Kbytes.

Los datos serán definidos con las siguientes características:

- Identificados por un nombre con al menos 32 caracteres.
- Comentario de al menos 60 caracteres para cada dato.
- Formato del dato.
- Valor inicial del dato.
- No debe ser necesario definir ningún tipo de dirección para situar un dato dentro de la memoria, siempre que sea de uso interno por la aplicación (no entra ni sale del automático). Esto lo gestionará automáticamente la herramienta. Para hacer uso de él utilizaremos el identificador, descrito anteriormente, que se habrá definido para tal efecto.
- Se podrá definir constantes con el mismo formato que el de las variables, pero bajo ningún concepto se permitirá que se tengan que atar a direcciones físicas definidas por el usuario. Todo ello será transparente para éste.

Debe de ser conforme con el estándar IEC 61131-3, permitiendo poder utilizar los cinco lenguajes que especifica la norma:

- FBD (Bloques de Función)
- LD (Diagrama de Contactos)
- ST (Texto Estructurado)
- IL (Lista de Instrucciones)
- SFC (Gráfico Secuencial)

Además, debe de soportar programas realizados con herramientas anteriores, como prueba de que el fabricante apuesta por mantener el "Legacy".

Tiene que contar con la posibilidad de generar instrucciones propias de usuario en C++, que puedan ser utilizadas como otras que vengan incorporadas en la herramienta de programación por defecto. Asimismo, también se podrá generar funciones propias basándose en funciones ya existentes, creación de DFB (Derived Function Block).

No debe existir ningún límite en el número de veces que se pueda utilizar cualquier instrucción salvo por la propia capacidad de la memoria de la CPU.

Se deben de poder estructurar los proyectos en secciones, cada una de ellas programadas en el lenguaje que se desee de los anteriormente mencionados, con las siguientes características:

- Poder definir al menos 1500 secciones por proyecto.
- Habilitar o deshabilitar la ejecución de cualquiera de ellas por software.
- Poder agruparlas de una forma fácil en una estructura arborescente que permita una organización del proyecto adaptándose al orden funcional, geográfico o cualquier otro que pueda resultar interesante.

Las características que debe tener el editor FBD son:

- Bloques de función definidos por defecto.
- Bloques de función definidos por el usuario en "C++" opcional, integrables de una forma automática y fácil dentro de la herramienta.

- Bloques de función definidos a partir de los dos anteriores y desarrollados, si se desea, a partir de al menos cuatro lenguajes de los que se pueden utilizar en la programación de las distintas secciones de cualquier aplicación.
- La relación de los diferentes objetos se hará a través de enlaces, variables o direcciones físicas.
- Se podrán añadir comentarios, a nivel de sección, en el tapiz donde se sitúan los diferentes objetos y a nivel de cada uno de ellos.
- La secuencia de ejecución dentro de la sección será en función del flujo de datos dentro de ésta y no por la posición que ocupen los objetos en ella.
- Los objetos podrán tener hasta 32 entradas y 32 salidas bien diferenciadas, sin descartar que éstas puedan ser estructuras, arrays, etc.
- Los objetos se organizarán en librerías según un criterio de funcionalidad y origen.
- Cada objeto tendrá disponible las siguientes posibilidades:
 - Habilitar / deshabilitar su ejecución por programa.
 - Acceso a su ayuda particular de forma inmediata a través del propio objeto.
 - Forzado del valor inicial de cualquier variable conectada a alguna de sus E/S al valor actual de la variable o al valor que se desee, todo ello estando conectado al PLC, sin necesidad de descargar de nuevo el programa o parar la CPU.

Las características que debe tener el editor LD son:

- Permitirá dividir una sección en una serie de objetos de los siguientes tipos:
 - Contactos.
 - Bobinas.
 - Bloques de función definidos por defecto.
 - Bloques de función definidos por el usuario en "C". Integrables de una forma automática y fácil dentro de la herramienta.
 - Bloques de función definidos a partir de los dos anteriores y desarrollados, si se desea, a partir de al menos cuatro lenguajes de los que se pueden utilizar en la programación de las distintas secciones de cualquier proyecto.
- Se podrá añadir comentarios, a nivel de sección, en el tapiz donde se sitúan los diferentes objetos y a nivel de cada uno de estos.
- Los objetos podrán tener al menos 32 entradas y 32 salidas bien diferenciadas, sin descartar que estas puedan ser estructuras, arrays, etc. Además, estarán organizados en librerías según un criterio de funcionalidad y origen.
- Cada objeto tendrá disponible las siguientes posibilidades:
 - Habilitar / deshabilitar su ejecución por programa, con la excepción de los más básicos (contactos, bobinas).
 - Acceso a su ayuda particular de forma inmediata a través del propio objeto.
 - Comentario asociado al objeto
 - Dibujar la tendencia de al menos 6 de sus entradas / salidas asociadas a variables, estando conectado al autómatas y siempre en tiempo real, salvo para los objetos más básicos (contactos, bobinas).
 - Forzado del valor inicial de cualquier variable conectada a alguna de sus entradas / salidas al valor actual de la variable o al valor que se desee, todo ello estando conectado al autómatas, sin necesidad de descargar de nuevo el programa o parar la CPU.
- La secuencia de ejecución dentro de la sección será según se sitúen los objetos en dicha sección de izquierda a derecha y de arriba abajo.

Las características que debe tener el editor SFC son:

- Permitirá dividir una sección en una serie de objetos de los siguientes tipos:

- Transición
 - Paso
 - Salto
 - Conexión
 - Secuencia alternativa.
 - Secuencia paralela
 - Conexión alternativa
 - Conexión paralela
- La estructura de la secuencia tiene que estar formada por pasos y transiciones enlazados a través de enlaces direccionales.
 - Dos pasos no podrán estar nunca enlazados directamente, sino es a través de una transición.
 - Se podrá añadir comentarios, a nivel de sección, en el tapiz donde se sitúan los diferentes objetos y a nivel de cada uno de estos.
 - En cada uno de los pasos se podrá definir una serie de tiempos que generen alarma si se superaran un tiempo máximo y / o mínimo definidos. Además, se podrá definir un tiempo mínimo que tiene que permanecer activo un paso (este tiempo tiene que ser menor que el tiempo mínimo activo para generar alarma).
 - Para cada paso se debe poder definir una serie de acciones sobre diferentes variables tales como:
 - Set
 - Reset
 - Set mientras el paso está activo.
 - Set durante un tiempo y mientras permanezca activo el paso.
 - Set después de un tiempo y mientras permanezca activo el paso
 - Función de pulso.
 - Set con un tiempo de espera previo.
 - Se tiene que poder supervisar desde cualquier punto del proyecto si un paso concreto está activo o no, incluso desde una sección con otro lenguaje.
 - Las transiciones que no tengan los pasos inmediatamente precedentes activos no serán evaluadas, de esta manera se optimizará el ciclo de scan del autómat. Se podrán evaluar en función de una dirección física, variable, constante, o como resultado de una lógica asociada a una sección programada en cualquier lenguaje definido por la norma IEC 61131-3 salvo el propio SFC.
 - Las secuencias alternativas permitirán bifurcar entre varias opciones dando prioridad en caso de que se cumplan las condiciones para varias de éstas a la que se sitúe más a la izquierda.
 - Las secuencias paralelas dividen el proceso en dos o más secuencias, ejecutadas en paralelo e independientes unas de otras. Para salir de estas secuencias paralelas deben de terminar correctamente todas.
 - Se podrá llevar a cabo un salto desde cualquier punto de la secuencia a cualquier paso de esta misma secuencia salvo cuando se está dentro de una secuencia paralela o hacia una secuencia paralela, todo ello claro está por la propia idiosincrasia de esta parte de la secuencia.

Las características que debe tener el editor ST son:

- Se podrá programar como un lenguaje de alto nivel similar al PASCAL. formado por los siguientes tipos de instrucciones:
 - Condicionadas (IF ...THEN, CASE , ...).
 - Bucles (FORTO.....DO,.....).
 - Bucles condicionados (WHILE.....DO, REPEAT.....UNTIL).

- Finalización de bucles incondicionalmente (EXIT).
- Manejo de funciones estándares de la herramienta o definidas por el usuario tanto en C como a partir de las ya existentes.
- La herramienta diferenciará mediante colores el tipo de elementos que se utilicen al programar (Instrucciones, separadores, comentarios, etc.)
- Los espacios y los tabuladores no tendrán efecto en la sintaxis, se podrán poner en cualquier lugar y tantos como se deseen.
- Se podrán colocar comentarios que ayuden a la comprensión del código.
- Se podrá hacer un análisis de la sintaxis del código, utilizando alguna utilidad o opción proporcionada por la herramienta, sin necesidad de tener que cargar en un autómata o simulador.

Las características que debe tener el editor IL son:

- Será similar a un lenguaje de bajo nivel, tipo Assembler. Formado por los siguientes tipos de instrucciones:
 - Lógicas (AND, OR,).
 - Aritméticas (ADD, SUB, DIV, MUL,.....).
 - Comparaciones (GT, LT,.....)
 - Asignaciones (ST,S,R,...).
 - Saltos condicionales / incondicionales (JMP, JMP C, JMP CN).
 - Llamadas condicionales / incondicionales de funciones estándares de la herramienta o definidas por el usuario tanto en C como a partir de las ya existentes.
- La herramienta diferenciará mediante colores el tipo de elementos que se utilicen al programar (Instrucciones, separadores, comentarios, etc.)
- Los espacios y los tabuladores no tendrán efecto en la sintaxis, se podrán poner en cualquier lugar y tantos como se deseen.
- Se podrán colocar comentarios que ayuden a la comprensión del código.
- Se podrá hacer un análisis de la sintaxis del código, utilizando alguna utilidad o opción proporcionada por la herramienta sin necesidad de tener que cargar en un autómata o simulador.
- En la herramienta se podrán definir usuarios con su nombre y contraseña individual; a los cuales se les podrá definir niveles de acceso con las siguientes funcionalidades:
 - Sólo Monitorización.
 - Animación de funciones propias del lenguaje SFC.
 - Cambio de valores y datos
 - Forzado de E/S y datos.
 - Descarga de programa sobre el PLC.
 - Cambios de programa.
 - Cambios de configuración.
 - Definición de instrucciones, conversión de aplicaciones a otras versiones, etc.
 - Funcionalidad completa.

Debe de tener implementado los mecanismos para hacer búsquedas automáticas, de un objeto que se tenga seleccionado o de cualquiera que se desee en cualquier momento a lo largo de toda la aplicación, cuando se habla de objeto se hace referencia a:

- Variables.
- Direcciones de datos.
- Bloque de función.
- Instalación de un bloque de función concreto.
- Salto en lenguaje SFC.
- Paso en lenguaje SFC.

Se podrá hacer filtros de donde se quiere buscar, de qué modo se utiliza el objeto (lectura, escritura, lectura / escritura).

El resultado de las búsquedas se mostrará sobre una ventana, en la cual aparecerá una lista de los puntos exactos donde se utiliza el objeto de la búsqueda y en qué modo, haciendo doble clic sobre cualquier elemento de la lista se mostrará el código donde se utiliza este objeto.

Habrá una lista de las direcciones de los datos, asociados a dirección por parte del usuario, usados en el proyecto de tal manera que podamos supervisar que dirección está ocupada y cual no.

Se debe de poder hacer una predicción de la cantidad de memoria necesaria para un determinado proyecto antes de cargar sobre un PLC, esta predicción nos deberá de proporcionar con un margen de error del 10%, la siguiente información:

- Memoria necesaria para código.
- Memoria necesaria para datos.
- Memoria necesaria para la instalación de las funciones definidas por el propio usuario.
- Memoria necesaria poder recuperar el programa desde el autómatas.
- Memoria necesaria para diagnóstico.

Se debe de poder controlar la cantidad de información que se descarga sobre la memoria del PLC, dando más o menos prioridad al ahorro de memoria o a la capacidad de recuperar información de programa desde el autómatas. Por esta razón, se debe de poder definir si se desea recuperar el programa totalmente, parcialmente o no se recupera, la capacidad de recuperación se dividirá en:

- Código
- Comentarios de variables.
- Comentarios de secciones.
- Código de funciones definidas en "C" por el usuario.
- Código de funciones definidas a partir de los bloques de función existentes.

Se dispondrá de una componente de software que utiliza XML, como formato fuente, por lo que todos los componentes se podrán exportar/importar desde cualquier aplicación externa tales como:

- Configuración
- Secciones de programa
- Variables, Librerías, etc.

El software de programación dispondrá también de apertura a las nuevas tecnologías mediante la posibilidad de poder Exportar/Importar ficheros en modo estático con formato XML y en modo dinámico mediante servidores COM/DCOM con tecnología Microsoft

Se debe de poder poner comentarios en los siguientes niveles del proyecto:

- En el propio Proyecto.
- Por cada Sección.
- En bloques de función de los lenguajes FBD, LD.
- En los Pasos y Transiciones del lenguaje SFC
- En cualquier zona de programa de los editores IEC 61131-3.

La herramienta debe de poder generar la documentación necesaria para el proyecto, esta podrá ser del proyecto completo o de parte de él. Como partes de la documentación se podrán incluir las siguientes opciones:

- Cabecera y pie de página definibles por el usuario.
- Página de inicio definible por el usuario.

- Numeración de páginas, definible por el usuario el punto de inicio para numerar.
- Índice.
- Comentario de la aplicación.
- Tipos de datos derivados.
- Orden de ejecución de las distintas secciones.
- Uso de los diferentes bloques de función definidos por el usuario.
- Configuración Hardware.
- Lista de variables y uso de ellas ordenadas por nombre, tipo, número de veces usadas. Se podrá filtrar qué variables se desean documentar basándose en el nombre de éstas y en el tipo.
- Secciones ordenadas por orden alfabético u orden de ejecución, cada una de ellas con información definible de comentario de sección, gráfico, descripción de objetos, uso de variables, etc.

La comunicación con los autómatas para cargar / recuperar el proyecto se debe de poder hacer al menos a través de:

- El puerto serie RS-232 del ordenador
- Cualquier tarjeta de red Ethernet de las disponibles en el mercado.
- A través de alguna tarjeta con tecnología token-bus.

Tiene que existir al menos la posibilidad de conectarse con cuatro niveles de acceso:

- Sólo monitorización
- Posibilidad de cambio de datos.
- Posibilidad de cambio de datos y cambio de programa.
- Funcionalidad completa.

La carga de programa se puede hacer completa o por partes, estas partes que se pueden diferenciar deben de ser al menos:

- Configuración Hardware.
- Código de programa.
- Datos
- Información para poder recuperar el proyecto desde el autómata.

El proyecto se podrá modificar estando conectado al autómata. Estos cambios se descargarán sobre el autómata sin parar la ejecución del mismo. Se podrá controlar el tiempo de la descarga de estos cambios que afectan al ciclo de scan del autómata, delimitando de esta manera la incidencia de todas estas acciones sobre la instalación.

Las operaciones de depuración deben de poder hacerse sobre un autómata o sobre un simulador de éste, disponible con la propia herramienta de programación.

Se debe de poder definir un modo de operación donde la ejecución de programa se haga paso a paso para facilitar la depuración.

Debe de existir algún mecanismo para mostrar (en varios formatos: hexadecimal, entero, binario, etc), forzar y controlar variables y datos asociados a direcciones por parte del usuario.

Debe de haber algún visor de eventos a través del cual se puedan supervisar situaciones tales como divisiones por cero, operaciones fuera de rango, superado tiempo máximo para un paso en SFC, etc

Tienen que existir una serie de páginas que permitan visualizar el status del controlador, de las E/S, de la pila, código de stop, etc.

Debe de tener una pantalla resumen de la ocupación de memoria y del tiempo de scan actual.

Desde alguna pantalla se debe de poder supervisar datos del programa tales como:

- Fecha y hora en que fue creado el programa.
- Fecha y hora en que fueron creadas las funciones que se utilizan.
- Número de veces que se usa cada función.

Debe tener alguna ventana donde se puedan ver todas las secciones del proyecto, su organización en grupos y su estado (habilitada, deshabilitada y orden de ejecución con respecto a las otras). Se debe de poder: cambiar el orden de ejecución de estas, habilitar o deshabilitar cada una de ellas, crear una nueva, eliminar una de las existentes. Todo ello desde esta misma ventana.

