

Proyectos de Instalaciones de la
ampliación del tranvía de Vitoria-
Gasteiz a Salburua. Lote 4.
Instalaciones Eléctricas.

**ANEJO Nº5. SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA DE TRACCIÓN**

ÍNDICE

1. OBJETO Y ALCANCE	1
2. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	3
3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA SUBESTACIÓN DE TRACCIÓN	5
3.1 Entrada de la doble acometida de 30 kV	5
3.2 Celdas de 30 kV	5
3.3 Transformadores de tracción y Servicios Auxiliares	5
3.4 Celdas de Corriente Continua de 750 Vcc	5
3.5 Celdas de obra de fábrica para seccionamiento de feeders	6
3.6 Instalaciones auxiliares de la subestación	6
3.6.1 Sistema de alimentación segura	6
3.6.2 Cuadro de Baja Tensión	6
3.6.3 Sistema de ventilación	7
3.6.4 Protección Contra Incendios.....	7
3.6.5 Alumbrado y tomas de corriente.....	8
3.6.6 Bombeo de filtraciones.....	8
3.6.7 Sistemas de comunicación.....	9
3.7 Cableado y canalizaciones	9
3.8 Sistema de tierras	10
3.8.1 Red de tierras enterrada	10
3.8.2 Red de tierras aérea	10
3.8.3 Pozo de negativos	11
3.8.4 Neutro de transformador de SSAA.....	11
3.9 Sistema de arrastre subestaciones colaterales	11
4. TELEMANDO	12
4.1 Telemando, control y supervisión de la subestación	12
APENDICE 1. SISTEMA DE CONTROL Y TELEMANDO	
APENDICE 2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS	
APENDICE 3. COMUNICACIONES	

1. OBJETO Y ALCANCE

El objeto del presente anejo consiste en la definición del equipamiento de la nueva Subestación Eléctrica de Tracción para la ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Salburua, con objeto de obtener un sistema de suministro permanente y fiable de energía eléctrica.

Se contempla asimismo la implantación del sistema de gestión y control distribuido de las instalaciones eléctricas, así como la instalación de los seccionadores de maniobra, y el control y maniobra de los mismos en caso de incidencias. Se incluye por tanto en este proyecto tanto los seccionadores de punta de feeder, como los de feeder de alimentación que parte desde la subestación hasta los seccionadores de punta de feeder.

También se considera como objeto de este proyecto la definición del equipamiento propio de comunicaciones de la subestación para integración de la misma en la red de comunicaciones del tranvía. Dentro de las instalaciones propias de comunicación, se engloban las de videovigilancia, telefonía e intrusión.

También es objeto del anejo el equipamiento y tendido de cable en canalización correspondiente a la línea de 600V, de alimentación a los diferentes bloques técnicos de las paradas contempladas en el presente proyecto.

Se incluye asimismo la integración en puesto de mando de la subestación, así como la instalación y programaciones que sean necesarias para implementar el sistema de protección (arrastres).

Por tanto, el presente anejo tiene como finalidad la definición y valoración para su ejecución por contrata de las obras necesarias para la construcción completa y puesta en marcha de la Subestación Eléctrica de Tracción de Salburua.

En el alcance del proyecto se recogen los requerimientos de operación y objetivos de explotación de la nueva subestación de Salburua y su conexión a la red de energía de 30 kV como a los sistemas de electrificación de la línea, y los correspondientes de comunicación y telemando y actuaciones a realizar para la integración en Puesto de Mando.

En consecuencia, las actuaciones a realizar para ejecutar esta subestación pasan por:

- La subestación será alimentada a través de la red de 30 kV mediante una línea de doble circuito con transferencia automática, procedente de la subestación de Desamparadas.
- Instalación eléctrica en la subestación de ETS.

El presente proyecto incluye el dimensionado de los equipos siguientes:

- Cabinas de llegada de línea (donde se realiza la conmutación automática), medida y protección de 30 kV.
 - Transformadores.
 - Grupos rectificadores.
 - Cabinas de corriente continua.
 - Celdas de seccionadores internos de salida.
 - Armarios de distribución en baja tensión, SAI y cargadores-rectificadores.
 - Sistema de control, que estará basado en una red IP interna con PLC's, conectados a un PLC concentrador que conectará con la red troncal.
- Sistemas auxiliares:
 - Iluminación y tomas de corriente auxiliares.
 - Ventilación.
 - Detección y extinción de incendios.

- Alimentación a catenaria de vía general:
 - Alimentación a la catenaria y carril.
 - Conexión de retornos a vía.
- Sistemas de comunicación:
 - Conexión a red de comunicaciones de ETS.
 - Sistemas de Telefonía:
 - ~ Telefonía Automática
 - Sistemas de seguridad:
 - ~ Sistema de Videovigilancia
 - ~ Sistema Anti-intrusión e inundación
 - Actuaciones para integración de sistemas en el Puesto de Mando del Tranvía.
- Pruebas y puesta en marcha de la subestación.

La obra civil y la red de tierras enterrada de la SET tienen su valoración económica incluida en el Proyecto de Obra Civil.

Por tanto, el presente anejo tiene como finalidad la definición y valoración para su ejecución por contrata de las obras necesarias para la construcción completa y puesta en marcha de las instalaciones eléctricas de la nueva Subestación de Tracción de Salburua, contemplada en la ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Salburua.

2. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La nueva subestación de Salburua, se alojará en un prefabricado subterráneo, localizado según los planos adjuntos. Recibirá la alimentación en 30 kV, de la línea interna de 30 kV, proveniente de la subestación de Desamparadas, y canalizada a través de la plataforma tranviaria hasta la subestación, estando alimentada desde una doble línea.

La subestación se ha diseñado, de forma que permita asegurar los requerimientos energéticos en régimen de explotación normal del tranvía de Vitoria-Gasteiz.

En la subestación, a través de las celdas de protección con interruptor automático, se alimentará un juego de barras generales, del cual derivarán las correspondientes salidas a los grupos transformador-rectificador y transformador de servicios auxiliares.

La rectificación se realizará por medio de equipos rectificadores de doble puente trifásico, que se conectarán a los devanados secundarios de los transformadores de potencia.

La subestación se ha diseñado con la siguiente potencia de rectificadores:

- Grupos rectificadores: 2x900W

La tensión nominal de salida del rectificador será de 750 Vcc.

Las alimentaciones a catenaria y feeders de acompañamiento, se realizarán a través de interruptores extrarrápidos, equipados cada uno con sus correspondientes protecciones. El polo positivo se conectará a catenaria y el negativo a carril.

Asimismo, la subestación dispondrá de transformador de servicios auxiliares de 250 kVA de potencia, con doble secundario 30/0,4-0,6 kV para:

- Acometida trifásica en 600V a bloques técnicos de las paradas
- Acometida trifásica en 400V de alimentación a cuadro de servicios auxiliares de la propia subestación.