Se podrá hacer dos tipos de animación, dentro de una sección, una digital y otra completa (analógica y digital), dando prioridad de esta manera al tiempo de respuesta o la cantidad de información.

En los lenguajes FBD y LD se deben de tener las siguientes posibilidades:

- Poder ver, modificar y cargar sobre el autómatas tanto los valores actuales como iniciales de las variables asociadas a un bloque de función.
- Poder modificar las constantes literales asociados a un bloque de función de forma que se modifiquen en el autómatas sin necesidad de hacer una descarga parcial o total del proyecto.

En el lenguaje SFC los pasos y transiciones aportaran las siguientes posibilidades:

El paso se mostrará en diferentes colores indicando en qué estado se encuentra, activo, inactivo, tiempo máximo activo superado, tiempo mínimo activo no superado.

Cuando el paso esté activo debe de mostrar el tiempo que lleva activo.

Cuando este inactivo, mostrará el tiempo que permaneció activo la última vez que lo estuvo.

Cada vez que el paso se activa el tiempo anterior debe ser borrado y comenzará desde 0.

La transición también se mostrará en diferentes colores en función de su estado, no activa, se cumple y no se cumple.

En el lenguaje SFC se deben de poder hacer las siguientes operaciones para permitir un depurado más fácil:

- Reinicializar una secuencia.
- Habilitar / Deshabilitar la supervisión de los tiempos (máximo y mínimo) de evento de cada paso.
- Habilitar / Deshabilitar transiciones, de tal manera que no se analicen éstas, parando la secuencia en la situación actual.
- Habilitar / Deshabilitar acciones, no se procesarán las acciones asociadas a cada paso.
- Salto incondicional, independientemente del estado de la transición se activa el siguiente paso, todo ello siempre que el tiempo mínimo activo definido para el paso actual se haya cumplido.
- Salto condicional, estando deshabilitadas las transiciones se podrá emplear esta opción para saltar al siguiente paso siempre que se cumpla la condición de la transición. Esto permitirá la ejecución de la secuencia paso a paso.
- Reseteo de errores de tiempo, reseteará todos los errores de tiempo (máximo, mínimo) de cada paso.
- Forzado de paso, independientemente del estado de las transiciones y los pasos, el paso seleccionado se activará cuando se haga un forzado.

El sistema será capaz de registrar la siguiente información durante un tiempo dado:

- Tiempo máximo activo de cada paso
- Tiempo mínimo activo de cada paso
- Número de veces que ha estado activo.

Con esta información se sabe cuáles son los márgenes adecuados de funcionamiento de cada paso de una secuencia, basándose en estos datos se podrá definir unos límites de tiempo por encima del máximo y por debajo del mínimo como aviso de alarma, permitiendo hacer una intervención cuando se salga de los parámetros de tiempo normales de la secuencia.

Estos avisos pueden ser recogidos a nivel de programa o a nivel de visor de eventos en la herramienta.

La herramienta de programación debe de disponer de un simulador que se comporte como un autómatas, el cual permita probar el funcionamiento de diferentes partes del proyecto.

Este simulador puede residir en el ordenador donde se encuentra el proyecto o en otro cualquiera. Se podrá cargar el proyecto en cualquiera de los dos.

Se le deben de poder hacer peticiones a este simulador, vía Modbus Ethernet TCP/IP, de datos del proyecto que está simulando. El podrá hacer también este tipo de peticiones sobre otro simulador o autómatas real. Cualquier SCADA con un driver estándar Ethernet TCP/IP Modbus podrá escribir o leer datos de él.

Se podrá escribir o leer de cualquier dirección de las configurables por el usuario, pudiendo simular el funcionamiento de un SCADA o elemento comunicador

Las funciones descritas anteriormente para depurar se podrán llevar a cabo también con el simulador, salvo las de cálculo de consumo de memoria, cálculo de tiempo de scan y las de gestión de tiempos que no se exigirá que sean correctas debido a la diferencia entre la CPU donde corre el simulador y la propia CPU del autómatas.

1.5 Listado de entradas y salidas

El sistema de control dispondrá de una reserva del 20% de la capacidad necesaria de entradas y salidas.

En principio se preverán las siguientes entradas / salidas para la subestación:

1.5.1 PLC Acometida 1

Módulo entradas digitales

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|----------------------------|
| 1 | DI | Disparo Relé Protección |
| 2 | DI | Anomalía Relé Protección |
| 3 | DI | Disyuntor Cerrado |
| 4 | DI | Disyuntor abierto |
| 5 | DI | Reserva |
| 6 | DI | Muelles tensados |
| 7 | DI | Reserva |
| 8 | DI | Reserva |
| 9 | DI | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 10 | DI | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 11 | DI | Seccionador Barras SB Cerrado |
| 12 | DI | Seccionador Barras SB Abierto |
| 13 | DI | Seccionador a tierra ST Cerrado |
| 14 | DI | Seccionador a tierra ST Abierto |
| 15 | DI | Desbloqueo PLC |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Interruptor magnetotérmico Abierto |
| 18 | DI | Señal Presencia de Tensión |
| 19 | DI | Protección Alimentación PLC Abierta |
| 20 | DI | Protección Alimentación a 110Vcc Abierta |
| 21 | DI | Selección Acometida Manual |
| 22 | DI | Selección Acometida Automático |
| 23 | DI | Línea 1 - Línea Preferente |
| 24 | DI | Línea 2 - Línea Preferente |
| 25 | DI | Rearme Protecciones |
| 26 | DI | Rearme Acoplamiento Líneas desde Celda 2 |
| 27 | DI | Reserva |
| 28 | DI | Señales Celda 3 - SB Cerrado |
| 29 | DI | Señales Celda 3 - SB Abierto |
| 30 | DI | Señales Celda 3 - ST Cerrado |
| 31 | DI | Señales Celda 3 - ST Abierto |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo salidas digitales

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|----------------------------|
| 1 | DO | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 2 | DO | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 3 | DO | Reserva |
| 4 | DO | Reserva |
| 5 | DO | Reserva |
| 6 | DO | Reserva |
| 7 | DO | Reserva |
| 8 | DO | Reserva |
| 9 | DO | Reserva |
| 10 | DO | Reserva |
| 11 | DO | Reserva |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-----------------------|
| 12 | DO | Reserva |
| 13 | DO | Reserva |
| 14 | DO | Reserva |
| 15 | DO | Reserva |
| 16 | DO | Reserva |

1.5.2 PLC Acometida 2

Módulo entradas digitales

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 1 | DI | Disparo Relé Protección |
| 2 | DI | Anomalía Relé Protección |
| 3 | DI | Disyuntor Cerrado |
| 4 | DI | Disyuntor abierto |
| 5 | DI | Reserva |
| 6 | DI | Muelles tensados |
| 7 | DI | Reserva |
| 8 | DI | Reserva |
| 9 | DI | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 10 | DI | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 11 | DI | Seccionador Barras SB Cerrado |
| 12 | DI | Seccionador Barras SB Abierto |
| 13 | DI | Seccionador a tierra ST Cerrado |
| 14 | DI | Seccionador a tierra ST Abierto |
| 15 | DI | Desbloqueo PLC |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Interruptor magnetotérmico Abierto |
| 18 | DI | Señal Presencia de Tensión |
| 19 | DI | Protección Alimentación PLC Abierta |
| 20 | DI | Protección Alimentación a 110Vcc Abierta |
| 21 | DI | Selección Acometida Manual desde Celda 1 |
| 22 | DI | Selección Acometida Automático desde Celda 1 |
| 23 | DI | Línea 1 – Línea Preferente desde Celda 1 |
| 24 | DI | Línea 2 – Línea Preferente desde Celda 1 |
| 25 | DI | Rearme Protecciones |
| 26 | DI | Rearme Acoplamiento Líneas |
| 27 | DI | Reserva |
| 28 | DI | Señales Celda 3 – SB Cerrado |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--------------------------------|
| 29 | DI | Señales Celda 3 – SB Abierto |
| 30 | DI | Señales Celda 3 – ST Cerrado |
| 31 | DI | Señales Celda 3 – ST Abierto |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo salidas digitales

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|----------------------------|
| 1 | DO | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 2 | DO | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 3 | DO | Reserva |
| 4 | DO | Reserva |
| 5 | DO | Reserva |
| 6 | DO | Reserva |
| 7 | DO | Reserva |
| 8 | DO | Reserva |
| 9 | DO | Reserva |
| 10 | DO | Reserva |
| 11 | DO | Reserva |
| 12 | DO | Reserva |
| 13 | DO | Reserva |
| 14 | DO | Reserva |
| 15 | DO | Reserva |
| 16 | DO | Reserva |

1.5.3 PLC Grupos rectificadores 1 y 2

1.5.3.1 Protección celdas rectificador 30kV (Bastidor principal)

Módulo entradas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--------------------------|
| 1 | DI | Apertura Relé Protección |
| 2 | DI | Anomalía Relé Protección |
| 3 | DI | Disyuntor Cerrado |
| 4 | DI | Disyuntor abierto |
| 5 | DI | Reserva |
| 6 | DI | Muelles tensados |
| 7 | DI | Reserva |
| 8 | DI | Reserva |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 9 | DI | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 10 | DI | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 11 | DI | Seccionador Barras SB Cerrado |
| 12 | DI | Seccionador Barras SB Abierto |
| 13 | DI | Seccionador a tierra ST Cerrado |
| 14 | DI | Seccionador a tierra ST Abierto |
| 15 | DI | Desbloqueo PLC |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Interruptor magnetotérmico Abierto |
| 18 | DI | Reserva |
| 19 | DI | Protección Alimentación PLC Abierta |
| 20 | DI | Protección Alimentación a 110Vcc Abierta |
| 21 | DI | Puerta Trafo Cerrada |
| 22 | DI | Puerta Celda Filtros Cerrada |
| 23 | DI | Puerta Celda Seccionadores de Feederes Cerrada |
| 24 | DI | Puerta Bobina de Alisamiento Cerrada |
| 25 | DI | Alarma Protección Imagen Térmica (49RMS) |
| 26 | DI | Alarma Temperatura de Trafo (49) |
| 27 | DI | Reserva |
| 28 | DI | Reserva |
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo salidas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-------------------------------------|
| 1 | DO | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 2 | DO | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 3 | DO | Reserva |
| 4 | DO | Reserva |
| 5 | DO | Reserva |
| 6 | DO | Reserva |
| 7 | DO | Reserva |
| 8 | DO | Reserva |
| 9 | DO | Permiso Apertura Puerta Trafo |
| 10 | DO | Permiso Apertura Bobina Alisamiento |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-----------------------|
| 11 | DO | Reserva |
| 12 | DO | Reserva |
| 13 | DO | Reserva |
| 14 | DO | Reserva |
| 15 | DO | Reserva |
| 16 | DO | Reserva |

1.5.3.2 Protección celdas rectificador CC (Bastidor ampliación)

Módulo entradas digitales 2

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 1 | DI | Señal Mecanismo en reposo – Carro Rect. |
| 2 | DI | Señal Control conectado – Carro Rect. |
| 3 | DI | Carro Rectificador Enchufado |
| 4 | DI | Carro Rectificador Seccionado |
| 5 | DI | Fusibles Diodos OK |
| 6 | DI | Reserva |
| 7 | DI | Fusible Placa RC OK |
| 8 | DI | Reserva |
| 9 | DI | Reserva |
| 10 | DI | Seccionador Grupo Rect. SGR Abierto |
| 11 | DI | Seccionador Grupo Rect. SGR Cerrado |
| 12 | DI | Posición Secc. Grupo Rect. – Manivela |
| 13 | DI | Solicitud Abrir Secc. Grupo Rect. SGR |
| 14 | DI | Solicitud Cerrar Secc. Grupo Rect. SGR |
| 15 | DI | Solicitud Desbloqueo desde celda C.C. |
| 15 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Estado Protecciones magnetotérmicas |
| 18 | DI | Reserva |
| 19 | DI | Reserva |
| 20 | DI | Reserva |
| 21 | DI | Reserva |
| 22 | DI | Reserva |
| 23 | DI | Reserva |
| 24 | DI | Reserva |
| 25 | DI | Reserva |
| 26 | DI | Reserva |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--------------------------------|
| 27 | DI | Reserva |
| 28 | DI | Reserva |
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo salidas digitales 2

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|----------------------------------|
| 1 | DO | Orden Abrir Secc. Grupo Rect. |
| 2 | DO | Orden Cerrar Secc. Grupo Rect. |
| 3 | DO | Señal. Secc. Grupo Rect. Abierto |
| 4 | DO | Señal. Secc. Grupo Rect. Cerrado |
| 5 | DO | Permiso Maniobra Carro G. Rect. |
| 6 | DO | Reserva |
| 7 | DO | Señal Bloqueo Secc. Grupo Rect. |
| 8 | DO | Señal Retorno de Energía |
| 9 | DO | Señal. Fusión Fusible diodo |
| 10 | DO | Señal. Fusión Fusible placa RC |
| 11 | DO | Señal. Alarma Tª Rectificador |
| 12 | DO | Señal. Disparo Tª Rectificador |
| 13 | DO | Señal Intensidad Máxima c.c. |
| 14 | DO | Señal. Puerta Celda Abierta |
| 15 | DO | Señal. Disparo desde C. Retornos |
| 16 | DO | Señal. Carro Rect. en Prueba |

Módulo entradas analógicas 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 1 | AI | Medida de la Temperatura del rectificador |
| 2 | AI | Medida de la Temperatura del rectificador |
| 3 | AI | Medida de la Temperatura del rectificador |
| 4 | AI | Medida de la Temperatura del rectificador |

Módulo entradas analógicas 2

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|----------------------------------|
| 5 | AI | Medida Analógica Tensión 1650Vcc |

| | | |
|---|----|-------------------------------------|
| 6 | AI | Medida Analógica Intensidad 1650Vcc |
| 7 | AI | Reserva |
| 8 | AI | Reserva |

1.5.4 PLC Feders 1, 2, 3 y 4

Módulo entradas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 1 | DI | Fusibles E.D.L. |
| 2 | DI | Contactador E.D.L. Abierto |
| 3 | DI | Disyuntor SF Abierto |
| 4 | DI | Disyuntor SF Cerrado |
| 5 | DI | Solicitud Abrir Disyuntor |
| 6 | DI | Solicitud Cerrar Disyuntor |
| 7 | DI | Reserva |
| 8 | DI | Reserva |
| 9 | DI | Solicitud Abrir Secc. Bypass SBP |
| 10 | DI | Solicitud Cerrar Secc. Bypass SBP |
| 11 | DI | Solicitud Abrir Secc. Salida SPI |
| 12 | DI | Solicitud Cerrar Secc. Salida SPI |
| 13 | DI | Reserva |
| 14 | DI | Puerta Celda Secc. Salida Cerrada |
| 15 | DI | Puerta Celda Filtros Cerrada |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Reserva |
| 18 | DI | Seccionador de Bypass Abierto |
| 19 | DI | Seccionador de Bypass Cerrado |
| 20 | DI | Seccionador Bypass en Posición Manivela |
| 21 | DI | Secc. Salida Feeder en Mando Manual |
| 22 | DI | Seccionador Salida Feeder SPI Cerrado |
| 23 | DI | Seccionador Salida Feeder SPI Abierto |
| 24 | DI | Seccionador Salida SPI con llave bloqueo |
| 25 | DI | Carro Disyuntor enchufado |
| 26 | DI | Carro Disyuntor Seccionado |
| 27 | DI | Carro Disyuntor – Mecanismo en reposo |
| 28 | DI | Solicitud Desbloqueo |
| 29 | DI | Protección Magnetotérmica Disparada |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--------------------------------|
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo salidas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---------------------------------|
| 1 | DO | Orden Cierre Contactor E.D.L. |
| 2 | DO | Permiso Maniobra Carro Feeder |
| 3 | DO | Orden Cierre Secc. Salida SPI |
| 4 | DO | Orden Abrir Secc. Salida SPI |
| 5 | DO | Orden Permanencia Disyuntor SF |
| 6 | DO | Orden Economía Disyuntor SF |
| 7 | DO | Orden Cerrar Secc. Bypass SBP |
| 8 | DO | Orden Abrir Secc. Bypass SBP |
| 9 | DO | Señal. Secc. Bypass SBP Abierto |
| 10 | DO | Señal. Secc. Bypass SBP Cerrado |
| 11 | DO | Señal. Secc. Salida SPI Abierto |
| 12 | DO | Señal. Secc. Salida SPI Cerrado |
| 13 | DO | Señal. Disyuntor SF Abierto |
| 14 | DO | Señal. Disyuntor SF Cerrado |
| 15 | DO | Reserva |
| 16 | DO | Reserva |

Módulo salidas digitales 2

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 17 | DO | Señalización Bloqueo Disyuntor SF |
| 18 | DO | Señal. LED Defecto Disyuntor SF |
| 19 | DO | Señal. LED Relés Estáticos |
| 20 | DO | Señal. LED Puerta Celda Abierta |
| 21 | DO | Señal. LED Intensidad Máxima c.c. |
| 22 | DO | Señal. LED Diferencia Tensión |
| 23 | DO | Señal. LED Bajo Aislamiento Catenaria |
| 24 | DO | Señal. LED Disparo desde Celda de Retornos |
| 25 | DO | Señal. LED Actuación D.D.L. |
| 26 | DO | Señal. LED Fusión Fusible E.D.L. |
| 27 | DO | Señal. LED Carro en Prueba |
| 28 | DO | Reserva |
| 29 | DO | Reserva |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-----------------------|
| 30 | DO | Reserva |
| 31 | DO | Reserva |
| 32 | DO | Reserva |

Módulo entradas analógicas 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 1 | AI | Medida Analógica Tensión Feeder 1650Vcc |
| 2 | AI | Medida Analógica Intensidad E.D.L |
| 3 | AI | Medida Analógica Intensidad de Feeder |
| 4 | AI | Medida Analógica Tensión en barras 1650Vcc |

1.5.5 PLC By-Pass

Módulo entradas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 1 | DI | Fusibles E.D.L. |
| 2 | DI | Contactador E.D.L. Abierto |
| 3 | DI | Disyuntor SF Abierto |
| 4 | DI | Disyuntor SF Cerrado |
| 5 | DI | Solicitud Abrir Disyuntor |
| 6 | DI | Solicitud Cerrar Disyuntor |
| 7 | DI | Reserva |
| 8 | DI | Reserva |
| 9 | DI | Solicitud Abrir Secc. Bypass SBP |
| 10 | DI | Solicitud Cerrar Secc. Bypass SBP |
| 11 | DI | Reserva |
| 12 | DI | Reserva |
| 13 | DI | Reserva |
| 14 | DI | Puerta Celda Secc. Salida Cerrada |
| 15 | DI | Puerta Celda Filtros Cerrada |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Reserva |
| 18 | DI | Seccionador de Bypass Abierto |
| 19 | DI | Seccionador de Bypass Cerrado |
| 20 | DI | Seccionador Bypass en Posición Manivela |
| 21 | DI | Reserva |
| 22 | DI | Reserva |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---------------------------------------|
| 23 | DI | Reserva |
| 24 | DI | Reserva |
| 25 | DI | Carro Disyuntor enchufado |
| 26 | DI | Carro Disyuntor Seccionado |
| 27 | DI | Carro Disyuntor – Mecanismo en reposo |
| 28 | DI | Solicitud Desbloqueo |
| 29 | DI | Protección Magnetotérmica Disparada |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo salidas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---------------------------------|
| 1 | DO | Orden Cierre Contactor E.D.L. |
| 2 | DO | Permiso Maniobra Carro Feeder |
| 3 | DO | Reserva |
| 4 | DO | Reserva |
| 5 | DO | Orden Permanencia Disyuntor SF |
| 6 | DO | Orden Economía Disyuntor SF |
| 7 | DO | Orden Cerrar Secc. Bypass SBP |
| 8 | DO | Orden Abrir Secc. Bypass SBP |
| 9 | DO | Señal. Secc. Bypass SBP Abierto |
| 10 | DO | Señal. Secc. Bypass SBP Cerrado |
| 11 | DO | Reserva |
| 12 | DO | Reserva |
| 13 | DO | Señal. Disyuntor SF Abierto |
| 14 | DO | Señal. Disyuntor SF Cerrado |
| 15 | DO | Reserva |
| 16 | DO | Reserva |

Módulo salidas digitales 2

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-----------------------------------|
| 1 | DO | Señalización Bloqueo Disyuntor SF |
| 2 | DO | Señal. LED Defecto Disyuntor SF |
| 3 | DO | Señal. LED Relés Estáticos |
| 4 | DO | Señal. LED Puerta Celda Abierta |
| 5 | DO | Señal. LED Intensidad Máxima c.c. |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 6 | DO | Señal. LED Diferencia Tensión |
| 7 | DO | Señal. LED Bajo Aislamiento Catenaria |
| 8 | DO | Señal. LED Disparo desde Celda de Retornos |
| 9 | DO | Señal. LED Actuación D.D.L. |
| 10 | DO | Señal. LED Fusión Fusible E.D.L. |
| 11 | DO | Señal. LED Carro en Prueba |
| 12 | DO | Reserva |
| 13 | DO | Reserva |
| 14 | DO | Reserva |
| 15 | DO | Reserva |
| 16 | DO | Reserva |

Módulo entradas analógicas 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 1 | AI | Medida Analógica Tensión Feeder 1650Vcc |
| 2 | AI | Medida Analógica Intensidad E.D.L |
| 3 | AI | Medida Analógica Intensidad de Feeder |
| 4 | AI | Medida Analógica Tensión en barras 1650Vcc |

1.5.6 PLC Retorno y Arrastres

Módulo entradas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 1 | DI | Reserva |
| 2 | DI | Reserva |
| 3 | DI | Reserva |
| 4 | DI | Reserva |
| 5 | DI | Fusión Fusible Medida Tensión Barras C.C. |
| 6 | DI | Fusión Fusible Medida Tensión Barra By-Pass |
| 7 | DI | Puesta a Masa Pórtico C.C. |
| 8 | DI | Puesta a Masa Celdas de C.C. |
| 9 | DI | Reserva |
| 10 | DI | Solicitud Desbloqueo Retornos |
| 11 | DI | Disparo Protecciones Magnetotérmicas |
| 12 | DI | Reserva |
| 13 | DI | Seccionadores C.C. G. Rectificadores Abiertos |
| 14 | DI | Reserva |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 15 | DI | Fallo Fte. -24Vcc Alimentación Convertidores |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Puerta Celda Secc. Salida Feeders |
| 18 | DI | Puerta Celda de Filtros Cerrada |
| 19 | DI | Fusión Fusible Celda Filtros |
| 20 | DI | Reserva |
| 21 | DI | Reserva |
| 22 | DI | Reserva |
| 23 | DI | Reserva |
| 24 | DI | Reserva |
| 25 | DI | Pos. Seccionador de Bypass - Manivela |
| 26 | DI | Seccionador de Bypass Abierto |
| 27 | DI | Seccionador de Bypass Cerrado |
| 28 | DI | Reserva |
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Modulo entradas digitales 2

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 1 | DI | Secc. Salida Feeder 1 Abierto |
| 2 | DI | Secc. Salida Feeder 1 Cerrado |
| 3 | DI | Posición Secc. Salida Feeder 1 - Manivela |
| 4 | DI | Posición Secc. Bypass Feeder 1 - Manivela |
| 5 | DI | Secc. Bypass Feeder 1 Abierto |
| 6 | DI | Secc. Bypass Feeder 1 Cerrado |
| 7 | DI | Arrastre desde colateral Feeder 1 |
| 8 | DI | Reserva |
| 9 | DI | Secc. Salida Feeder 2 Abierto |
| 10 | DI | Secc. Salida Feeder 2 Cerrado |
| 11 | DI | Posición Secc. Salida Feeder 2 - Manivela |
| 12 | DI | Posición Secc. Bypass Feeder 2 - Manivela |
| 13 | DI | Secc. Bypass Feeder 2 Abierto |
| 14 | DI | Secc. Bypass Feeder 2 Cerrado |
| 15 | DI | Arrastre desde colateral Feeder 2 |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 17 | DI | Secc. Salida Feeder 3 Abierto |
| 18 | DI | Secc. Salida Feeder 3 Cerrado |
| 19 | DI | Posición Secc. Salida Feeder 3 – Manivela |
| 20 | DI | Posición Secc. Bypass Feeder 3 – Manivela |
| 21 | DI | Secc. Bypass Feeder 3 Abierto |
| 22 | DI | Secc. Bypass Feeder 3 Cerrado |
| 23 | DI | Arrastre desde colateral Feeder 3 |
| 24 | DI | Reserva |
| 25 | DI | Secc. Salida Feeder 4 Abierto |
| 26 | DI | Secc. Salida Feeder 4 Cerrado |
| 27 | DI | Posición Secc. Salida Feeder 4 – Manivela |
| 28 | DI | Posición Secc. Bypass Feeder 4 – Manivela |
| 29 | DI | Secc. Bypass Feeder 4 Abierto |
| 30 | DI | Secc. Bypass Feeder 4 Cerrado |
| 31 | DI | Arrastre desde colateral Feeder 4 |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Modulo salidas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 1 | DO | Reserva |
| 2 | DO | Reserva |
| 3 | DO | Reserva |
| 4 | DO | Reserva |
| 5 | DO | Permiso Apertura Pta. Filtros |
| 6 | DO | Permiso Apertura Puerta Celda Seccionadores Salida de Feederes |
| 7 | DO | Disparo general por P.A.M. C.C. |
| 8 | DO | Rearme general de la P.A.M. C.C. |
| 9 | DO | Arrastre a Colateral Feeder 1 |
| 10 | DO | Arrastre a Colateral Feeder 2 |
| 11 | DO | Arrastre a Colateral Feeder 3 |
| 12 | DO | Arrastre a Colateral Feeder 4 |
| 13 | DO | Reserva |
| 14 | DO | Reserva |
| 15 | DO | Reserva |
| 16 | DO | Reserva |

Modulo salidas digitales 2

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 17 | DO | Señalización Bloqueo Retornos |
| 18 | DO | Señal. LED Puerta Celda Abierta |
| 19 | DO | Señal. LED P.A.M. Celdas C.C. |
| 20 | DO | Reserva |
| 21 | DO | Señal. LED Arrastre desde S/E Colateral |
| 22 | DO | Señal. LED Fusión Fusible Barras C.C. |
| 23 | DO | Señal. LED P.A.M. Pórtico C.C. |
| 24 | DO | Señal- LED Fallo Fte. (-24Vcc) |
| 25 | DO | Señal. LED Fusión Fusible Bypass |
| 26 | DO | Señal. LED Fusión Fusible Filtros |
| 27 | DO | Reserva |
| 28 | DO | Reserva |
| 29 | DO | Reserva |
| 30 | DO | Reserva |
| 31 | DO | Reserva |
| 32 | DO | Reserva |

Módulo entradas analógicas 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-----------------------|
| 1 | AI | Reserva |
| 2 | AI | Reserva |
| 3 | AI | Reserva |
| 4 | AI | Reserva |

Módulo entradas analógicas 2

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 5 | AI | Reserva |
| 6 | AI | Reserva |
| 7 | AI | Medida Analógica tensión Barra 1650Vcc |
| 8 | AI | Medida Analógica Tensión Barra By-Pass |

Módulo entradas analógicas 3

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 5 | AI | Medida Analógica Intensidad P.A.M. Celdas C.C. |
| 6 | AI | Reserva |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-----------------------|
| 7 | AI | Reserva |
| 8 | AI | Reserva |

1.5.7 PLC Línea de 13kV

1.5.7.1 Protección celda 30kV (Bastidor principal)

Módulo entradas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 1 | DI | Apertura Relé Protección |
| 2 | DI | Anomalia Relé Protección |
| 3 | DI | Disyuntor Cerrado |
| 4 | DI | Disyuntor abierto |
| 5 | DI | Reserva |
| 6 | DI | Muelles tensados |
| 7 | DI | Reserva |
| 8 | DI | Reserva |
| 9 | DI | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 10 | DI | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 11 | DI | Seccionador Barras SB Cerrado |
| 12 | DI | Seccionador Barras SB Abierto |
| 13 | DI | Seccionador a tierra ST Cerrado |
| 14 | DI | Seccionador a tierra ST Abierto |
| 15 | DI | Desbloqueo PLC |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Interruptor magnetotérmico Abierto |
| 18 | DI | Reserva |
| 19 | DI | Protección Alimentación PLC Abierta |
| 20 | DI | Protección Alimentación a 110Vcc Abierta |
| 21 | DI | Puerta Trafo Cerrada |
| 22 | DI | Reserva |
| 23 | DI | Reserva |
| 24 | DI | Reserva |
| 25 | DI | Alarma Protección Imagen Térmica (49RMS) |
| 26 | DI | Alarma Temperatura de Trafo (49) |
| 27 | DI | Reserva |
| 28 | DI | Reserva |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--------------------------------|
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo salidas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-------------------------------|
| 1 | DO | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 2 | DO | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 3 | DO | Reserva |
| 4 | DO | Reserva |
| 5 | DO | Reserva |
| 6 | DO | Reserva |
| 7 | DO | Reserva |
| 8 | DO | Reserva |
| 9 | DO | Permiso Apertura Puerta Trafo |
| 10 | DO | Reserva |
| 11 | DO | Reserva |
| 12 | DO | Reserva |
| 13 | DO | Reserva |
| 14 | DO | Reserva |
| 15 | DO | Reserva |
| 16 | DO | Reserva |

1.5.7.2 Protección celdas 13kV (Bastidor ampliación)

Módulo entradas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|----------------------------|
| 1 | DI | Apertura Relé Protección |
| 2 | DI | Anomalía Relé Protección |
| 3 | DI | Disyuntor Cerrado |
| 4 | DI | Disyuntor abierto |
| 5 | DI | Reserva |
| 6 | DI | Muelles tensados |
| 7 | DI | Reserva |
| 8 | DI | Reserva |
| 9 | DI | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 10 | DI | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 11 | DI | Seccionador Barras SB Cerrado |
| 12 | DI | Seccionador Barras SB Abierto |
| 13 | DI | Seccionador a tierra ST Cerrado |
| 14 | DI | Seccionador a tierra ST Abierto |
| 15 | DI | Desbloqueo PLC |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Interruptor magnetotérmico Abierto |
| 18 | DI | Reserva |
| 19 | DI | Protección Alimentación PLC Abierta |
| 20 | DI | Protección Alimentación a 110Vcc Abierta |
| 21 | DI | Reserva |
| 22 | DI | Reserva |
| 23 | DI | Reserva |
| 24 | DI | Reserva |
| 25 | DI | Alarma Protección Imagen Térmica (49RMS) |
| 26 | DI | Alarma Temperatura de Trafo (49) |
| 27 | DI | Potencia inversa |
| 28 | DI | Reserva |
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo entradas digitales 2

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-------------------------------|
| 1 | DI | Apertura Relé Protección |
| 2 | DI | Anomalía Relé Protección |
| 3 | DI | Disyuntor Cerrado |
| 4 | DI | Disyuntor abierto |
| 5 | DI | Reserva |
| 6 | DI | Muelles tensados |
| 7 | DI | Reserva |
| 8 | DI | Reserva |
| 9 | DI | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 10 | DI | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 11 | DI | Seccionador Barras SB Cerrado |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 12 | DI | Seccionador Barras SB Abierto |
| 13 | DI | Seccionador a tierra ST Cerrado |
| 14 | DI | Seccionador a tierra ST Abierto |
| 15 | DI | Desbloqueo PLC |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Interruptor magnetotérmico Abierto |
| 18 | DI | Presencia de Tensión |
| 19 | DI | Protección Alimentación RPT y PLC Abierta |
| 20 | DI | Protección Alimentación a 110Vcc Abierta |
| 21 | DI | Reserva |
| 22 | DI | Reserva |
| 23 | DI | Reserva |
| 24 | DI | Reserva |
| 25 | DI | Reserva |
| 26 | DI | Reserva |
| 27 | DI | Reserva |
| 28 | DI | Reserva |
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo entradas digitales 3