Los servicios auxiliares de la subestación se alimentarán a partir de:

- Corriente alterna procedente del transformador de servicios auxiliares de 250 kVA 30/0,4-0,6 kV, suministrando alimentación en 400 Vca al CGBT de la subestación.
- Alimentación segura en 110 VCC, formado por baterías de acumuladores de Cadmio-Níquel con su cargador automático, para alimentar los servicios auxiliares de maniobra, control y señalización a 110 Vcc.
- Alimentación segura en 230 Vca, a partir de un ondulator alimentado a partir del cargador-rectificador de baterías, para la alimentación de las comunicaciones y el mando de los seccionadores de catenaria.

El mando de la apartamentada de 30 kV, 750 Vcc y BT se podrá realizar de forma manual, localmente desde cada cuadro o remota desde el Puesto de Mando Central del Tranvía y desde cualquier punto de la red de comunicaciones interior de la Subestación, mediante un PC portátil. La permisión de mando manual o remoto se efectuará mediante un conmutador situado en el Cuadro de Control de Servicios Auxiliares.

La subestación dispondrá de los equipos necesarios para medida de tensiones, intensidades y potencias, tanto localmente, como en el Puesto de Mando Central y de acuerdo a lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

Se dispondrá de un pórtico de seccionadores, para seccionar las líneas de feeder de alimentación al hilo de catenaria, provisto con seccionadores de puesta a tierra y autoválvulas como protección contra sobretensiones.

Para realizar el telemando, se dispondrá en la subestación de una red de PLCs ubicados en cada uno de los grupos funcionales, encargados de realizar de forma independiente el control de sus equipos, enviando la información al PLC Maestro o cabecera de la red y al PC de control de la subestación, que a su vez comunica con el PMC.

Se dispondrá de los relés auxiliares necesarios, que recogerán la señalización de los equipos asociados al telemando de energía para su posterior envío de órdenes a los diferentes equipos.

La subestación incorpora una red de tierras aérea complementaria a la red de puesta a tierra enterrada.

La red de Puesta a Tierra enterrada será realizada por el contratista de Obra Civil, no formado parte del suministro del presente proyecto.

Se incorporarán los sistemas auxiliares necesarios, como son: ventilación, detección y extinción de incendios, alumbrado convencional y de emergencia, tomas de corriente para servicios, bomba de achique, etc.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA SUBESTACIÓN DE TRACCIÓN

3.1 Entrada de la doble acometida de 30 kV

La subestación de Salburua, se alimentará desde la red de 30 kV del tranvía existente, a través de dos líneas procedentes de la subestación de Desamparadas. Estas líneas conectarán con las celdas de acometida a través del suelo técnico de la propia subestación.

Los cables de acometida a la subestación se realizarán con 3 cables unipolares agrupados, de 1x150 mm², 18/30 kV, cable tipo DHZ1 Al.

3.2 Celdas de 30 kV

Las cabinas de 30 kV estarán formadas por celdas con aislamiento al aire y corte en SF₆, autoportantes e independientes, formando una vez enlazadas entre sí, un conjunto único y compacto de frente común.

Las cabinas tendrán una intensidad nominal de 400 A.

La subestación de Salburua contará con un total de cinco (5) celdas:

- Dos (2) celdas de entrada de línea con transferencia automática (en el caso de fallo de uno de los dos, automáticamente entra a funcionar el otro, los gestores de la transferencia serán los PLC).
- Dos (2) celdas de protección de grupos transformadores – rectificadores (se dejará el espacio requerido para la implantación de una celda de protección de la alimentación de un tercer grupo transformador-rectificador).
- Una (1) celda de protección del transformador de servicios auxiliares de la propia Subestación y de alimentación a la red de 600 V.

Estas celdas se apoyarán sobre bancada de estructura metálica.

La estructura metálica de la bancada irá conectada directamente a la red de tierras general.

3.3 Transformadores de tracción y Servicios Auxiliares

Se instalarán dos transformadores trifásicos de potencia (se dejará espacio de reserva para la instalación de un tercer transformador), encapsulados de aislamiento seco, y doble secundario, de 1.000 kVA potencia. Con el primario configurado en triángulo y con doble secundario configurados en triángulo y estrella. Disponiendo de sondas de temperatura en todas las bobinas secundarias. Entre el secundario de estos transformadores y la entrada a los rectificadores, se instalarán protecciones de sobretensiones.

Se incluye un tercer transformador encapsulado de aislamiento seco y doble secundario, con una potencia de 250 kVA y relación 30/0,4-0,6 kV para alimentar en 400Vca a los servicios auxiliares de la propia subestación y a la red de distribución de 600 Vca.

3.4 Celdas de Corriente Continua de 750 Vcc

Las celdas serán de construcción modular e independientes unas de otras. Se acoplarán mecánicamente y eléctricamente formando un conjunto único. Se fabricarán con una compartimentación interior que garantice la seguridad de los usuarios y mantenedores en caso de maniobras o incidencia por avería interna.

En la Subestación de Salburua se implementarán las siguientes celdas:

- Dos (2) conjuntos de celdas de los rectificadores dodecafásicos. Para cada grupo se dispondrá de dos puentes rectificadores hexafásicos conectados en paralelo, formando el rectificador de 900 kW a 750 Vcc, que será modelo extraíble y con refrigeración natural (se dejará espacio para una celda de reserva).
- Dos (2) celdas de protección de feeder, que comprenderá las celdas metálicas de feeders de salida, equipadas con interruptor extrarrápido, montada sobre carro extraíble, incorporando los equipos de prueba de línea, protección, maniobra y control.
- Una (1) celda de retornos, que incluirá dispositivos de detección de retornos, en el sistema de fuerza de corriente continua.

Estas celdas se apoyarán sobre bancada de estructura metálica.

3.5 Celdas de obra de fábrica para seccionamiento de feeders

Incluirá los seccionadores para alimentación de línea, de accionamiento motorizado, pararrayos de protección, protecciones de seguridad y enclavamientos.

3.6 Instalaciones auxiliares de la subestación

Los equipos auxiliares de la subestación se alimentan cuelgan del cuadro de baja tensión, que se alimenta desde los secundarios del transformador de servicios auxiliares.

El equipamiento auxiliar de la subestación de Salburua a alimentar desde este cuadro es el siguiente:

3.6.1 Sistema de alimentación segura

Los sistemas de alimentación segura se corresponderán con dos dispositivos que alimentarán a sistemas que tienen que trabajar en caso de fallo de suministro eléctrico.

Estos sistemas son:

- Sistema redundante de rectificador - cargador y baterías para 110 Vcc, para la alimentación del sistema de control de la instalación: maniobra de interruptores, alimentación a las unidades de control o PLC a través de fuentes de alimentación 110/24 Vcc.
- Sistema ondulator (alimentado por el sistema anterior) para alimentar cargas críticas a 230Vca, para alimentación al nodo de comunicaciones, armario de alimentación, mando y control de los seccionadores exteriores de catenaria, alimentación de los relés de vigilancia de aislamiento de las líneas de 600Vca. Este sistema ondulator se plantea integrado dentro de los equipos rectificador - cargador para las baterías de 110 Vcc (concretamente sobre el cargador de baterías, se consideraría el ondulator para alimentación de cargas en 230 Vca.