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---------------------------------|
| 1 | DI | Apertura Relé Protección |
| 2 | DI | Anomalía Relé Protección |
| 3 | DI | Disyuntor Cerrado |
| 4 | DI | Disyuntor abierto |
| 5 | DI | Reserva |
| 6 | DI | Muelles tensados |
| 7 | DI | Reserva |
| 8 | DI | Reserva |
| 9 | DI | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 10 | DI | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 11 | DI | Seccionador Barras SB Cerrado |
| 12 | DI | Seccionador Barras SB Abierto |
| 13 | DI | Seccionador a tierra ST Cerrado |
| 14 | DI | Seccionador a tierra ST Abierto |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 15 | DI | Desbloqueo PLC |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Interruptor magnetotérmico Abierto |
| 18 | DI | Presencia de Tensión |
| 19 | DI | Protección Alimentación RPT y PLC Abierta |
| 20 | DI | Protección Alimentación a 110Vcc Abierta |
| 21 | DI | Reserva |
| 22 | DI | Reserva |
| 23 | DI | Reserva |
| 24 | DI | Reserva |
| 25 | DI | Reserva |
| 26 | DI | Reserva |
| 27 | DI | Reserva |
| 28 | DI | Reserva |
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo salidas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-------------------------------|
| 1 | DO | Orden Cerrar Disyuntor C1.SF1 |
| 2 | DO | Orden Abrir Disyuntor C1.SF1 |
| 3 | DO | Reserva |
| 4 | DO | Reserva |
| 5 | DO | Reserva |
| 6 | DO | Reserva |
| 7 | DO | Orden Cerrar Disyuntor C2.SF1 |
| 8 | DO | Orden Abrir Disyuntor C2.SF1 |
| 9 | DO | Reserva |
| 10 | DO | Reserva |
| 11 | DO | Reserva |
| 12 | DO | Reserva |
| 13 | DO | Orden Cerrar Disyuntor C3.SF1 |
| 14 | DO | Orden Abrir Disyuntor C3.SF1 |
| 15 | DO | Reserva |
| 16 | DO | Reserva |

1.5.8 PLC Servicios Auxiliares

1.5.8.1 Protección celda 30kV

Módulo entradas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 1 | DI | Apertura Relé Protección |
| 2 | DI | Anomalía Relé Protección |
| 3 | DI | Disyuntor Cerrado |
| 4 | DI | Disyuntor abierto |
| 5 | DI | Reserva |
| 6 | DI | Muelles tensados |
| 7 | DI | Reserva |
| 8 | DI | Señal Celda en remoto |
| 9 | DI | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 10 | DI | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 11 | DI | Seccionador Barras SB Cerrado |
| 12 | DI | Seccionador Barras SB Abierto |
| 13 | DI | Seccionador a tierra ST Cerrado |
| 14 | DI | Seccionador a tierra ST Abierto |
| 15 | DI | Desbloqueo PLC |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Interruptor magnetotérmico Abierto |
| 18 | DI | Reserva |
| 19 | DI | Protección Alimentación PLC Abierta |
| 20 | DI | Protección Alimentación a 110Vcc Abierta |
| 21 | DI | Puerta Trafo Cerrada |
| 22 | DI | Puerta Celda Filtros Cerrada |
| 23 | DI | Puerta Celda Seccionadores de Feederes Cerrada |
| 24 | DI | Puerta Bobina de Alisamiento Cerrada |
| 25 | DI | Alarma Protección Imagen Térmica (49RMS) |
| 26 | DI | Alarma Temperatura de Trafo (49) |
| 27 | DI | Reserva |
| 28 | DI | Reserva |
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo salidas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|-------------------------------|
| 1 | DO | Orden Cerrar Disyuntor SF1 |
| 2 | DO | Orden Abrir Disyuntor SF1 |
| 3 | DO | Reserva |
| 4 | DO | Reserva |
| 5 | DO | Reserva |
| 6 | DO | Reserva |
| 7 | DO | Reserva |
| 8 | DO | Reserva |
| 9 | DO | Permiso Apertura Puerta Trafo |
| 10 | DO | Reserva |
| 11 | DO | Reserva |
| 12 | DO | Reserva |
| 13 | DO | Reserva |
| 14 | DO | Reserva |
| 15 | DO | Reserva |
| 16 | DO | Reserva |

1.5.8.2 Protección celdas BT

Módulo entradas digitales 1 (servicios auxiliares)

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 1 | DI | Disparo Interruptor Q1 |
| 2 | DI | Interruptor Q1 Abierto |
| 3 | DI | Interruptor Q1 Cerrado |
| 4 | DI | Solicitud Apertura Interruptor Q1 |
| 5 | DI | Solicitud Cierre Interruptor Q1 |
| 6 | DI | Confirmación Enterado |
| 7 | DI | Parada Sirena |
| 8 | DI | Prueba Lámparas |
| 9 | DI | Estado Int. Acometidas desde C.G.B.T. |
| 10 | DI | Estado Pulsadores Parada de Emergencia |
| 11 | DI | Solicitud Marcha Extractor 1 |
| 12 | DI | Solicitud Parada Extractor 1 |
| 13 | DI | Interruptor Extractor 1 OK |
| 14 | DI | Contactador Extractor 1 Cerrado |
| 15 | DI | Alarma en Puesta a Tierra |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---------------------------------|
| 17 | DI | Solicitud Marcha Extractor 2 |
| 18 | DI | Solicitud Parada Extractor 2 |
| 19 | DI | Interruptor Extractor 2 OK |
| 20 | DI | Contactador Extractor 2 Cerrado |
| 21 | DI | Solicitud Marcha Extractor 3 |
| 22 | DI | Solicitud Parada Extractor 3 |
| 23 | DI | Interruptor Extractor 3 OK |
| 24 | DI | Contactador Extractor 3 Cerrado |
| 25 | DI | Solicitud Marcha Extractor 4 |
| 26 | DI | Solicitud Parada Extractor 4 |
| 27 | DI | Interruptor Extractor 4 OK |
| 28 | DI | Contactador Extractor 4 Cerrado |
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo entradas digitales 2 (servicios auxiliares)

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 1 | DI | Solicitud Marcha Extractor 5 |
| 2 | DI | Solicitud Parada Extractor 5 |
| 3 | DI | Interruptor Extractor 5 OK |
| 4 | DI | Contactador Extractor 5 Cerrado |
| 5 | DI | Solicitud Marcha Extractor 6 |
| 6 | DI | Solicitud Parada Extractor 6 |
| 7 | DI | Interruptor Extractor 6 OK |
| 8 | DI | Contactador Extractor 6 Cerrado |
| 9 | DI | Estado Int. Acometidas de 110Vcc |
| 10 | DI | Fallo +24Vcc Fuente Alimentación |
| 11 | DI | Fallo -24Vcc Fuente Alimentación |
| 12 | DI | Estado Interruptor Entrada Fte. Alim. 24Vcc |
| 13 | DI | Estado Interruptor Salida Fte. Alim. 24Vcc |
| 14 | DI | Estado Interruptores Acometidas de 24Vcc |
| 15 | DI | Reserva |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Fallo Cargador en Rectificador 1 |
| 18 | DI | Fallo Red en Rectificador 1 |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 19 | DI | Alarma Tensión Anormal Salida en Rect. 1 |
| 20 | DI | Alarma Tensión Anormal Batería en Rect. 1 |
| 21 | DI | Alarma Tierra + en Rectificador 1 |
| 22 | DI | Alarma Tierra - en Rectificador 1 |
| 23 | DI | Fallo Cargador en Rectificador 2 |
| 24 | DI | Fallo Red en Rectificador 2 |
| 25 | DI | Alarma Tensión Anormal Salida en Rect. 2 |
| 26 | DI | Alarma Tensión Anormal Batería en Rect. 2 |
| 27 | DI | Alarma Tierra + en Rectificador 2 |
| 28 | DI | Alarma Tierra - en Rectificador 2 |
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

Módulo entradas digitales 3 (servicios auxiliares)

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 1 | DI | Estado Int. Alimentación Inversor / Ondulador |
| 2 | DI | Alarma - 1 Inversor / Ondulador |
| 3 | DI | Alarma - 2 Inversor / Ondulador |
| 4 | DI | Alarma - 3 Inversor / Ondulador |
| 5 | DI | Alarma - 4 Inversor / Ondulador |
| 6 | DI | Alarma - 5 Inversor / Ondulador |
| 7 | DI | Estado Int. Entrada Cuadro Esenciales 230Vca |
| 8 | DI | Estado Int. Acom. desde Cuadro Esen. 230Vca |
| 9 | DI | Reserva |
| 10 | DI | Estado Int. Ent. Cuadro Fuerza y Alumbrado |
| 11 | DI | Estado Int. Acometida Control |
| 12 | DI | Estado Int. Alimentaciones a Ctos. Alumbrado |
| 13 | DI | Estado Int. Acometidas a Tomas de Corriente |
| 14 | DI | Reserva |
| 15 | DI | Disparo Protección Sobretensiones |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Señal Intrusión en Sala Principal |
| 18 | DI | Señal Sabotaje en Sala Principal |
| 19 | DI | Señal Intrusión en Cuarto de Comunicaciones |
| 20 | DI | Señal Sabotaje en Cuarto de Comunicaciones |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 21 | DI | Señal Intrusión en Celda Trafo Auxiliares |
| 22 | DI | Señal Sabotaje en Celda Trafo Auxiliares |
| 23 | DI | Señal Intrusión en Celda Trafo 13kV |
| 24 | DI | Señal Sabotaje en Celda Trafo 13kV |
| 25 | DI | Señal Intrusión en Celda Trafo Rect. 1 |
| 26 | DI | Señal Sabotaje en Celda Trafo Rect. 1 |
| 27 | DI | Señal Intrusión en Celda Trafo Rect. 2 |
| 28 | DI | Señal Sabotaje en Celda Trafo Rect. 2 |
| 29 | DI | Señal Intrusión en Celda Trafo Rect. 3 |
| 30 | DI | Señal Sabotaje en Celda Trafo Rect. 3 |
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

1.5.8.3 Protección celdas BT

Módulo salidas digitales 1 (servicios auxiliares)

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---------------------------|
| 1 | DO | Orden Cerrar Q1 |
| 2 | DO | Orden Abrir Q1 |
| 3 | DO | Activar Bobina Q1 |
| 4 | DO | Señalización Disparo Q1 |
| 5 | DO | Señalización Q1 Abierto |
| 6 | DO | Señalización Q1 Cerrado |
| 7 | DO | Reserva |
| 8 | DO | Reserva |
| 9 | DO | Reserva |
| 10 | DO | Marcha / Paro Extractor 1 |
| 11 | DO | Marcha / Paro Extractor 2 |
| 12 | DO | Marcha / Paro Extractor 3 |
| 13 | DO | Marcha / Paro Extractor 4 |
| 14 | DO | Marcha / Paro Extractor 5 |
| 15 | DO | Marcha / Paro Extractor 6 |
| 16 | DO | Reserva |

Módulo entradas analógicas 1 (servicios auxiliares)

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--|
| 1 | AI | Medida Analógica Tensión en Embarrado 110Vcc |
| 2 | AI | Medida Analógica Tensión en Embarrado 24Vcc |

1.5.9 PLC Telemando

Módulo entradas digitales 1

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|---|
| 1 | DI | Alarma Switch Telemando |
| 2 | DI | Alarma Switch Celda nº1 30 kV (Acom. 1) |
| 3 | DI | Alarma Switch Celda nº2 30 kV (Acom. 2) |
| 4 | DI | Alarma Switch Celda nº5 30 kV (GR1) |
| 5 | DI | Alarma Switch Celda nº6 30 kV (GR2) |
| 6 | DI | Reserva Alarma Switch GR3 |
| 7 | DI | Alarma Switch Celda nº7 30 kV (13kV) |
| 8 | DI | Reserva Alarma Switch (Anillo) |
| 9 | DI | Alarma Switch Celda nº8 30 kV (SSAA) |
| 10 | DI | Alarma Switch Celda nº4 CC (by-pass) |
| 11 | DI | Alarma Switch Celda nº5 CC (retornos) |
| 12 | DI | Alarma Switch Celda nº6 CC (Feeder1) |
| 13 | DI | Alarma Switch Celda nº7 CC (Feeder2) |
| 14 | DI | Alarma Switch Celda nº8 CC (Feeder3) |
| 15 | DI | Alarma Switch Celda nº9 CC (Feeder4) |
| 16 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |
| 17 | DI | Alarma Switch Cuadro General Baja Tensión |
| 18 | DI | Selección Mando Local |
| 19 | DI | Selección Mando Remoto |
| 20 | DI | Reserva |
| 21 | DI | Reserva |
| 22 | DI | Reserva |
| 23 | DI | Reserva |
| 24 | DI | Reserva |
| 25 | DI | Reserva |
| 26 | DI | Reserva |
| 27 | DI | Reserva |
| 28 | DI | Reserva |
| 29 | DI | Reserva |
| 30 | DI | Reserva |

| Nº E/S | Tipo | Descripción de la E/S |
|--------|------|--------------------------------|
| 31 | DI | Reserva |
| 32 | DI | Vigilancia Alimentación Módulo |

1.6 Funcionalidad del sistema

A continuación, se van a describir las condiciones de funcionamiento de los distintos componentes del sistema de control:

1.6.1 PLC's Acometida 1 y 2

Elementos sobre los que actúan:

- Disyuntores acometida 1 y 2.
- Seccionadores de línea 1 y 2 (enclavados mecánicamente)
- Seccionadores de tierra 1 y 2 (enclavados mecánicamente)

DISYUNTORES

Desconexión:

- No hay condiciones que la impidan.

Disparos:

- Por actuación de las setas.
- Por seccionador puesta a tierra indefinido o el propio disyuntor indefinido.
- Por avería del relé de protección.
- Por sobrecarga o cortocircuito trifásico y homopolar.
- Por acoplamiento de líneas.
- Por fallo del PLC de Servicios Auxiliares (temporizado 5 horas).
- Disparos con bloqueo.
- Disparos externos al PLC con bloqueo.

Condiciones para la conexión:

- No debe haber alarma de SF6.
- Seccionador puesta a tierra abierto.
- No debe haber disparo, ni bloqueo.
- Seccionadores c.c. de ambos grupos abiertos.
- Disyuntor de la otra acometida abierto.
- Fallo tensión en la otra acometida.

Conexión automática entre acometidas:

En el caso de que se haya producido un fallo en la acometida actual y la Subestación esté en Telemando, a los 5 segundos, si se detecta tensión en la otra acometida, el sistema ordenará la desconexión de la acometida con fallo de tensión. Posteriormente ordenará el cierre de la acometida en reserva.

1.6.2 PLC's Grupos Rectificadores 1 y 2

Elementos sobre los que actúan:

- Disyuntores
- Seccionadores PAT (enclavados mecánicamente).
- Seccionadores de línea (enclavado mecánicamente).
- Seccionadores CC.
- Carros rectificadores.
- Puertas filtros.

DISYUNTORES

Desconexión:

- No hay condiciones que la impidan.

Disparos:

- Por falta de 30 kV, durante más de 30 segundos.
- Por actuación de las setas.
- Por paso a indefinido del seccionador de c.c.
- Por paso a indefinido del carro del disyuntor.
- Por paso a indefinido del carro del rectificador.
- Puesta a masa de las celdas c.c.
- Por maniobra manual o eléctrica del seccionador de c.c. propio o del otro grupo con las puertas de filtros o transformador grupo abiertas.
- Por retorno de energía propio.
- Por retorno de energía del otro grupo si el seccionador de c.c de este está cerrado.
- Por apertura de la puerta del transformador o de los filtros del otro grupo si el seccionador de c.c. de dicho grupo no ha abierto al cabo de 3 segundos.
- Por no abrir el contacto EDL de algún feeder al cabo de 10 segundos.
- Por avería del relé de protección.
- Por fusión del fusible de placa RC.
- Por fusión de un fusible de diodo.
- Por fusión del fusible de filtros.
- Por maniobra manual del seccionador c.c.
- Por sobrecarga o cortocircuito trifásico u homopolar.
- Por temperatura transformador 2º nivel.
- Por temperatura rectificador 2º nivel.
- Por falta de tensión de 400 Vc.a. en SS/AA.
- Por apertura de la puerta del transformador.
- Por apertura de la puerta de filtros.
- Disparos externos al PLC, con bloqueo.
- Disparos con bloqueo.
- Disparos exteriores al PLC.

Condiciones de conexión:

- Seccionador p.a.t. abierto o carro disyuntor en prueba.
- No debe haber disparo, ni bloqueo.
- No debe haber alarma temperatura trafo (1er nivel).
- No debe haber alarma temperatura de rectificador (1er nivel).
- No debe haber alarma de SF6.
- No debe haber ningún disyuntor de feeder cerrado con el carro enchufado si el otro grupo está desconectado.
- Seccionadores c.c. propio abierto.

SECCIONADOR DE C.C.

Desconexión general: (condiciones que lo permiten)

- Disyuntor abierto.
- Manivela mando manual no actuada.

Desconexión automática:

- Condiciones que la permiten:
 - Disyuntor abierto.
 - Intensidad en c.c. nula.
 - Manivela mando manual no actuada.
- Condiciones que la provocan:
 - Apertura puerta filtros.
 - Apertura puerta transformadores.
 - Retorno de energía propio.
 - Fusión fusible RC.
 - Fusión fusible diodo.
 - Fusión fusible filtros.

Condiciones de conexión:

- Disyuntor abierto.
- Manivela mando manual no actuada.
- No debe haber orden de apertura automática.
- No debe haber disparo, ni bloqueo.

PERMISO MANIOBRA CARRO RECTIFICADOR:

- Disyuntor abierto.

PERMISO APERTURA PUERTA CELDA FILTROS.

- Enclavado mecánicamente: Seccionador p.a.t.
- Enclavado mecánicamente: Puerta celda trafo .
- Señalización de la lámpara roja de avería en celda c.c.
- Por cualquier defecto en la parte de c.c. del grupo, siempre que esté en local:
 - Fusión fusible placa RC.
 - Fusión fusible diodo.
 - Fusión fusible filtros.
 - Apertura puerta filtros.
 - Alarma temperatura Rectificador.
 - Disparo temperatura Rectificador.
 - Automática caído en celda de C.C.
 - Retorno de energía propio.
 - Seccionador c.c. indefinido.
 - Carro rectificador indefinido.

1.6.3 PLC Feeders 1, 2, 3 y 4 y By-pass

DISYUNTOR EXTRARRÁPIDO

A diferencia de los disyuntores de c.a. de la S/E, que tienen bobina de cierre, disparo y carga de muelles, el disyuntor de c.c., tiene una bobina de cierre por la que tiene que estar pasando una corriente de mantenimiento mientras el disyuntor está cerrado. De esta forma, las órdenes de conexión y desconexión actúan como sigue:

Conexión:

- Reactivan las salidas "permanencia" y "economía" excitando 2 contactos que actúan sobre la bobina de cierre, aplicándolos una tensión directa de 110 Vcc con lo que se produce el cierre del disyuntor (I bobina = 10 A)
- Se desactiva la salida "economía", de forma que se intercala en el circuito de la bobina una resistencia de 210 Ω , que reduce la corriente en la bobina a 0,5 A aproximadamente, de forma permanente para mantener cerrado el disyuntor.

Desconexión:

- Si la desconexión es por orden o por cualquier disparo generado por el PLC, se efectúa desactivando la salida "permanencia", de forma que se corta la corriente de mantenimiento en la bobina de cierre, y el disyuntor abre debido a la acción de los muelles antagonistas.
- Si la desconexión es debida a que la intensidad que circula por el disyuntor es superior a la tarada en sus relés estáticos, la bobina de disparo actúa mecánicamente sobre una horquilla que hace abrir el disyuntor, y acto seguido se desactiva la salida "permanencia", hasta que se efectúa la orden de reenganche.

Tiene dos tipos de disparos:

Sin reenganche:

- Orden de desconexión manual.
- Por falta de 30 kV durante más de 30 segundos.
- Por actuación de las setas.
- Por no abrir el contactor EDL de algún feeder al cabo de 10 segundos.
- Por puesta a masa de las celdas de c.c.
- Por maniobra manual o eléctrica del seccionador de c.c. de un grupo rectificador si la puerta del transformador o la de filtros de dicho grupo está abierta.
- Por retorno de energía de un grupo rectificador si el seccionador de c.c de éste está cerrado.
- Por apertura de la puerta del transformador o de la puerta de filtros de un grupo rectificador, si el seccionador de c.c. de dicho grupo no ha abierto al cabo de 3 segundos.
- Detección de movimiento o indefinición de alguno de los seccionador de by-pass / salida.
- Arrastre desde otro feeder de la propia S/E o de una colateral.
- Carro feeder indefinido.
- Por fallo del PLC de SS/AA.
- Disparos exteriores al PLC.
- Disparos exteriores al PLC, con bloqueo.

Con reenganche:

En este tipo de disparos, se produce un reenganche automático del disyuntor siempre y cuando el nº de disparos haya sido inferior a 3 en el intervalo de 1 minuto.

- Las causas que los pueden provocar son las siguientes:
 - Actuación de los relés estáticos del disyuntor.
 - Delta de intensidad máxima o mínima.
 - Intensidad máxima.
 - Tensión por debajo de un nivel mínimo tanto en las barras como en la salida.

Conexión:

La conexión no puede realizarse si existe bloqueo, orden de desconexión o disparo.

Las causas que producen el bloqueo pueden ser previas a la secuencia de conexión, o después de la misma, son las siguientes:

- Fusión fusible placa EDL.
- Fallo de los transductores de tensión.
- Fallo del transductor de ensayo de línea.
- Nº máximo de reenganches alcanzado.
- Defecto del disyuntor al dar la orden de conectar.
- Diferencia de tensión excesiva.
- Resistencia analizada inferior a la mínima establecida.
- Tensión de barras o feeder por debajo de la mínima permitida.
- Bloqueo temporal entre series de ensayos (entre la 1ª y 2ª, 1 minuto. Entre la 2ª y 3ª, 5 minutos. Entre la 3ª y 4ª, 15 minutos. Entre 4ª y 5ª, 1 hora).

Secuencias de conexión del disyuntor extrarrápido:

Condiciones:

- La tensión de barras procedente de los grupos rectificadores debe ser mayor que $U_{min} = 1000 \text{ V}$, o bien el carro debe estar seccionado.
- La tensión de feeder debe ser mayor que $U_{min} = 1000\text{V}$ o menor que $U_{res} = 250 \text{ V}$; si $U_{res} < U_{feeder} < U_{min}$ espera un tiempo de 10 segundos y al cabo de este tiempo, da bloqueo por tensiones defectuosas.
- Si la tensión de feeder es mayor que U_{min} , se realiza una comparación de tensión entre la de barras y la de feeder.
- Si $U_{barras} - U_{feeder} < DU = 300 \text{ V}$ el disyuntor conecta, en caso contrario espera 30 segundos y posteriormente produce bloqueo por diferencia de tensión.
- Si $U_{feeder} < U_{res} = 250 \text{ V}$, se considera que no hay tensión y se realiza ensayo de línea, hasta un máximo de 4, mediante el contacto y la resistencia limitadora. Si la resistencia medida en un ensayo es $> R_{min} = 3,3 \Omega$, el disyuntor conecta. En caso contrario, vuelve a realizar otro, espaciado 10 segundos hasta un máximo de 4. Si en el último, $R < R_{min}$, se bloquea por resistencia mínima.

SECCIONADOR EN POSICIÓN DE SALIDA

Los enclavamientos comunes para conexión son:

- Disyuntor abierto.
- Manivela propia no actuada.
- No se está realizando secuencia de conexión del disyuntor.

SECCIONADOR EN POSICIÓN BY-PASS

Los enclavamientos son iguales para conexión son:

- Disyuntor abierto.
- Manivela propia no actuada.
- No hay secuencia de conexión del disyuntor.

PERMISO CARRO DISYUNTOR FEEDER

- Disyuntor abierto.
- No hay orden de conexión del disyuntor.
- No se está realizando secuencia de conexión del disyuntor.

SEÑALIZACIÓN DE LA LÁMPARA ROJA DE AVERÍA

Por cualquier de las siguientes causas, siempre que está en local:

- Bloqueo.

- Carro de feeder indefinido (No, para el by-pass).
- Seccionador de salida/ by-pass indefinido.
- Disyuntor indefinido.
- Fusión de fusibles EDL.
- Disparo con reenganche.
- Automático caído.
- Fallo transductores de tensión.

1.6.4 PLC de Retorno y arrastres

RETORNO

En este PLC se generan los siguientes disparos:

- Disparo por falta de tensión de 30 KV
- Disparo por retorno de energía de un grupo rectificador, si su seccionador de c.c. permanece cerrado.
- Disparo por maniobras indebidas de los seccionadores de c.c. de los grupos o de las puertas de trafos de grupos o bobinas de alisamiento.
- Disparo por quedarse cerrado un contactor de ensayo de línea de un feeder.
- Disparo por p.a.m. de las celdas de c.c., o del pórtico de seccionadores de feeders.
- Disparo por sobretensión de carril-tierra (2º nivel).
- Bloqueo de los disyuntores de grupo, si todos están abiertos y acoplados y algún disyuntor de feeder está cerrado y con el carro enchufado.

Cualquiera de estos disparos, junto con la desconexión general por setas de emergencia, y la desconexión general desde el telemando, generan la señal de bloqueo retornos, que queda memorizada hasta su desbloqueo desde la celda de retornos o desde el panel de servicios auxiliares.

Los disparos por p.a.m., la desconexión general por setas, los disparos por maniobras indebidas en los grupos y el disparo por quedarse cerrado un contactor de ensayo de línea de un feeder, sólo son rearmables en local desde la propia subestación.

ARRASTRES

El proceso de arrastre de colaterales se llevará a cabo cuando se dé una de las siguientes circunstancias:

- Desconexión de un disyuntor de feeder por falta eléctrica en catenaria
- Desconexión de todos los disyuntores de feeder por defecto en estructura.

En el primer caso, el relé de protección selectivo que detectará la falta eléctrica en catenaria enviará una señal al disyuntor correspondiente de la subestación que lo hará disparar. Todos los disyuntores se quedarán bloqueados en esta posición y solo se podrán desbloquear cuando esté liberado el fallo, pudiéndose hacer de forma local o a distancia.

En el segundo caso, se dará un orden de arrastre a las dos subestaciones colaterales, provocando la desconexión de todos los disyuntores extrarrápidos de feeder. Una vez se haya solventado el problema, se podrán desbloquear todos los disyuntores de forma local o a distancia.

1.6.5 PLC de la red de 13kV

Elementos sobre los que actúa:

- Disyuntor de 30 kV de la línea de 13 kV.

- Seccionador de línea (enclavado mecánicamente).
- Seccionador de tierra (enclavado mecánicamente).
- Permiso apertura celda transformador 30/13 kV (enclavado mecánicamente).
- Disyuntor de 13 kV general.
- Disyuntor de 13 kV de la línea 1 de 13 kV.
- Disyuntor de 13 kV de la línea 2 de 13 kV.

DISYUNTOR DE 30 KV

Desconexión:

- No hay condiciones que la impidan

Disparos:

- Por falta de 30 kV, durante más de 30 segundos.
- Por actuación de las setas.
- Seccionador de p.a.t. indefinido o el propio disyuntor indefinido.
- Por avería del relé de protección.
- Por apertura puerta transformador de 30/13 kV.
- Por sobrecarga ó cortocircuito trifásico y homopolar.
- Por 2º nivel de temperatura de transformador 30/13 kV.
- Disparos con bloqueo.
- Disparos externos al PLC con bloqueo.

Condiciones para la conexión:

- Seccionador p.a.t. abierto.
- No debe haber disparo, ni bloqueo.
- No debe haber alarma de SF6.
- No debe haber alarma temperatura transformador 30/13 kV (1º nivel).

DISYUNTOR LINEA 1 / LINEA 2 DE 13 KV

Desconexión:

- No hay condiciones que la impidan

Disparos:

- Por actuación de las setas.
- Seccionador de p.a.t. indefinido o el propio disyuntor indefinido.
- Por avería del relé de protección.
- Por sobrecarga ó cortocircuito trifásico y homopolar.
- Disparos con bloqueo.
- Disparos externos al PLC con bloqueo.

Condiciones para la conexión:

- Seccionador p.a.t. abierto.
- No debe haber disparo, ni bloqueo.
- No debe haber alarma de SF6.

1.6.6 PLC servicios auxiliares

SERVICIOS AUXILIARES

Elementos sobre los que actúa:

- Disyuntor de 30 kV de Servicios Auxiliares.
- Seccionador de línea (enclavado mecánicamente)
- Seccionador de tierra (enclavado mecánicamente)

- Permiso apertura celda transformador SS/AA.(enclavado mecánicamente)

DISYUNTOR

Desconexión:

- No hay condiciones que la impidan

Disparos:

- Por falta de 30 kV, durante más de 30 segundos.
- Por actuación de las setas.
- Seccionador de p.a.t. indefinido o el propio disyuntor indefinido.
- Por avería del relé de protección.
- Por apertura puerta transformador de SS/AA.
- Por sobrecarga o cortocircuito trifásico y homopolar.
- Por 2º nivel de temperatura de transformador SS/AA.
- Disparos con bloqueo.
- Disparos externos al PLC con bloqueo.

Condiciones para la conexión:

- Seccionador p.a.t. abierto.
- No debe haber disparo, ni bloqueo.
- No debe haber alarma de SF6.
- No debe haber alarma temperatura transformador SS/AA (1er nivel).

Reconexión automática:

- En el caso de que se haya producido un fallo o parada del PLC de SS/AA y la Subestación esté en Telemando, a los 5 segundos de volver a arrancar, se produce una reconexión automática del disyuntor, siempre y cuando no haya habido una orden de desconexión en ese tiempo y el disyuntor de B.T. de SS/AA esté cerrado, y 5 segundos más tarde se produce una reconexión del disyuntor de señales, siempre y cuando esté cerrado el seccionador y la tensión de 230 V de señales de tráfico esté dentro de los límites establecidos.

2. SISTEMA DE PROTECCIÓN EN CORRIENTE CONTINUA

Los sistemas de protección a implementar en las cabinas de corriente continua serán:

2.1 Sistema de ensayo de línea (EDL)

Estará integrado en la cabina de feeder y gestionado por el PLC de feeder. Estos dispositivos servirán para verificar el aislamiento y la resistencia de aislamiento de la catenaria, y permitirá un reenganche automático rápido (5s).

La resistencia de la catenaria será medida haciendo pasar por ella una corriente de ensayo de 1 A aproximadamente, controlando al mismo tiempo el valor de la tensión residual que cae en la catenaria. Si la resistencia así medida es superior al valor ajustado en el aparato, este permitirá el orden de conexión, por el contrario, si la resistencia medida es inferior al valor ajustado, el aparato no dará el orden de conexión efectuando una serie de ensayos, normalmente cuatro, cada 10 s, al final de los cuales si la resistencia en catenaria no ha aumentado y por tanto no se ha producido la conexión del disyuntor, se producirá el bloqueo del aparato, dando una señal de salida de este bloqueo.

En el caso de que exista algún defecto en el circuito de conexión del disyuntor y la catenaria en orden, este dispositivo será capaz de diferenciarlos dando el orden de bloqueo después del primer ensayo efectuado.

La medida de aislamiento de la catenaria será ejecutada con la tensión real de alimentación 1500 Vcc. Todas las fluctuaciones de tensión en catenaria serán detectadas y compensadas automáticamente para no producir error en la medida de tensión en catenaria, impidiendo por otra parte el orden reconexión con tensiones demasiado bajas.

Los circuitos de medida a 1500 Vcc estarán separados galvánicamente de los circuitos de la PLC mediante convertidores con aislamiento galvánico para 15 kV, 50 Hz, 1 min.

2.2 Sistema comparador de línea (DDT)

Estará integrado en la cabina de feeder y gestionado desde el PLC de feeder. En el caso que en el momento de conexionar un feeder ya exista tensión en la línea debido a otra subestación colateral, será necesario que antes de cerrar automáticamente el extra rápido, se analice la tensión en catenaria comparándola con la tensión de salida de los rectificadores de la subestación, y bloqueando la conexión en caso que la diferencia supere un valor límite de seguridad.