3.6.2 Cuadro de Baja Tensión

La subestación dispondrá de un cuadro de distribución de Baja tensión, para la alimentación a los servicios auxiliares y control de la subestación, conteniendo de una forma general los siguientes servicios:

- Protecciones de las líneas de salida en 600Vca y 400Vca

- Localización de defectos de aislamiento en las salidas de 600Vca
- Analizadores de red para los secundarios del transformado
- Circuitos de protección, maniobra y control de: alumbrado, ventilación y bombeo de achique de filtraciones
- Alimentación a: tomas de corriente de fuerza, circuito de relés de detección de inundación, auxiliar de 220Vca a celdas de AT y celdas de CC y central de incendios
- Alimentación a equipo cargador-rectificador-batería.
- Embarrado de 110 Vcc y protecciones generales de alimentación a circuitos de control a celdas AT, celdas de 750 Vcc y celdas de seccionamiento de feeders.
- Módulo de control, conteniendo: PLC de servicios auxiliares, fuente de alimentación, interruptores de protección de tarjetas de entradas/salidas y equipo de telearrastre.

3.6.3 Sistema de ventilación

El sistema de ventilación de la subestación, será suministrado por el proveedor del edificio prefabricado, de acuerdo a lo aquí indicado y a los mínimos requeridos por los cálculos anexos.

El sistema de ventilación estará compuesto por ventilador de aspiración, rejillas con filtros, insonorizador, termostatos de ambiente y toda la instrumentación necesaria para que desde el PMC el operador se encuentre informado permanentemente del estado de la instalación.

Los modos de funcionamiento serán los siguientes:

- Accionamiento manual mediante pulsadores manual/automático situados en el cuadro de servicios auxiliares
- Accionamiento automático mediante termostato de ambiente por alta/baja temperatura en la sala. Cuando la temperatura de la sala no sobrepase el valor de consigna máximo, el sistema funcionará de forma temporizada durante una determinada fracción horaria. Cuando se supere dicho valor máximo de consigna, el sistema funcionará continuamente hasta que la temperatura interior descienda por debajo de un punto de consigna mínimo y a partir del cual, el sistema volverá a empezar con un régimen de funcionamiento temporizado.
- En situación de emergencia por producción de fuego y/o humo, detectado por la Central de Incendios, se desconectará el sistema de ventilación, permaneciendo en este estado mientras dure la situación.

3.6.4 Protección Contra Incendios

La instalación estará formada por los siguientes sistemas:

- Detección de incendios
- Extinción de incendios
- Protecciones pasivas

El Sistema de Detección estará constituido por la central y detectores instalados por el recinto, falso suelo y techos. La instalación será controlada por la centra de incendios que, a su vez, enviará señales al PMC a través del PLC de Servicios Auxiliares.

El sistema de detección de incendios se realizará ubicando detectores de fuego y/o humo en toda la subestación necesitando diferentes tipos de detectores de incendio:

- Sensores óptico-térmicos
- En el suelo técnico se instalará un sistema de aspiración para la detección de incendio

- Para la detección de incendios de los cuadros de Baja Tensión y celdas de 750Vcc, también se instalará un sistema de aspiración.

Los sensores y los dos sistemas de aspiración que no están vinculados a una extinción, estarán conectados, a través de lazo de detección (para el caso de los detectores de aspiración se deberá considerar además un transponder para comunicarse con el citado lazo), con la centralita de detección de incendios, la cual podrá emitir una señal de alarma.

Por otro lado, existe un equipo de aspiración al cual va vinculado una extinción automática por gas FM200. Se trata del sistema automático de extinción de los cuadros de Baja Tensión.

Este equipo de detección por aspiración no irá conectado al citado lazo (a través de transponder) que parte de la central de detección, sino a una centralita de extinción que gestionará dicha extinción y que podrá comunicarse, esta vez sí, con el lazo de detección mencionado, a través de transponders. En el PPTP y planos se da más información a este respecto.

Además, se colocarán componentes para la interactividad entre usuario y centralita de detección, así como con la centralita de extinción, como pueden ser los pulsadores de aviso de incendio, pulsadores de disparo o de paro de la extinción, las sirenas acústicas y alumbrado óptico de aviso de incendio.

El Sistema de Extinción estará constituido por: extinción manual y extinción automática:

- La extinción manual será a base de extintores manuales.
- Los armarios de baja tensión dispondrán de un sistema de extinción local basado en el agente extintor FM 200. La forma en la que se configura esta extinción automática es la mencionada en párrafo anterior dentro de este capítulo.

El Sistema de Protecciones Pasivas, estará constituido por el cerramiento de huecos situados entre paredes divisorias entre equipos, a base de placas de lana de roca y posterior revestimiento de pasta cerámica termoplástica. Todo ello con clasificación RF-120. Las penetraciones de cables de AT y BT exteriores a la subestación se realizarán igualmente con bastidores, constituidos con tacos adecuados al diámetro de los cables, que actuarán a la vez de cortafuegos y como sellado de penetraciones de agua.

3.6.5 Alumbrado y tomas de corriente

Las luminarias a instalar en la subestación incluirán los siguientes tipos:

- Luminarias de alumbrado normal
- Luminarias de alumbrado emergencia y señalización las cuales contendrán baterías que les permitirán el funcionamiento continuado sin alimentación eléctrica durante una hora.

Las tomas de corriente de la subestación serán de dos tipos:

- Cuadros de tomas de corriente de 2P más toma de tierra en ejecución de superficie.
- Cajas de toma de corriente industriales comuna toma de 3P más tierra y dos tomas de 2P más tierra.

3.6.6 Bombeo de filtraciones

Se instalará un equipo de bombeo que recoja las filtraciones que se puedan producir dentro de la subestación.

El estado de funcionamiento y protecciones de dicho equipo será enviado al PMC para que el operador se encuentre informado de la situación.

3.6.7 Sistemas de comunicación

La subestación de Salburua estará operada y supervisada desde el Puesto de Mando. Para ello, dicha subestación estará integrada en la red de comunicaciones de ETS.

A continuación, se indican los distintos sistemas de comunicaciones que dispondrá la nueva subestación:

- Infraestructura de nivel físico:
 - Fibra Óptica
 - Cableado interior de la subestación
- Sistemas de comunicación:
 - Conexión a red de comunicaciones del tranvía.
- Sistemas de Telefonía:
 - Telefonía Automática
- Sistemas de seguridad:
 - Sistema de Videovigilancia
 - Detección antiintrusión e inundación

Cabe resaltar que, aunque el Sistema de Control haga uso de la infraestructura de comunicaciones para su integración en la red de Comunicaciones del tranvía, dicho sistema se tratará de forma independiente en el Apéndice N°1. Sistema de Control y Telemando del presente anejo.