2.3 Sistema de detección de defecto de línea (DDL)

Estará integrado en la cabina de feeder y gestionado desde el PLC de feeder. Este sistema se compondrá de los siguientes elementos:

- Un captador de la señal real de corriente, consistente en un shunt de 2500 A, 60 mV, aislamiento 15 kV, montado en la salida de feeder de c.c.
- Un convertidor de corriente continua a corriente continua que reciba la señal del shunt anterior y la amplifique con las siguientes relaciones:

| | |
|--|----------------|
| - Entrada 0 / 60 mV | salida 0 / 5 V |
| - Entrada 0 / 90 mV | salida 0 / 5 V |
| - Entrada 0 / 150 mV | salida 0 / 5 V |
| - Salida lineal sin distorsión hasta 7,5 V | |

Este convertidor deberá de separar galvánicamente la entrada en (mV), con una tensión de aislamiento de 15 kV, 50 Hz, 1 min.

Esta señal de salida de convertidor ya aislada, será proporcional en todo momento a la tensión real del feeder y servirá, por una parte para alimentar el voltímetro del feeder, y por otra de referencia en el sistema comparador de tensiones que se describe a continuación:

- Un sistema de detección de defecto de línea y análisis de las señales de corriente enviadas por el convertidor cc/cc anteriores

Este sistema integrado en la PLC estará compuesto de una parte de medida, análisis de la señal mediante microprocesador y otra parte de prueba, medida y relés de salida, de señalización y desconexión del disyuntor.

2.4 Sistema de protección y vigilancia contra defectos de estructura

Estará integrado en la cabina de retorno y gestionado desde el PLC de retorno.

En el caso de detección de un defecto eléctrico a tierra en cualquier envolvente metálico de la subestación, localizado cuando la intensidad del transductor de puesta a tierra supera la intensidad ajustada o través de la tensión estructura (tierra) – negativo supera la tensión ajustada, y que provocará:

- Desconexión de todos los extrarrápidos de feeder.
- Desconexión de todos los disyuntores de grupos rectificador.
- Emisión de arrastre hacia todos los feeders correspondientes a subestaciones colaterales.

2.5 Sistema de protección y vigilancia de la tensión negativa - tierra

Estará integrado en la cabina de retorno y gestionado desde el PLC de retorno.

La descripción del sistema es el siguiente:

- La tensión que se presente entre los extremos del interruptor de descarga se comparará con dos niveles de valores ajustables, uno de alarma y otro de desconexión. Sobrepasar el segundo límite provocará:
 - Desconexión de todos los extrarrápidos de feeder.
 - Desconexión de todos los disyuntores de grupo.

2.6 Arrastre de subestaciones colaterales

El sistema está implementado en el armario de arrastres y gestionado por el PLC de arrastres.

El proceso de arrastre de colaterales se llevará a cabo cuando se dé una de las siguientes circunstancias:

- Desconexión de un disyuntor de feeder por falta eléctrica en catenaria
- Desconexión de todos los disyuntores de feeder por puesta a masa estructura.

En el primer caso, el relé de protección selectivo que detectará la falta eléctrica en catenaria enviará una señal al disyuntor correspondiente de la subestación que lo hará disparar. Todos los disyuntores se quedarán bloqueados en esta posición y solo se podrán desbloquear cuando esté liberado el fallo, pudiéndose hacer de forma local o a distancia.

En el segundo caso, se dará un orden de arrastre a todas dos subestaciones colaterales, provocando la desconexión de todos los disyuntores extrarrápidos de feeder. Una vez se tenga que determinar el origen de la subida de tensión y se haya solventado el problema, se podrán desbloquear todos los disyuntores de forma local o a distancia.

3. SISTEMA DE COMUNICACIONES

La Subestación de Bentaberri forma parte de una arquitectura en donde existe un Puesto de Mando Central localizado en Amara al cual se enviará información de cada una de las subestaciones que forman dicha red. El Puesto de mando tiene la posibilidad de mando sobre todas las S/E.

La comunicación entre el Puesto de mando Central de Amara y la subestación de Bentaberri se realizará a través de la red de comunicaciones de ETS.

El sistema de comunicaciones de la subestación se compondrá a nivel físico de conductores:

- Fibra óptica.

El PLC Maestro de telemando estará provisto de switch para conexión a la fibra óptica, de tal forma que se permita la comunicación de datos del telemando de la subestación a través de la red multiservicio de ETS.

3.1 Protocolo de comunicaciones

La comunicación entre la S/E y el Puesto Central de Telemando de Energía se realizará mediante el protocolo estándar IEC 6870-5-104.

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ARRASTRES

4.1 Introducción

Un sistema de arrastres, es la transmisión de la señal de apertura de un extrarrápido en una Subestación Rectificadora, en Servicio, por actuación de la protección D.D.L. o di/dt inherente a él, hasta otra Subestación Rectificadora colateral que alimenta el mismo sector de tracción y posterior apertura del extrarrápido del feeder correspondiente, ejecutándose en el menor tiempo posible.

Los elementos que componen este sistema son los siguientes

- Comunicación de la señal de arrastres mediante PLC's
- Equipo de arrastres

4.2 Comunicación mediante PLC's

Existirán dos PLC's, uno por cada lado, para la transmisión de las señales entre subestaciones colaterales.

La comunicación de la señal de arrastres se realizará a través de cable de FO.

4.3 Gestión de la señal de arrastres

4.3.1 Generalidades

El equipo encargado de la gestión de los arrastres es el PLC de retorno y arrastres. Este PLC, al conocer el estado de los Feeders de corriente continua así como de la barra de By-pass, gestiona la emisión y recepción de la señal de arrastres, propagando la señal a los Feeders correspondientes.

La lógica del programa de gestión de arrastres se integra en el control distribuido de la Subestación Rectificadora.

La gestión de arrastres de una Subestación Rectificadora, por razones de seguridad, exige el conocimiento del estado de los seccionadores de salida de Feeder. El estado de estos seccionadores es normalmente cerrados.

De todos aquellos seccionadores de línea situados en estaciones o interestaciones que no tengan asociado el inicio de un sector de tracción no se dispondrá de información de estado en el control distribuido de la Subestación Rectificadora considerándose por razones de seguridad que su estado es normalmente cerrado, correspondiéndose a una explotación en paralelo de la línea.

El tipo de señales entre colaterales a gestionar por los PLC's encargados de la comunicación son tres:

- Recepciones de arrastre: Señales enviadas desde las subestaciones colaterales y normalmente activas. Existe una señal por cada Feeder de tracción.
- Emisiones de arrastre: Señales generadas en el PLC y normalmente a cero. Se activan cuando se cumplen las condiciones necesarias. Existe una señal por cada Feeder de tracción.
- Fallo de comunicaciones: Estas señales están activas normalmente, y pasan a cero cuando se interrumpe la comunicación con las subestaciones colaterales. Existe una

señal de fallo de comunicación por cada Subestación Rectificadora colateral (normalmente 2).

- Inhibición de arrastres: Esta señal permite inhibir la orden de arrastre de la Subestación Rectificadora colateral.

4.3.2 Gestión de la emisión y recepción de arrastres

La gestión de la emisión y recepción de arrastres depende del estado de la señal de activación/inhibición de arrastres integrada y gestionada en el PLC de Gestión de arrastres.

La gestión de los arrastres se lleva a cabo de forma diferente según se trate de la recepción o la emisión de dichos arrastres, siempre que no se encuentra inhibido el arrastre correspondiente del sector de tracción en cuestión.

- Emisión de arrastres: Señal generada en el PLC y normalmente a cero. Se activa cuando se cumplen las condiciones necesarias, expuestas. En el caso de que la condición que origina la emisión de arrastre se genere en otro PLC que no sea el de Gestión de arrastres, se envía la señal a este PLC únicamente por medio del bus de comunicaciones. Una vez recogida esta señal en el PLC de Gestión de arrastres desde el mismo se envía al equipo.
- Recepción de arrastres: Señales enviadas desde las subestaciones colaterales y normalmente activas. Se considerará que existe recepción de arrastre cuando la señal se pone a cero. La gestión de la recepción de arrastres se lleva a cabo por dos caminos paralelos, asegurando de esta manera la protección y la rapidez en la desconexión del Feeder correspondiente.

La filosofía que se aplicara a la emisión y recepción de arrastre será la siguiente:

- Habrá una orden de desconexión directa desde el PLC de Gestión de arrastres al disyuntor de Feeder que le corresponda.
- Habrá una orden de desconexión desde el PLC de Gestión de arrastres al PLC de Feeder que le corresponda el cual a su vez emitirá la orden de desconexión al disyuntor inherente al mismo. Esta orden se transmitirá por medio de cableado entre salidas y entradas de dichos PLC's.
- Además de esta forma de gestionar la recepción de arrastres, también se envía la señal de disparo desde el PLC de Gestión de arrastres al PLC de Feeder por medio del bus de comunicación, gestionando el programa del PLC de Feeder el disparo del disyuntor
- En caso de fallo del PLC de Gestor de arrastres se producirá un disparo de todos los Feeders de la Subestación Rectificadora, emitiendo sus arrastres correspondientes, no produciéndose ningún bloqueo de Feeders. Esta situación se enviará al Puesto Central de Telemando, y de esta forma el operador conocerá la causa de disparo, dejando a su elección la reposición de los Feeders.
- El estado de los seccionadores de salida de Feeder llega al PLC de Gestión de arrastres desde cada uno de los el PLC's de dichos seccionadores por medio del bus de comunicación y mediante cableado convencional.
- De todos aquellos seccionadores de l línea situados en estaciones o interestaciones que no tengan asociado el inicio de un sector de tracción no se dispondrá de información de estado en el control distribuido de la Subestación Rectificadora considerándose por razones de seguridad que su estado es normalmente cerrado, correspondiéndose a una explotación en paralelo de la línea.

4.3.3 Condiciones en la recepción de arrastre

Ante la recepción de arrastres o puesta a cero de esta señal, normalmente a uno, se toman las siguientes medidas siempre que el equipo de arrastres no esté inhibido:

- Se genera un disparo al Feeder afectado.
- Si el conmutador de barras de dicho Feeder está sobre barra by-pass, se comprueba la posición del Feeder o Feeders de reserva (conectados o desconectados) y se generan disparos a aquellos Feeders que confirmen su conexión.
- Si la señal de arrastre permanece más de (5 -15) segundos y no se confirma el fallo en las comunicaciones, se considerará que existe una puesta a masa en la Subestación Rectificadora colateral y se generará un disparo local al Feeder correspondiente. Al igual que en el punto 2 y 3 también se generan los mismos disparos a cualquier otro Feeder que se encuentre en servicio, con el afectado.
- Estas actuaciones dejarán de realizarse cuando; se normalicen las señales de arrastres, se confirme que existe un fallo de comunicaciones real, o se inhiban los arrastres.

4.3.4 Condiciones en la emisión de arrastre

Se genera una emisión de disparo (activación de la salida durante 2 segundos) por el Feeder correspondiente cuando se den cualquiera de las señales siguientes y siempre que el equipo de arrastres no esté inhibido:

- Disparo por DDL máxima o mínima en Feeders.

Se genera una emisión de disparo (permanente) cuando se presentan cualquiera de las siguientes señales:

- Detección de Puesta a Masa. Esta señal afecta a las emisiones de arrastre de todos los Feeders.

El PLC nunca genera emisiones de arrastre en las siguientes condiciones:

- Seccionador de línea de puente asociado a la señal de arrastre en confirmado abierto y su PLC sin errores.
- Presencia previa de recepción de arrastre por el mismo Feeder, para evitar un posible bucle cerrado.
- Los seccionadores de punta de Feeder están abiertos

4.4 Propagación de los arrastres

Tanto las señales de disparo generadas en cada Feeder, así como la recepción de arrastre en cada uno de ellos es analizada por el PLC de forma que se emitirá arrastre por otros Feeders cuando se cumpla que:

- El Feeder causante confirma la posición de su conmutador sobre barras de bypass.
- El Feeder a tratar confirma la posición de su conmutador sobre barras bypass.

Esta situación se normaliza cuando:

- Desaparezcan las causas de disparo.
- El Feeder afectado deje de tener su conmutador de salida sobre barras bypass.

4.5 Fallo de comunicaciones y autorrearme del fallo de comunicaciones

En el caso de fallo de comunicación con una Subestación Rectificadora colateral, pasan a cero las señales de emisión de arrastre de los Feeders afectados y la señal de fallo de comunicaciones.

Ante esta situación se realizan las siguientes acciones:

- Se considera que existe recepción de arrastre y se generan los disparos necesarios.
- Si esta situación persiste durante más de 3 segundos, se considera que la falta de comunicación es real y se anulan internamente en el PLC los disparos por arrastre para permitir el rearme.
- Si cualquiera de las señales afectadas (fallo de comunicación o recepción) pasan a estado normal durante más de 2 segundos, se considerará que la comunicación ha quedado restablecida y el sistema anula la señal de autorrearme.

4.6 Acciones del operador

El operador desde el Puesto Central de Telemando tendrá la posibilidad de inhibir la emisión y la recepción de arrastres por cada uno de los sectores de tracción, pudiéndose bloquear desde el telemando para evitar órdenes incorrectas. En la propia Subestación Rectificadora se dispondrá de un selector con dos posiciones para activar/inhibir arrastres, por sector de tracción.

Dependiendo del modo de funcionamiento en el cual esté la Subestación Rectificadora, local/distancia, se tendrá en cuenta la información recibida desde el Puesto Central de Telemando ó la recibida desde la propia Subestación Rectificadora.

4.7 Descripción de las órdenes y señales

Señales

- Emisión de arrastre por Feeder.
- Disparo del Feeder
- Recepción de arrastre por Feeder.
- Fallo de comunicaciones.
- Seccionador de salida de Feeder abierto
- Seccionador de salida de Feeder cerrado
- Fallo en circuito de arrastres.
- Fallo en relé run de circuito de arrastres.

Ordenes

- Inhibir/Desinhibir del equipo de arrastres.

5. SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y MANDO

5.1 Descripción general

El sistema SCADA consiste en un paquete de software SCADA, ordenadores personales y hardware de red industrial estándar. El sistema SCADA lee y escribe datos en los controladores de campo, archiva datos históricos y ofrece informes y pantallas gráficas de forma que los operarios, supervisores y personal de mantenimiento pueda rápida y fácilmente mantener y utilizar el sistema.

El propietario desea firmemente adquirir un solo paquete de software integrado SCADA de un proveedor para reducir los requisitos de soporte. Está previsto que todas las funciones básicas de SCADA integradas, como los controladores de comunicación, las funciones gráficas, la elaboración de informes, el almacenamiento histórico, las pantallas de tendencias y alarmas y el entorno de desarrollo se ofrezcan como un solo paquete de software integrado o serie de paquetes. En caso de que el software de varios proveedores debe cumplir los requisitos de esta especificación, los componentes de software y los proveedores deberán enumerarse específicamente.

El paquete de software SCADA ofrecido admite los siguientes sistemas operativos de Microsoft:

- Windows 2000
- Windows XP
- Windows 7
- Windows 10

El software SCADA admite implementaciones de desarrollo y tiempo de ejecución en todos esos sistemas operativos. El software SCADA debe admitir las implementaciones que conlleven una combinación de cualquiera de los sistemas operativos anteriormente indicados.

El software SCADA se debe poder configurar como una sola base de datos global independientemente del número de nodos del sistema. Debe ser posible efectuar cambios de configuración en la base de datos global en cualquier nodo del sistema de forma completamente transparente para el usuario. Cada nodo SCADA debe presentar la opción de tener la base de datos localmente para reducir el tráfico de red o bien acceder a la base de datos de forma remota en un entorno de archivos en redes con elevadas funciones de banda ancha.

5.2 Conectividad y comunicación con los dispositivos de campo

El software empleará servidores de E/S (entradas/salidas) para leer y escribir variables en y desde los controladores de campo (PLC, RTU o DCS). Los servidores de E/S gestionarán la lectura y escritura de los datos desde el subsistema de dispositivos de E/S y ofrecerán los datos cuando así lo solicite cualquier cliente de la red.