Las funcionalidades y arquitectura propuesta para cada uno de los sistemas previamente citados se explicarán con mayor nivel de detalle en el Apéndice N°3. Comunicaciones del presente anejo.

3.7 Cableado y canalizaciones

Cableado

Todos los cables de la línea de 30 kV serán del tipo unipolar, tipo DHZ1, 18/30 kV, estos cables conectarán:

- La acometida a las celdas de protección de 30kV de la subestación.
- La distribución a los transformadores desde las celdas de salida de 30kV

La distribución desde los transformadores hasta los grupos rectificadores se realizará por medio de cables unipolares con conductor de cobre y apantallados.

El cableado de interconexión entre grupos rectificadores, bobinas, equipo de filtrado de armónicos y celdas de corriente continua se realizará por medio de cables de aislamiento seco.

El cableado de baja tensión (fuerza, alumbrado y control) se realizará por medio de cables de tipo XLPE. Los cables, en este caso, se llevarán sobre bandejas metálicas de rejilla o en tubos conducidos.

Todos los cables serán no propagadores de la llama y no propagadores del incendio, así como libres de halógenos.

Canalizaciones

En el interior de las subestaciones, las interconexiones principales se realizarán a través de suelo técnico previsto a tal efecto, mediante bandejas de acero electrosoldado, fabricadas con varillas o alambres de acero, soldados, ensamblados y después perfilados en sus formas finales.

El tratamiento en superficie de este material, será galvanizado en caliente siguiendo norma EN ISO 14 61. Los tramos de bandeja serán de 3 metros y serán de marca conocida de entre las consideradas de primera calidad.

Los tramos verticales vistos y accesibles irán provistos de la correspondiente tapa de protección.

Cuando los cables vayan alojados en tubería esta será de material plástico libre de halógenos, autoextinguible, no emisor de gases tóxicos, ni corrosivos y reducida emisión de humos.

Las acometidas a la subestación se realizarán por medio de canalizaciones eléctricas entubadas dimensionadas para la entrada/salida del cableado necesario la subestación de Salburua dispondrá de las siguientes acometidas:

- Canalización de cableado con los servicios:
 - Red interna de Media Tensión de 30 kV para alimentación a la subestación
 - Feederes en 750 Vcc de alimentación a catenaria y retornos
 - Red de Baja Tensión de 600 Vca de distribución a bloques técnicos
 - Comunicaciones
 - Señalización tranviaria

3.8 Sistema de tierras

3.8.1 Red de tierras enterrada

Antes de realizar las cimentaciones, se realizará la red de tierras enterrada y será ejecutada por el contratista de Obra Civil, de acuerdo a los siguientes criterios y a lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas, Planos y Presupuesto.

El contratista de obra civil realizará una red perimetral con cable desnudo de sección mínima de 95 mm² y se unirá con la estructura metálica u hormigón, dejando en los puntos que se especifica en planos esperas de la red de tierras enterrada a conectar en la red de tierras aérea.

Dependiendo de los valores obtenidos de la resistividad del terreno, se distribuirán adecuadamente un número determinado de picas que formarán mediante su unión con conductores de cobre desnudo esta red de tierras. Existirán picas registrables en los extremos de la subestación. Las puertas y vallas de los centros de transformación se pondrán a tierra mediante cables conectados directamente al sistema de tierra.

3.8.2 Red de tierras aérea

La subestación incorporará dos redes aéreas de tierra independientes: Estas redes unirán todos los equipos eléctricos, tubos y bandejas metálicas, etc. La distribución de la red de tierras aérea por el interior del edificio irá por bandeja o grapa en suelo y pared. En los casos en los que la distribución no se realice por bandeja, la red irá grapada cada 1 m en horizontal

y medio metro en vertical. Estas redes aéreas, serán dos ya que se deberá realizar selectiva la detección de falta, por lo que los defectos a tierra que se pueden identificar serían:

- Fallo de equipos de tracción (750 Vcc). Esta red aérea se conectará a la red de tierras enterrada como mínimo en dos puntos de forma rígida.
- Fallo en equipos de B.T. (400-230 V c.a., 110 - ± 24 V c.c.) y M.T. (30 kV). Esta red aérea se conectará a la red de tierras enterrada con una única conexión, en la cual se instalará un relé de masa con el objeto de poder identificar que la falta se ha producido en esta apartamentada

3.8.3 Pozo de negativos

Se canalizarán los retornos a través de cables aislados desde los carriles hasta la arqueta de negativos localizada en el exterior de la subestación.

También se conectarán a este pozo de negativos el negativo de los rectificadores de la subestación.

En la arqueta de negativos se proveerá de dos pletinas de Cu de 1 m de 100x10 mm con los aisladores correspondientes que provean un aislamiento mínimo de 7 kV.

Desde la arqueta de negativos, se canalizarán los retornos por medio de cable aislado hasta la celda de retornos de la subestación.

3.8.4 Neutro de transformador de SSAA

Red de puesta a tierra del neutro del transformador de servicios auxiliares, con pica registrable.

3.9 Sistema de arrastre subestaciones colaterales

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
- Equipo de arrastres

La subestación de Salburua se equipará con un dispositivo que permita realizar un arrastre entre subestaciones, es decir, que ante una falta en una sección de catenaria (apertura del extrarrápido de una subestación por sobreintensidad), se comuniquen entre si los equipos afectados, abriendo lo más rápido posible el resto de los extrarrápidos de los feeders conectados al tramo de sección.

La comunicación entre estos equipos se realizará por medio de un canal vocal proporcionado por el nodo de comunicaciones ubicado en la subestación. La transmisión será redundada dada la naturaleza de la misma (PDH).

Las señales de estado de los equipos serán motorizadas en el SCADA de energía.

4. TELEMANDO

El sistema de control y supervisión permitirá gestionar desde el Puesto de Mando Central, ubicado en la parcela de Talleres y Cocheras al final del ramal de Lakua, los diferentes sistemas eléctricos de la subestación y paradas, para un correcto funcionamiento de todo el tranvía.

Este sistema de telemando estará implementado en base a un SCADA con las características que se describen en los siguientes apartados del presente documento.

Las lógicas que interrelacionan los diferentes sistemas, donde la necesidad de respuesta debe ser en tiempo real, se desarrollarán en un sistema de control implementado con autómatas programables, en adelante PLC. Esto permitirá mantener los sistemas coordinados con la seguridad de estar utilizando un dispositivo que está ejecutando la programación en milisegundos.

En la subestación se instalará un PLC maestro que también tiene la función de controlador de los servicios auxiliares de la subestación, que actuará de gestor y concentrador de las órdenes e información de todos los PLCs de la subestación. Estará enlazado por un lado con el sistema SCADA y por otro con la red en anillo de fibra óptica de los PLCs de la subestación. El protocolo de la red será Ethernet TCP/IP Modbus a 100 Mbits.

Adicionalmente, en cada bloque técnico, se dispondrá de un único PLC conectado directamente con el SCADA del Puesto de Mando, a través de la red de comunicaciones Ethernet TCP/IP del tranvía, tal y como se describe en el apartado de Bloques Técnicos.

El nivel de automatización en la subestación y en cada parada debe permitir funcionamiento en situación desatendida, estando todo el sistema asociado a un telecontrol centralizado en el Puesto de Mando.

Con el sistema de control distribuido, el mando y control de la subestación y de los bloques técnicos podrá realizarse desde los tres niveles siguientes, ordenados según su prioridad:

- Nivel de Mando Local: estando el conmutador en dicha posición, el mando de cada grupo eléctrico se efectuará con los pulsadores a pie de equipos. Este mando, tiene prioridad sobre los dos siguientes, anulando las órdenes que se efectúen remotamente; garantizando, por otra parte, el control de la subestación y/o bloques técnicos en los posibles casos de avería de la red.
- Nivel de Mandos desde el Puesto de Mando Central del Tranvía: con el conmutador en posición remoto y a través de la red Ethernet TCP/IP Modbus de comunicación con el PMC.
- Nivel de mando y supervisión en Subestación y Bloques técnicos: con el conmutador en posición remoto, y con un PC portátil, se podrá acceder en cualquier PLC o toma, dedicado a la red Modbus Plus de comunicación entre PLCs. Con este PC se podrá obtener información completa del estado de la subestación y/o bloques técnicos, así como dar órdenes oportunas.

De una manera distribuida, todos los sistemas estarán dotados de un PLC, que se encargarán de ir recogiendo señales de entrada/salida y de hacer controles locales allí donde se necesiten. También ejecutarán la lógica que se requiera para un funcionamiento coordinado de todos los servicios de cada una de las distintas unidades.

4.1 Telemando, control y supervisión de la subestación

El PMC será capaz de realizar el control completo de la Subestación, permitiendo efectuar órdenes de mando, cambiar parámetros de ajustes y registrar todos los eventos y alarmas.

Estos sistemas estarán implementados utilizando el SCADA para el control y monitorización desde el PMC.

El proceso de control de la subestación, se efectuará a través de PLCs, instalados en todos los grupos eléctricos, y serán capaces de realizar todo el mando, control y enclavamiento de equipos, operaciones y cálculos con señales analógicas, así como de señalización local y remota de todas las alarmas, estados y eventos producidos. Igualmente, serán capaces de controlar equipos muy específicos y realizar tareas de protección como ensayo de líneas (EDL), comparación de tensión (DDT) y ensayo de defecto de línea.

Estos PLCs enviarán la información al Maestro y al PC, asimismo, ejecutarán las órdenes que le vengan desde el Puesto Central o desde el PC de la subestación.

Se contemplan los siguientes autómatas:

- Acometida 1
- Acometida 2
- Grupo rectificador 1
- Grupo rectificador 2
- Feeder 1
- Feeder 2
- Retornos
- Servicios auxiliares-comunicaciones

APENDICE 1. SISTEMA DE CONTROL Y TELEMANDO

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. NIVELES DE MANDO Y CONTROL DE LA SUBESTACIÓN**
- 3. ARQUITECTURA DE CONTROL**
 - 3.1. Descripción del Puesto de Mando Local (PCL)**
- 4. DESCRIPCIÓN DE LOS PLCS**
 - 4.1. Características generales**
 - 4.2. Hardware de la subestación de tracción**
 - 4.3. Descripción de los autómatas**
 - 4.4. Sistema operativo**
 - 4.5. Memoria**
 - 4.6. Módulos**
 - 4.7. Clasificación de los Módulos de Entradas/Salidas**
 - 4.8. Especificaciones técnicas de los PLC**
 - 4.9. Descripción del bus de comunicaciones entre PLC´s**
 - 4.10. Software de programación y configuración de PLC´s**

1. INTRODUCCIÓN

La subestación estará telemandada desde el Puesto de Mando Central, ubicado en la parcela de Talleres y Cocheras al final del ramal de Lakua.

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 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.

2. NIVELES DE MANDO Y CONTROL DE LA SUBESTACIÓN

Con el sistema de control distribuido, el mando y control de la subestación y de los bloques técnicos podrá realizarse desde los tres niveles siguientes, ordenados según su prioridad:

- Nivel de Mando Local: estando el conmutador en dicha posición, el mando de cada grupo eléctrico se efectuará con los pulsadores a pie de equipos. Este mando, tiene prioridad sobre los dos siguientes, anulando las órdenes que se efectúen remotamente; garantizando, por otra parte, el control de la subestación y/o bloques técnicos en los posibles casos de avería de la red.
- Nivel de Mandos desde el Puesto de Mando Central del Tranvía: con el conmutador en posición remoto y a través de la red Ethernet TCP/IP Modbus de comunicación con el PMC.
- Nivel de mando y supervisión en Subestación y Bloques técnicos: con el conmutador en posición remoto, y con un PC portátil, se podrá acceder en cualquier PLC o toma, dedicado a la red Modbus Plus de comunicación entre PLCs. Con este PC se podrá obtener información completa del estado de la subestación y/o bloques técnicos, así como dar órdenes oportunas.

De una manera distribuida, todos los sistemas estarán dotados de un PLC, que se encargarán de ir recogiendo señales de entrada/salida y de hacer controles locales allí donde se necesiten. También ejecutarán la lógica que se requiera para un funcionamiento coordinado de todos los servicios de cada una de las distintas unidades.

3. ARQUITECTURA DE CONTROL

El control de las subestaciones está definido por las siguientes redes:

- Red de control. Red Ethernet TCP/IP Modbus, de altas prestaciones y fácil implantación. Red distribuida de PLC's distribuidos y PLC maestro particularizada para esta Subestación. Los autómatas se instalarán en las celdas correspondientes a cada uno de los grupos, las cuales estarán preparadas para la instalación del autómata en su interior. Los autómatas realizarán los automatismos y enclavamientos de la Subestación. Esta red distribuida de PLC's en bus se comunicará a través de un puerto serie y mediante un módulo de comunicaciones se conecta mediante fibra óptica, a cada PLC, formando un bus de comunicaciones en anillo, con protocolo Modbus TCP/IP para la comunicación entre los PLC's.

La red de control se integrará en el PLC con funciones remoto telemandado, que actúa de enlace de las comunicaciones hacia el Puesto Central del Telemando de Subestaciones y

donde se realiza el procesamiento de la información a transmitir. Además, se tendrá un PC para la visualización y control local de la subestación.