Las máquinas del servidor de E/S deberán contar con las mismas funciones de visualización gráfica que cualquiera de las demás estaciones de visualización de la red.

Los servidores de E/S mantendrán una memoria caché de datos durante un tiempo configurable, de forma que las solicitudes de varios clientes de estaciones de visualización no generen solicitudes innecesarias a los controladores de campo y lean desde la caché del servidor de E/S y no directamente preguntando a los dispositivos de campo.

El software admite servidores de E/S principales y de reserva para ofrecer redundancia automática en caso de que se produzca un fallo del servidor de E/S principal sin necesidad de que intervenga ningún usuario ni de que se realicen comandos especiales. Este cambio de un servidor de E/S principal a uno de reserva se realiza en menos de 1 segundo cuando se detecta un fallo de comunicación. El sistema debe admitir conmutación automática de comunicaciones de E/S en al menos 5 servidores de E/S de reserva para un solo controlador de campo si se instala posteriormente.

El software debe admitir rutas de comunicación redundantes para los controladores de campo (es decir, una ruta Ethernet principal y una ruta serie de reserva), así como ofrecer cambio automático a la ruta de reserva en caso de producirse un fallo de comunicación.

El software debe admitir la comunicación con los controladores de campo que tienen procesadores principales y de reserva. Si falla un procesador principal, el software detecta automáticamente el fallo y cambia a la comunicación con el procesador de reserva. Para ello no debe necesitarse la intervención del usuario, comandos especiales ni utilización de etiquetas redundantes en el software.

En el sistema deben proporcionarse alarmas de diagnóstico integradas para que notifiquen automáticamente al operario el fallo de cualquier ruta de comunicación.

Como mínimo, el software debe estar equipado con los siguientes controladores de comunicación para los controladores de campo sin cargo adicional:

- Modbus Serial
- Modbus en Ethernet (TCP/IP)
- Controlador DF1
- Controlador Ethernet Allen Bradley Controllogix
- Controlador Allen Bradley PLC5 DH+ y controlador Ethernet
- Controlador Allen Bradley SLC500 DH+ y controlador Ethernet
- Controlador Profibus
- Gama de controladores Siemens S5 y S7 de controlador Ethernet
- Controladores Ethernet y serie GE Fanuc 90/30 90/70

Como mínimo, el software debe estar equipado con las siguientes opciones de conectividad para programas o bases de datos de terceros sin cargo adicional:

- OPC Client
- OPC Server
- ODBC Client
- ODBC Server
- DDE Client
- DDE Server
- Open API

El API debe otorgar acceso a las aplicaciones de terceros escritas en C, C++, C#, VBA, Pascal o Fortran a los datos de tendencias, alarmas y etiquetas. Este API debe admitir el modelo de seguridad SCADA estándar ofrecido y permitir acceso de lectura y escritura a los datos SCADA.

El sistema debe contar con soporte integrado para planificar comunicaciones de marcación con los dispositivos de campo remotos. Las comunicaciones de marcación deben admitir una planificación de peticiones predeterminada en la que un usuario pueda configurar un número de teléfono y un horario. Esta planificación debe poder cancelarse con una petición "a demanda" en el tiempo de ejecución. La configuración debe estar basada en formas para facilitar la configuración y no necesitar comandos de usuario.

El sistema debe admitir dispositivos de campo remotos que inicien una marcación no solicitada en el sistema. Esto ocurre normalmente durante un evento de alarma de campo.

El sistema debe poder identificar automáticamente el protocolo de comunicación del dispositivo de campo que marca, establecer la comunicación y obtener los datos correspondientes.

Respecto a los dispositivos de campo remotos, en caso de que se produzca un fallo en el enlace de comunicación por cualquier motivo, cuando éste se restablezca, todos los datos de alarmas históricas, eventos y tendencias archivados por el dispositivo de campo remoto (RTU) deben reincorporarse automáticamente a los archivos de historial de alarmas y tendencias SCADA nativos. Los datos deben ser completamente visibles desde los visualizadores de alarmas y tendencias SCADA estándar.

El proveedor del software SCADA debe tener un paquete disponible para los usuarios que ofrezca facilidad para los controladores de dispositivos escritos por el usuario. El paquete debe incluir un disco de ejemplos con códigos fuente para distintos tipos de controladores que sean similares a los requisitos del usuario (por ejemplo, controlador serie, controlador TCP/IP, informe por excepción, tarjeta exclusiva, etc.).

5.3 Seguridad

La seguridad debe estar completamente integrada en el sistema SCADA con el fin de que únicamente aquellos usuarios que tengan los niveles de seguridad adecuados puedan acceder a las partes individuales del sistema. La seguridad debe comprobarse en el lado del servidor y las contraseñas deben cifrarse. Las contraseñas deben estar ocultas tanto en el entorno de configuración como en el de tiempo de ejecución para asegurarse de que otras personas no puedan acceder a otras cuentas.

El software debe admitir un número ilimitado de usuarios. Para cada usuario, debe ser posible definir una contraseña, niveles de privilegios y zonas de una planta sobre la que el usuario tenga privilegios de control o visualización.

El software debe controlar y registrar todas las acciones de control de cada usuario. Este registro debe incluir todas las acciones del operario, incluidos el inicio y el cierre de sesión en el sistema. La secuencia de acciones debe poder verse a través de una ventana de visualizador de eventos del paquete SCADA y también guardarse en un formato de archivo abierto externo (p. ej., txt, csv, dbf, xml, sql) para su posterior análisis.

Un usuario debe terminar sesión automáticamente en el software SCADA transcurrido un período de tiempo ajustable. No obstante, el cierre de sesión de un usuario no cierra el sistema; éste pasa al estado de seguridad de sólo visualización.

Debe ser posible definir un mínimo de 8 niveles de privilegios para cada usuario. El software debe realizar una comprobación para asegurarse de que el usuario conectado tiene el nivel de privilegios correcto para todas las funciones. En caso de que el usuario no disponga del privilegio adecuado para una función u objeto, el software debe mostrar un mensaje en el que se informe de ello al operario.

Para cada objeto gráfico, debe ser posible asignarlo a la zona de una planta, definir el nivel de privilegios del objeto y si está activada o desactivada la introducción de datos del operario, así como si el objeto será visible o no en función de los niveles de privilegios actuales del operario en la zona de la planta.

El software debe tener un mecanismo para poder restringir el acceso a las diferentes zonas de la planta para usuario individual o grupo de usuario. Debe ser posible definir un mínimo de 255 zonas de planta diferentes.

5.4 Pantallas gráficas

El número de pantallas gráficas que se pueden añadir al sistema no debe estar limitado por el software.

Las páginas de pantallas gráficas deben poder admitir un mínimo de 2.000 variables analógicas, con actualizaciones en tiempo real inferiores a 500 ms (para que todos los datos aparezcan o se modifiquen en la página).

Las páginas gráficas deben poder cambiar automáticamente su tamaño para ajustarse a la resolución de pantalla del ordenador de la red, independientemente de la resolución para la que se desarrollaron o configuraron las páginas e independientemente de si se utilizan vectores o gráficos de mapa de bits en la página, sin necesidad de cerrar el software SCADA, sin recompilar y sin tener que contar con varias copias de páginas gráficas para diferentes resoluciones.

El sistema gráfico debe admitir una resolución de pantalla de hasta 4.000 x 4.000 píxeles.

El sistema gráfico debe admitir gráficos completos de 32 bits (65 millones de colores) y poder mostrar imágenes importadas de paquetes de terceros para utilizarse en pantallas SCADA, incluida la animación y cambio de color de la imagen.

El software debe tener la posibilidad de ofrecer ventanas emergentes para las tendencias, los bucles y el estado y control de los dispositivos haciendo clic en objetos o puntos directos en la página de gráficos principal. El sistema de pantallas gráficas debe poder admitir 100 ventanas de visualización emergentes abiertas al mismo tiempo.

Todas las pantallas gráficas deben incluir el nombre de la página, la fecha y la hora actuales junto con los detalles de las 3 últimas alarmas que se han producido.

El usuario debe poder navegar por el sistema de gráficos utilizando toda una variedad de métodos de navegación.

Deben estar disponibles teclas de acceso rápido para ofrecer enlaces rápidos páginas de gráficos específicas desde el teclado de Windows.

Deben ofrecerse menús de navegación al estilo Windows que permitan acceder a cualquier página configurada del sistema desde cualquier otra página.

Las pantallas gráficas deben configurarse con "puntos directos", de forma que los usuarios puedan hacer clic en la zona y desglosarla en una vista detallada (en su caso) de la zona de la planta.

El entorno de configuración gráfica debe poder admitir como mínimo los siguientes objetos gráficos dinámicos:

- Líneas de libre trazo
- Líneas rectas
- Líneas múltiples
- Rectángulos (incluido el último estilo de esquina curvada)
- Elipses
- Cuñas circulares
- Texto
- Botones (del último estilo WinXP),
- Tuberías en 3D
- Mapas de bits

Cada objeto dinámico deberá tener las siguientes propiedades para modificarlo de acuerdo con el valor de una etiqueta o expresión:

- Movimiento horizontal, vertical y giratorio

- Relleno de nivel superior, inferior, izquierda o derecha
- Relleno de nivel gradiente
- Activación-desactivación, multiestado, entero, cambio de color de gradiente o umbral
- Tamaño horizontal y vertical
- Visibilidad
- Introducción con el teclado
- Introducción táctil (ratón arriba, abajo...)
- Barra de desplazamiento horizontal, vertical o giratoria
- Restricciones de seguridad que permitan desactivar el objeto en función de unos niveles de seguridad
- Información emergente a modo de "tool tip" o sugerencia moviendo el ratón sobre el objeto

Debe ser posible utilizar las propiedades anteriores al mismo tiempo. Debe ser posible agrupar varios objetos gráficos dinámicos y a continuación aplicar propiedades dinámicas al grupo como un todo, en lugar de a cada objeto individualmente.

El software SCADA debe ser un contenedor ActiveX y permitir la inserción de objetos ActiveX en las páginas de gráficos estándar. El software SCADA debe poder interactuar con los objetos ActiveX de las siguientes formas:

- Cambiar dinámicamente las propiedades de un objeto ActiveX a través de una etiqueta desde un dispositivo de E/S.
- Cambiar dinámicamente las propiedades del lenguaje de alto nivel del software SCADA que el objeto ActiveX active acciones en el software SCADA en función de los eventos del objeto ActiveX que los valores de propiedades ActiveX se puedan leer con el software SCADA.

El software debe poder admitir imágenes de videocámara en directo y pantalla completa desde el disco (MPEG, AVI) al mismo tiempo que las visualizaciones en pantalla sin interrumpir la obtención de datos. Los tiempos de actualización de las ventanas del sistema de control de procesos (Process Control System) no deben verse afectados.

Si la comunicación con un punto de E/S particular falla por cualquier motivo, independientemente del lugar en el que se muestren los datos, el software debe poder indicar visualmente que dicho punto no es válido.

El software debe estar diseñado con la posibilidad de efectuar cambios en los gráficos mientras el sistema se encuentra en funcionamiento. No debe ser necesario cerrar el sistema para efectuar cambios en los gráficos.

5.5 Software cliente

Los clientes de visualización deben conectarse a los servidores de estaciones individuales para que el personal de la red pueda ver pantallas de gráficos, alarmas y tendencias desde todas las estaciones de compresores al mismo tiempo.

Los tiempos de respuesta deben ser inferiores a 2 segundos para acceder en tiempo real a cualquier dato de la red.

El sistema debe admitir clientes de navegadores Web casuales de forma que el personal de la WAN pueda acceder al sistema con los ajustes de seguridad correctos.

El cliente de navegación Web debe ofrecer las mismas funciones al software cliente estándar, incluidas, entre otras, las pantallas gráficas, las páginas de tendencias, las páginas de alarmas y la seguridad del sistema.

Los clientes de navegación Web deben admitir funciones de control y visualización, controladas tanto por la seguridad de conexión como por los tipos de licencia.

El cliente de navegación Web no debe necesitar ingeniería adicional ni software especializado que no sea un servidor Web como MS IIS o Apache Tomcat. Las páginas de gráficos estándar, las páginas de alarmas y las páginas de tendencias utilizadas para las estaciones de visualización del operario deben estar disponibles a través de los clientes de navegación Web sin necesidad de contar con requisitos de ingeniería adicionales. Los cambios de configuración deben reconocerse automáticamente y utilizarse por parte de los clientes Web sin necesidad de utilizar ingeniería adicional.

Los clientes de navegación deben admitir cambios en las páginas en menos de 2 segundos y actualizaciones de datos de menos de 500 ms en la WAN de la empresa.

5.6 Alarmas y eventos

El número de alarmas admitido no debe estar limitado por el software. Debe poder guardarse un mínimo de 100 millones de eventos de resumen de alarmas en el archivo de tendencias nativo para recuperarlo mediante pantallas de visualización de tendencias estándar.

El software debe estar integrado de tal forma que una alarma confirmada en la estación de un operario pueda confirmarse globalmente y aparecer como confirmada en todas las estaciones de operarios. Debe configurarse como una base de datos común, sin que sea necesaria ninguna otra programación para permitir el reconocimiento global de alarmas desde cualquier PC de la red.

5.7 Alarmas analógicas

El software SCADA debe poder controlar variables analógicas y digitales y condiciones calculadas, así como determinar si la variable se encuentra o no en una condición de alarma.

Para cada etiqueta analógica, debe poder asignarse una alarma para cada una de las siguientes condiciones:

- LOW-LOW,
- LOW,
- HI,
- HI-HI
- Deviation LO
- Deviation HI
- Velocidad de cambio

Todas las condiciones de alarma analógica deben tener una banda inactiva ajustable y temporizadores para reducir al mínimo las alarmas intempestivas. Todas las propiedades de alarmas analógicas deben poder ajustarse sin necesidad de cerrar el sistema.

5.8 Alarmas digitales

Para cada etiqueta digital, debe poder asignarse una alarma para cada una de las siguientes condiciones:

- Variable ON,

- Variable OFF

Las alarmas digitales deben tener una función de fechado con el fin de poder realizar seguimientos con una precisión de hasta 1 milisegundo.

5.9 Alarmas multidigitales

Debe ser posible configurar de forma sencilla alarmas basadas en una combinación de etiquetas digitales y se debe poder configurar como alarma cualquier estado. Además, si la alarma multidigital está activa en un estado y cambia a otro, debe poder volver a activarse.

Alarma de dos estados:

| ESTADO DE VARIABLE 1 | ESTADO DE VARIABLE 2 |
|----------------------|----------------------|
| OFF | OFF |
| OFF | ON |
| ON | OFF |
| ON | ON |

Alarma de tres estados:

| ESTADO DE VARIABLE 1 | ESTADO DE VARIABLE 2 | ESTADO DE VARIABLE 3 |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| OFF | OFF | OFF |
| OFF | OFF | ON |
| OFF | ON | OFF |
| OFF | ON | ON |
| ON | OFF | OFF |
| ON | OFF | ON |
| ON | ON | OFF |
| ON | ON | ON |

5.10 Visualización de alarmas

Debe ser posible ver o confirmar cualquier alarma o la alarma más reciente en cualquier página.

El software debe proporcionar varios niveles de prioridades o categorías de alarmas. La prioridad de una alarma debe poder identificarse por el color de su mensaje en la pantalla. La codificación de colores de los mensajes con prioridad debe poder configurarse por los ingenieros.

Debe poder configurarse la indicación sonora para cada categoría de alarma. Esto debe ser posible en cada nodo. Debe ser posible que la alarma suene por altavoces internos o externos. La indicación sonora debe poder admitir la reproducción de cualquier archivo .WAV estándar.

El software debe suministrarse con una página de visualización de alarmas estándar que pueda modificar el usuario. La página de alarmas estándar debe disponer de la función para desplazar alarmas arriba y abajo de la página, y para el reconocimiento de alarmas individuales o de todas las alarmas en la página visible.