- Switches, en cada PLC y en el PC se instalará un switch industrial de conexión a la red de F.O, cuya funcionalidad es doble, amplificación de señal y como convertidor F.O./Cable, ya que los equipos de control local se conectarán por cable.
- En la Subestación un PLC (Maestro), actuará como concentrador y gestor de las comunicaciones entre los distintos PLC de los sistemas y el Puesto Central, mediante una red doble, que comprenderá la instalación de dos módulos de comunicaciones, en el PLC Maestro, Ethernet TCP/IP Modbus.
- Los PLC ubicados en cada sistema de la Subestación, se encargarán independientemente, del control de sus equipos, enviando la información al Maestro y al PC, así como ejecutando las órdenes que le vengan desde el Puesto Central o desde el PC de la subestación.

3.1. Descripción del Puesto de Mando Local (PCL)

Con objeto de permitir un rápido y potente control, así como una clara supervisión de la subestación se instalará 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 que comunicará hacia el Puesto de Mando Central.

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:

- CPU: VIA Eden 1,6GHZ, INTEL Atom 1,6GHZ mínimo
- Memoria RAM: 2 GB
- Disco duro: 160 GB
- Lector CD-ROM : DVD
- Slots de expansión: 1 PCI, 1 PCMCIA
- Puertos comunicaciones: 2
Ethernet 10/100 (conector RJ45)
4 USB
1 serie RS-232C (9 pin Sub-D macho)
- Pantalla incorporada: 19"
TFT color táctil analógica (no matricial)
Resolución 1024 x 768 pixels
Luminosidad /250 cd/m2 (regulable)
Grado de protección IP65
- Alimentación: 100-240 VAC/50-60 Hz soporta microcortes de hasta 10 ms
- Sistema operativo: Windows XP PROFESIONAL SP2
- Software preinstalado: Internet Explorer
- Un ratón informático
- Hub de comunicaciones.

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%

4. DESCRIPCIÓN DE LOS PLCS

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.

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: Ethernet TCP/IP Modbus, ASCII, Profibus, Interbus, Fipio, Modbus, etc.

El tamaño de las memorias de las diferentes CPUs deberán 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.

Los bastidores podrán estar conectados entre sí mediante cableado, admitiendo arquitecturas con distancias de cómo mínimo 100 metros sin ningún tipo de elemento adicional, salvo el propio cableado. Para mayores distancias deberán existir elementos que permitan arquitecturas con extensiones de al menos 3 veces las descritas anteriormente.

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: Ethernet TCP/IP Modbus, Modbus, 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 Ethernet TCP/IP Modbus.

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 tarjeta 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.

El acceso a la memoria de programa deberá poder restringirse, según el usuario, mediante código de acceso, evitando 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 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.

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 módulos de comunicación.

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...120VDC 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.

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, formado por:
 - Una CPU USB MODBUS. (Maestro)
 - Un Rack de 6 posiciones.
 - Una fuente de Alimentación de Corriente Continua estándar 16W aislada.
 - Un módulo ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Un módulo de 32 entradas digitales. 24V.
 - Dos Bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R
- Un PLC de adquisición y control de señales, para cada celda de línea (2 en total), formado por:
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un Rack de 6 posiciones.
 - Una fuente de Alimentación de Corriente Continua estándar 16W aislada.
 - Un módulo ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Un módulo de 32 entradas digitales. 24V.
 - Un módulo de 16 salidas digitales. 24V, 0,5 A.
 - Un bornero de 20 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Dos Bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R.
- Un PLC de adquisición y control de señales, para cada uno de los grupos transformadores-rectificadores (en total 2 PLC's), formado por:
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Dos racks de 6 posiciones.
 - Dos fuentes de Alimentación de Corriente Continua estándar 16W aisl.
 - Un módulo ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Dos módulos de 32 entradas digitales. 24V.
 - Dos módulos de 16 salidas digitales. 24V, 0,5 A.
 - Dos módulos de 4 entradas analógicas. V/I aisl.
 - Cuatro borneros de 20 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 cada uno de los feeders (en total 2 PLCs), formado por:
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un Rack de 8 posiciones.
 - Una fuente de Alimentación de Corriente Continua estándar 16W aisl.
 - Un módulo ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Un módulo de 32 entradas digitales. 24V.

- Dos módulos de 16 salidas digitales. 24V, 0,5 A.
 - Un módulo de 4 entradas analógicas. V/I aisl.
 - Tres borneros de 20 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Dos 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, formado por:
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un Rack de 6 posiciones.
 - Un Rack de 8 posiciones.
 - Dos fuentes de Alimentación de Corriente Continua estándar 16W aisl.
 - Un módulo ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Dos módulos de 32 entradas digitales. 24V.
 - Dos módulos de 16 salidas digitales. 24V, 0,5 A.
 - Tres módulos de 4 entradas analógicas. V/I aisladas.
 - Cinco borneros de 20 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 de servicios auxiliares, formado por:
 - Una CPU USB MODBUS.
 - Un Rack de 6 posiciones.
 - Un Rack de 12 posiciones.
 - Dos fuentes de Alimentación de Corriente Continua estándar 16W aislada.
 - Un módulo ETHERNET 10/100 RJ45 WEB.
 - Seis módulos de 32 entradas digitales. 24V.
 - Tres módulos de 16 salidas digitales. 24V, 0,1 A.
 - Dos módulos de 4 entradas analógicas. V/I aisladas.
 - Cinco borneros de 20 contactos precableados con el otro extremo libre.
 - Doce Bases con cables precableados.
 - Cable ETHERNET STP, Paralelo C/Conect.R

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 8K de instrucciones y 4K 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 %.

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 autómata 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 autómata 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.

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 autómata 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.)

4.6. Módulos

Todos los módulos (excepto los módulos de procesador 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.

4.6.1. 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.

4.7. 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 rack 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 V.C.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 KbBdatos

TIPO	
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

- 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
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	1 modulo ethernet
Clase de conformidad	Clase Transparent Ready B30
Servicio WEB	Diagnóstico de autómatas "Rack viewer" Variables y datos del autómata "Data Editor"

Los procesadores dispondrán de una conexión Ethernet TCP/IP integrada con al menos un servidor Web para fines de diagnóstico. A través de un módulo NOE independiente que ofrezca conexiones Ethernet TCP/IP 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 Mb.

El autómatas 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 y IP. 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 autómatas a través de Ethernet (en el sitio de intranet o desde un sitio remoto) a través de un navegador de Internet estándar (tipo Microsoft Internet Explorer). Para ello, este servidor Web debe estar instalado en el autómatas. 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 autómatas.

Las variables u objetos animados de las páginas Web del navegador de Internet deben actualizarse automáticamente desde el autómatas 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 autómatas 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 20 puntos y cable de Ethernet necesario.

4.8. 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, pero en el caso que nos ocupa, 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, telecontrol, y telesupervisión, 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 diferentes equipos que cumplan con las siguientes características mínimas:

Switchs:

- 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.

4.9. Software de programación y configuración de PLC´s

El software de programación de los PLC, 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.

Tiene que 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 tiene que 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 autómatas), lo gestionará automáticamente la herramienta, para hacer uso de él utilizaremos el identificador, descrito anteriormente, que se habrá definido para tal efecto previamente.
- 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 autómata 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 autómata, 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 ella 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 autómata. 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 autómata.
- 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 autómata. 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 que la descarga de estos cambios 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 autómatas 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.

Tiene que 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 y todo ello desde esta 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 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.

APENDICE 2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE

1. ESQUEMA GENERAL DE LA SUBESTACIÓN

1.1. Cálculos de potencias e intensidades de Cortocircuito

- 1.1.1. Celdas de 30kV
- 1.1.2. Transformador de tracción de 1000kVA, lado de 600V
- 1.1.3. Transformador servicios auxiliares 250kVA
- 1.1.4. Embarrados de 600 V y 400 V

1.2. Cálculos de potencias e intensidades de Cortocircuito

- 1.2.1. Cables del sistema de 30kV
- 1.2.2. Cables de alimentación a transformadores

1.3. Cables del sistema de 750V

- 1.3.1. Cálculo por intensidad de cortocircuito admisible
- 1.3.2. Cálculo por intensidad permanente admisible
- 1.3.3. Cálculo por caída de tensión
- 1.3.4. Elección del conductor

2. SERVICIOS AUXILIARES

2.1. Baja Tensión de la Subestación

- 2.1.1. Cálculos eléctricos baja tensión 400V
- 2.1.2. Cálculo de Puesta a Tierra
- 2.1.3. Cálculos de alumbrado

2.2. Ventilación

- 2.2.1. Cálculo del sistema de ventilación
- 2.2.2. Caudal de aire necesario

2.3. Bomba de achique de filtraciones

1. ESQUEMA GENERAL DE LA SUBESTACIÓN

En este apartado se resumen los cálculos eléctricos necesarios para el dimensionamiento de los equipos y cableado de alta tensión. Se disponen de los siguientes datos de partida:

Acometida eléctrica:

- Tensión de distribución: 30 kV
- Longitud del cable de acometida desde subestación de Desamparadas: 3,075 km
- Cable utilizado: DHZ1 18/30 kV 1x150mm² Al
- Resistencia del cable: 0,262 Ω/km
- Reactancia del cable: 0,121 Ω/km

Transformadores de grupo:

- Número: 2+1
- Potencia: 1000 kVA
- Relación de transformación: 30kV/0,59-0,59kV
- Tensión de cortocircuito: 8%

Transformador de distribución BT:

- Número: 1
- Potencia: 250 kVA
- Relación de transformación: 30kV/0,6-0,4kV
- Tensión de cortocircuito: 6%

1.1. Cálculos de potencias e intensidades de Cortocircuito

Los cálculos se han realizado considerando la aportación desde la subestación de Desamparadas, cuya potencia es de 477 MVA.

- Datos acometida Desamparadas:
 - Resistencia de la red: 207,45 mΩ
 - Reactancia de la red: 2.064,14 mΩ
 - Impedancia de la red (30 kV): 2.074,5 mΩ

La conexión entre subestaciones se realiza con el tipo de cable mencionados anteriormente, que dispone de la siguiente impedancia:

$$Z(90^\circ) = \sqrt{R(90^\circ)^2 + X(90^\circ)^2}$$
$$Z(90^\circ) = \sqrt{0,262^2 + 0,121^2} = 0,288 \text{ } \Omega/\text{km}$$

La impedancia del cable:

$$Z_{\text{cable}} = Z(90^\circ) \times \text{longitud} = 0,288 \text{ } \Omega/\text{km} \times 3,075 \text{ km} = 0,8856 \text{ } \Omega$$

Y, por tanto, la impedancia total en el ramal de Salburua:

$$Z_{\text{ramal Salburua}} = 2,0745 + 0,8856 = 2,96 \text{ } \Omega$$

La intensidad de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{1,1 \times V_n}{\sqrt{3} \times Z}$$
$$I_{cc} = \frac{1,1 \times 30}{\sqrt{3} \times 2,96} = 6,436 \text{ kA}$$

1.1.1. Celdas de 30kV

Tanto las barras como los interruptores automáticos se diseñan para una intensidad trifásica de 20 kA.

- Tensión de servicio: 30 kV
- Intensidad de cortocircuito: 20 kA
- Intensidad de cortocircuito dinámica: 63 kA

Potencia simétrica de cortocircuito trifásico:

$$S_{cc} = \frac{(30 \text{ kV})^2}{2,96\Omega} = 304,054 \text{ MVA}$$

1.1.2. Transformador de tracción de 1000kVA, lado de 600V

La impedancia de la red referida a la tensión de 0,59 kV, será:

$$Z_{\text{red } 0,59\text{kV}} = Z_{\text{red } 30 \text{ kV}} \times \left(\frac{V_{nbt}}{V_{nmt}} \right)^2 [\Omega]$$

$$Z_{\text{red } 0,59\text{kV}} = 2,96 \times \left(\frac{0,59}{30} \right)^2 \times 1000 = 1,145 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

Una vez sabidos los datos de la red y teniendo en cuenta las características del transformador, se calcula la impedancia de este último:

$$Z_{\text{trafo rectificador}} = \frac{U_{cc}}{100} \times \frac{V_{nbt}^2}{P_n} \times 1000^2 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

Donde:

- $Z_{\text{trafo rectificador}}$ es la impedancia del transformador en m Ω
- U_{cc} (%) es la tensión de cortocircuito del transformador
- V_{nbt} es la tensión del secundario en kV
- P_n es la potencia nominal del transformador que viene dado en kVA

$$Z_{\text{trafo rectificador}} = \frac{8}{100} \times \frac{0,59^2}{1000} \times 1000^2 = 27,84 \text{ m}\Omega$$

Obtenidos los datos del transformador y teniendo en cuenta que el transformador cuelga de la red, la impedancia total del sistema será la suma algebraica de las dos impedancias:

$$Z_{\text{total}} = Z_{\text{red } 0,59\text{kV}} + Z_{\text{trafo rectificador}}$$

$$Z_{\text{total}} = 1,145 + 27,84 = 28,985 \text{ m}\Omega$$

$$I_{ktotal} = \frac{1,1 \times V_{nbt}}{\sqrt{3} \times Z_{ktotal} \times 1000}$$

$$I_{ktotal} = \frac{1,1 \times 590}{\sqrt{3} \times 28,985} = 12,927 \text{ kA}$$

1.1.3. Transformador servicios auxiliares 250kVA

Se realizan los cálculos por el método de las impedancias.