Debe ser posible mostrar la siguiente información para cada alarma cuando aparece en una página de visualización de alarmas:

- Nombre de etiqueta de la alarma
- Descripción de la alarma
- Valor de la variable
- Punto de disparo
- Estado de la alarma: Desactivado, Confirmado, No reconocido
- Categoría o prioridad de la alarma
- Prioridad de la alarma
- Fecha y hora
- Privilegio
- Categoría
- Comentarios del operario
- Valor de cualquier etiqueta o resultado de cualquier cálculo.

Debe ser posible visualizar el estado de cada alarma en un color distinto (incluidos colores intermitentes) en función de si la alarma es No reconocida activa, Reconocida activa, Reconocida borrada, No reconocida borrada o Desactivada.

La visualización de alarmas debe admitir tantas fuentes fijas como proporcionales con todos los campos de las alarmas mostrados en columnas correctamente alineadas.

Debe ser posible desactivar las alarmas de forma individual, por página o por categoría de alarma, o todas las alarmas. Cuando una alarma está desactivada, la alarma se mostrará en una página de alarmas desactivadas por lo que cada usuario del sistema puede determinar fácilmente qué alarmas se han desactivado.

El software debe permitir adjuntar comentarios del operario a cualquier alarma cuando es reconocida o en un momento posterior. Estos comentarios del operario deben mostrarse con la alarma o aparecer al hacer clic en la alarma.

Debe ser posible mostrar automáticamente cualquier gráfico de visualización cuando se produce una alarma o cambiar dinámicamente la aparición de cualquier objeto gráfico en función de si la alarma está Encendida, Apagada, Reconocida, Error de comunicaciones o Desactivada.

La visualización de la alarma debe tener un mecanismo para que los operarios puedan definir el filtrado de alarmas por nombre de alarma, nombre de etiqueta, intervalo de fecha/hora, estado o tipo.

5.11 Registro de alarmas

Para cada categoría de alarma, debe ser posible definir un método diferente de registrar alarmas. Debe ser posible definir si se registran las alarmas cuando la alarma pasa a ON, a OFF o a Reconocimiento.

Las alarmas deben poder registrarse en una impresora designada, archivo de disco o base de datos con texto de alarma, y etiquetas de fecha y hora. Las alarmas deben imprimirse o archivarse en un formato configurable por el usuario.

El software SCADA debe permitir el registro en cualquier impresora de la red. El software debe poder redirigir la impresión a otra impresora mientras el sistema está en línea.

Las alarmas que están registradas en un disco deben estar disponibles para su visualización mientras el sistema está en línea o fuera de línea sin provocar interrupciones en la obtención de datos. El número de alarmas registrado en un disco no debe estar limitado por el software. La función de registro de alarmas debe ser capaz de registrar una ráfaga instantánea de al menos 4.000 alarmas sin perder ni una sola alarma.

5.12 Redundancia de alarmas

Todos los cálculos y la gestión de alarmas deben realizarse en el servidor principal. El software debe garantizar automáticamente que, en caso de fallo del servidor principal, todas las funciones deben seguir funcionando normalmente en el servidor de reserva. El software debe generar automáticamente una alarma de diagnóstico que indique que el servidor principal o de reserva ha fallado. Añadir, eliminar o modificar alarmas no debe requerir ningún cambio en el software que gestiona la redundancia. Durante el restablecimiento de un servidor que falla, el historial de alarmas históricas debe estar sincronizado entre los servidores principal y de reserva para que no haya fallos de coincidencia en el historial de alarmas históricas.

5.13 Obtención de tendencias

El número de tendencias obtenidas no debe estar limitado por el software.

El software debe ser capaz de registrar información de tendencias históricas en periodos de muestreo configurables entre 1 milisegundo y 24 horas.

Los datos de tendencias deben guardarse en un sistema de archivos circular con el número de archivos, el tamaño de cada archivo, el periodo de muestreo, la ubicación de los archivos, los privilegios y el área que el usuario puede definir individualmente para cada tendencia. Los nombres de archivo y las rutas de acceso admiten nombres de archivo de hasta 255 caracteres de longitud.

Cada etiqueta definida en la configuración del sistema (digital o analógica) debe tener una tendencia. Cada tendencia debe contener un mínimo de siete años de datos históricos a una velocidad de muestreo de 10 segundos. Las tendencias deben mantenerse en línea para las llamadas de los operarios sin necesidad de hacer copias de seguridad o restaurar archivos históricos.

5.14 Visualización de tendencias

De forma estándar, todos los operarios y accesos deben poder ver sus propias páginas de tendencias personalizadas. Los usuarios deben poder personalizar estas páginas mediante una operación de arrastrar y soltar. Cualquier ajuste disponible que se deba realizar en un entorno de configuración debe estar disponible para el usuario a fin de que pueda modificar los gráficos de tendencias en tiempo de ejecución. Entre éstos se incluyen el color, la escala, la selección de la pluma, como ejemplo.

Las visualizaciones de tendencias deben comprender gráficos de líneas con el tiempo en un eje horizontal o vertical continuo y linear, y la variable de tendencia en el eje vertical u horizontal. La resolución de cada gráfico debe estar incluida en un 0,1% del tamaño natural.

Cuando se muestra más de una variable en el mismo gráfico, el color de la pluma de cada variable y la información asociada deben mostrarse en un color distinto.

Cada gráfico de tendencias debe ser capaz de mostrar un mínimo de 32 plumas de tendencias con una base de tiempo ajustable a muestreos de 1 segundo y ver todo el historial de tendencias archivadas.

Se debe poder sobrescribir las alarmas históricas del sistema en las páginas de tendencias que muestran las transiciones de estado de las alarmas.

Una página de gráficos estándar debe admitir un mínimo de 100 ventanas de tendencias individuales integradas en la visualización de modo que se pueda tener fácilmente una perspectiva de varios niveles de sitios.

Debe ser posible realizar la tendencia de varias plumas o varias trazas de la misma pluma en diversos periodos de tiempo para fines comparativos (por ejemplo, los resultados del día anterior con los de hoy).

Cada pluma debe mostrar intervalos individuales y unidades de ingeniería. Cada pluma debe ser escalable para fines de visualización e independiente de las demás plumas mostradas en una página.

El software debe incluir la capacidad de recorrer hacia atrás y hacia delante dentro de un intervalo de tiempo elegido para leer el valor exacto de cualquier variable mostrada, seleccionando un punto en el gráfico o tabla. El sistema debe mostrar información histórica tan lejos en el tiempo como se desee, con toda la información mostrada en 1 segundo.

La visualización de las tendencias debe ser dinámica y desplazarse en el tiempo, con la capacidad de "reproducirse" o desplazarse en el tiempo histórico así como en el actual. Debe estar incluida igualmente la capacidad de detener el desplazamiento automático de la tendencia para ver análisis detallados de un punto del historial. Las plumas del mismo panel deben poder separarse tanto en el eje del tiempo como en el eje del intervalo.

La visualización de tendencias debe tener un hilo de cursor que se pueda mover por la página y que proporcione indicaciones sobre la fecha, la hora y el valor en la intersección entre el hilo de cursor y el punto de tendencia. Se debe admitir un mínimo de 2 hilos de cursor para cada página de tendencias.

El software debe proporcionar funciones de "zoom" y "panorámica" tanto para el intervalo de la variable de tendencia como para el intervalo del eje del tiempo. La función "zoom" debe permitir al operario comprimir o expandir el intervalo del eje mientras que la función "panorámica" le debe permitir cambiar el origen del eje. El software debe permitir a un usuario definir cualquier área de zoom arrastrando el ratón sobre la tendencia.

El software debe poner a disposición del usuario los datos de tendencias de la base de datos histórica para exportarlos a archivos de discos o bases de datos externas. Debe ser posible definir la sección de la tendencia que se va a exportar haciendo clic y arrastrando el ratón sobre la tendencia. Los datos deben exportarse a archivos con formato csv, dbf, xml o txt. Debe ser posible exportar cualquier parte de la base de datos de tendencias históricas mediante formatos odbc, dde, dbf, csv, xml y txt.

El software debe proporcionar la capacidad de imprimir tendencias instantáneas o históricas en la impresora de tendencias designada. El software debe tener la capacidad de realizar una impresión de tendencias (no una impresión de pantalla). La función de impresión de tendencias debe imprimir en la impresora mediante objetos y no mapas de bits. La impresión de tendencias debe incluir las unidades de ingeniería y los intervalos para cada tendencia, una rejilla de tendencias y la base de tiempo para cada tendencia. Cada tendencia debe estar identificada por un estilo de línea diferente (por ejemplo, de puntos, de rayas, continua, etc.) en impresoras en blanco y negro, y por distintos colores en impresoras de color.

5.15 Redundancia de tendencias

La obtención y gestión de tendencias deben realizarse mediante los servidores principal y de reserva; ambos deben incluir toda la información de tendencias históricas. Si el servidor principal falla, entonces el servidor de reserva debe garantizar que todas las tendencias sigan funcionando. Tras la restauración del servidor principal, el de reserva debe actualizar automáticamente el servidor principal de modo que no haya interrupciones en los datos de tendencias históricas. No debe ser necesaria la participación de ningún operario. Los fallos de los servidores principal y de reserva se deben supervisar de modo que un fallo que se produzca en cualquier momento genere una alarma de diagnóstico.

5.16 Entorno de desarrollo

El software SCADA debe incluir un paquete de desarrollo integrado que utilice una configuración de estilo de incorporación de formularios mediante menús para desarrollar el sistema en tiempo de ejecución.

Todas las funciones de desarrollo deben estar disponibles en cada nodo del sistema y permitir a varios usuarios trabajar en distintos nodos para modificar simultáneamente la misma base de datos maestra. Se debe admitir un mínimo de 5 desarrolladores simultáneos.

Debe existir una ayuda en línea global para todas las funciones de desarrollo, que debe contener toda la información proporcionada en los manuales en papel.

Se debe incluir una función de copia de seguridad o restauración de toda la base de datos, incluidas todas las visualizaciones de gráficos, los datos de configuración y el código fuente, así como la configuración en línea (como navegación por menús, grupos de tendencias y grupos de alarmas), mediante un método sencillo de señalar y hacer clic. La función de copia de seguridad/restauración debe preguntar al usuario antes de sobrescribir cualquier archivo existente. La función de copia de seguridad/restauración debe emplear una compresión/descompresión de archivos automática.

Se debe incluir la importación de definiciones de etiquetas desde los paquetes de configuración/programación del controlador de campo como función estándar de modo que tras un cambio de definición en los nombres de etiquetas de dispositivos de E/S, las direcciones, intervalos, etc. se importarán automáticamente a la base de datos de software de SCADA. Además de la importación automática de definiciones de etiquetas, debe ser posible iniciar manualmente la importación de definiciones de etiquetas en cualquier momento.

La función de importación de etiquetas debe ser configurable por el usuario de modo que cada usuario pueda definir específicamente qué campos de definición no se deben sobrescribir o qué reglas definidas por el usuario se pueden aplicar para definir cómo va a funcionar la importación. La función de importación debe admitir fuentes de datos OPC genéricas e importaciones de archivos CSV conjuntamente con las importaciones de bases de datos de software de programación del controlador de campo nativo.

5.17 Desarrollo de gráficos

El generador de gráficos debe ser interactivo y funcionar mediante menús, sin necesidad de programación.

El software debe tener la capacidad de importar directamente gráficos y texto en los formatos de archivo siguientes:

- Autocad DXF
- Windows BMP
- Windows Meta File WMF
- GIF
- TIF
- PCX
- TXT
- DIB y RLE.

El generador de gráficos debe ser un contenedor ActiveX, y permitir la inserción y edición de objetos ActiveX de un modo visualmente interactivo. Debe ser posible conectar las propiedades ActiveX a etiquetas y permitir la lectura/escritura entre propiedades y etiquetas sin necesidad de comandos ni códigos. Los objetos ActiveX deben tener la misma seguridad que los objetos gráficos nativos y permitir a los objetos ActiveX estar visibles u ocultos en función del nivel de privilegios de un operario.

El generador de gráficos debe ser capaz de crear pantallas compuestas tanto de objetos estáticos como dinámicos. Para crear estos objetos, el software debe proporcionar pantallas de ejemplo y una serie de formatos estándar en una biblioteca. El desarrollador debe poder incluir estos símbolos por referencia o crear nuevos símbolos/objetos.

El generador de gráficos debe proporcionar las siguientes herramientas:

- Rejilla y pautas (que se pueden mostrar en pantalla) junto con una visión de la rejilla y las pautas para ayudar a la alineación de objetos con precisión.
- Alineación horizontal y vertical junto con un espaciado uniforme.
- Enviar al frente/al fondo. Traer hacia delante un capa, Enviar hacia atrás una capa.
- Edición de mapas de bits incluidos dibujo por píxeles, redimensionamiento de imágenes y recorte de imágenes.
- Intercambio de un color por otro para un grupo de objetos seleccionado incluidos los colores dentro de un mapa de bits. El intercambio de colores debe incluir igualmente un intercambio de una gama de colores como todos los rojos por todos los verdes de forma que los objetos sombreados se puedan cambiar de color sin necesidad de un nuevo dibujo o rendimiento.
- Edición de nodos en polilíneas que proporciona la adición o la eliminación de nodos además de los movimientos de nodos.

El generador de gráfico debe admitir una función "deshacer" y "rehacer" ilimitada.

5.18 Lenguajes de alto nivel

En primer lugar, el software no debe requerir ningún código personalizado para obtener funciones estándar, incluida la conmutación por redundancia, la recuperación y la incorporación de datos históricos.

El software debe proporcionar un lenguaje de alto nivel integrado específicamente diseñado para aplicaciones SCADA, y debe ser inherentemente multitarea y multihilos.

El software debe contener comandos Visual Basic (VB) totalmente integrados y multihilos.

El lenguaje de comandos debe proporcionar acceso a todas las etiquetas de campo, alarmas, visualizaciones de gráficos, bases de datos y archivos ASCII. Los lenguajes deben incluir funciones con una sintaxis clara y precisa. Los lenguajes deben admitir funciones escritas por el usuario y bibliotecas de funciones admitidas por el sistema operativo del equipo. El lenguaje debe tener la capacidad de exportar o importar datos de otras aplicaciones.

El lenguaje SCADA integrado debe permitir la creación de variables calculadas (inferidas) basándose en un fórmula que incluya constantes, variables medidas y otras variables calculadas. Todas las funciones disponibles para el registro, información, tendencia, supervisión, control, aviso de alarma y visualización de variables medidas deben estar disponibles igualmente para las variables calculadas.

El lenguaje SCADA integrado debe admitir los siguientes operadores matemáticos y booleanos:

- Suma
- Resta
- División
- Multiplicación
- AND
- OR
- XOR
- NOT
- Mayor que, Menor que, Igual, paréntesis.

El lenguaje SCADA integrado debe proporcionar las siguientes funciones matemáticas:

- Total
- ArcCos
- ArcSin
- ArcTan
- Cos
- DegToRad
- Exponent
- Factorial
- HighByte
- HighWord
- Ln
- Log
- LowByte
- LowWord
- Max
- Min
- Pi,
- RadToDeg
- Random
- Round
- Sign
- Sin
- Sqrt
- Tan.

Cualquier función debe ser capaz de funcionar siempre sin impedir que otras funciones SCADA funcionen correctamente.

El lenguaje SCADA integrado debe permitir a los usuarios crear sus propias funciones e integrarlas en el lenguaje; las funciones se deben poder reutilizar sin necesidad de cortar y pegar. Debe ser posible llamar a la misma función varias veces desde ubicaciones distintas y con diferentes parámetros, de forma simultánea.

Debe ser posible ejecutar las funciones automáticamente al inicio, entrada de página, salida de página, mientras la página esté abierta, al pulsar un botón, mientras el botón

está pulsado, integrado en informes, con la alarma activada o desactivada, al pulsar cualquier botón, en cualquier entrada de teclado, en cualquier clic de botón del ratón, etc.

El software debe tener la capacidad de probar y depurar los lenguajes en línea. La herramienta de depuración debe mostrar el código fuente al ejecutarse con un puntero que identifica la línea de código actual que se está ejecutando, el valor de variables locales y globales, y cualquier salida cuando el usuario único recorre el código. Debe estar incluida la función de configurar puntos de interrupción, pasos únicos, pasos por subfunciones, salidas de subfunciones y ejecución continua.