La resistencia del transformador será:

$$R_{tr} = \frac{P_{cc}}{100} \times \frac{V_{nbt}^2}{P_n} \times 1000^2 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

Donde:

Rtr es la impedancia del transformador en mΩ

Pcc % es la potencia de cortocircuito del transformador

Vnbt es la tensión del secundario en V

Pn es la potencia nominal del transformador en kVA

$$R_{tr} = \frac{3}{100} \times \frac{0,6^2}{250} \times 1000^2 = 43,2 \text{ m}\Omega$$

$$R_{tr} = \frac{3}{100} \times \frac{0,4^2}{250} \times 1000^2 = 19,2 \text{ m}\Omega$$

Una vez conocida la resistencia, se calcula la reactancia del transformador:

$$X_{tr} = \frac{\sqrt{V_{cc}^2 - P_{cc}^2}}{100} \times \frac{V_{nbt}^2}{P_n} \times 1000^2$$

Por lo tanto:

$$X_{tr} = \frac{\sqrt{6^2 - 3^2}}{100} \times \frac{0,6^2}{250} \times 1000^2 = 74,82 \text{ m}\Omega$$

$$X_{tr} = \frac{\sqrt{6^2 - 3^2}}{100} \times \frac{0,4^2}{250} \times 1000^2 = 33,25 \text{ m}\Omega$$

A modo resumen se recopilan en esta tabla los datos obtenidos:

	TENSION (KV)	
	0,6	0,4
Rtr (mΩ)	43,2	19,2
Xtr (mΩ)	74,82	33,25

Una vez obtenidos los datos del transformador y teniendo en cuenta que estarán en serie el transformador y la red:

$$Z_{total} = Z_q \times \left(\frac{V_{nbt}}{V_{nmt}}\right)^2 + Z_{tr} \text{ [m}\Omega\text{]}$$

$$Z_{total}(600V) = 2,96 \times \left(\frac{0,6}{30}\right)^2 + 86,396 = 87,58 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

$$Z_{total}(400V) = 2,96 \times \left(\frac{0,4}{30}\right)^2 + 39,4 = 39,93 \text{ [m}\Omega\text{]}$$

Una vez obtenidas las impedancias del conjunto de la red y el transformador, se calcula la corriente de cortocircuito:

$$I_{ktotal} = \frac{1,1 * V_{nbt}}{\sqrt{3} * Z_{ktotal} \times 1000}$$

$$I_{ktotal} = \frac{1,1 * 600}{\sqrt{3} * 87,58} = 4,35 \text{ A}$$

$$I_{ktotal} = \frac{1,1 * 400}{\sqrt{3} * 39,93} = 6,36 \text{ A}$$

1.1.4. Embarrados de 600 V y 400 V

Dada la corta distancia entre en cuadro de distribución de baja tensión y el transformador de los servicios auxiliares, esta no tiene influencia significativa en la reducción de la intensidad de cortocircuito de los respectivos embarrados. Por lo que la intensidad de cortocircuito de los embarrados será la misma que la indicada en el apartado anterior:

- Embarrado de 600 V: $I_{cc}=4,35$ kA
- Embarrado de 400 V: $I_{cc}=6,36$ kA

1.2. Cálculos de potencias e intensidades de Cortocircuito

1.2.1. Cables del sistema de 30kV

1.2.1.1. Cálculo por intensidad de cortocircuito admisible

Los datos de partida utilizados para el cálculo son:

- Conductor: Aluminio
- Aislamiento: Etileno propileno (EPR)
- Tiempo de duración de falta: 0,5 segundos
- Intensidad de cortocircuito trifásica: 6,436 kA

Según UNE-211435:2011 tabla B2 -Intensidad máxima de cortocircuito en aislamientos de EPR-, para una intensidad de cortocircuito calculada, la sección mínima del cable para un tiempo de despeje de 0,5 s es de 35 mm² en cobre y de 50 mm² en aluminio (capaz de soportar hasta 6,85 kA).

La sección propuesta de 150 mm² Al (capaz de soportar hasta 20,4 kA).

1.2.1.2. Cálculo por intensidad permanente admisible

Los cables de acometida a la subestación serán dimensionados para la potencia total instalada, de acuerdo con el presente proyecto:

TRANSFORMADORES	POTENCIA
Grupos transformadores/rectificadores	2 x 1.000 kVA
Transformador de servicios auxiliares:	1 x 250 kVA
Potencia total:	2.250 kVA

La intensidad máxima a soportar por las líneas de alimentación a la subestación será:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{2250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 30 \text{ kV}} = 43,3 \text{ A}$$

Los factores de corrección utilizados según UNE-211435:2011 son:

- Por agrupamiento de cables desde 3,6/6kV hasta 18/30kV en tubulares soterradas:

- Circuitos agrupados: 2
- Distancia entre tubos: 0,82
- Coeficiente de corrección: $C_1 = 0,83$
- Por distintas profundidades de tubulares soterradas:
 - Profundidad: 1,50 m
 - Coeficiente de corrección: $C_2 = 0,95$
- Por variación de la temperatura del aire ambiente y del terreno. Supondremos una temperatura del aire ambiente de 40°C y del terreno, en cables soterrados de 25°C, por lo que el coeficiente será 1.
- Por variación de la resistividad térmica del terreno. Supondremos una resistividad de 1,5 K x m/W, por lo que el coeficiente será 1.

En base a estos coeficientes, la intensidad corregida será:

$$I_c = \frac{I}{C_1 \times C_2} = \frac{43,3 \text{ A}}{0,83 \times 0,95 \times 1 \times 1} = 54,914 \text{ A}$$

Dado que se está considerando la posibilidad de una sobrecarga de los transformadores de hasta un 150% durante 2 horas, se considera también este incremento en la intensidad (se considera que, aunque puedan tener sobrecarga, en base a clase de servicio VI, de un 200%, durante 1 minuto, esta es muy difícil que se solape al mismo tiempo en todos los transformadores), que pasaría a ser:

$$I_c = 54,914 \text{ A} \times 1,50 = 82,371 \text{ A}$$

Se selecciona para la acometida el cable de material aluminio, con una sección de 1x150mm², siendo su capacidad de 235 A, según UNE-211435:2011, tabla A.4.2.

1.2.1.3. Cálculo por caída de tensión

Debido a la corta longitud de los cables, la caída de tensión es tan reducida que no condiciona su dimensionado.

1.2.1.4. Elección del conductor

En consecuencia, con los cálculos realizados, el cable elegido para la línea de 30 kV es:

$$3 \times (1 \times 150 \text{ mm}^2) \text{ Al, DHZ1 H25 18/30 kV}$$

1.2.2. Cables de alimentación a transformadores

Se trata de los cables que salen de las celdas de 30 kV hasta los transformadores de grupo y servicios auxiliares.

1.2.2.1. Cálculo por intensidad de cortocircuito admisible

Los datos de partida utilizados para el cálculo son:

- Conductor: Aluminio
- Aislamiento: Etileno propileno (EPR)
- Tiempo de duración de falta: 0,5 segundos

- Intensidad de cortocircuito trifásica: 6,436 kA

Según UNE-211435:2011 tabla B2 -Intensidad máxima de cortocircuito en aislamientos de EPR-, para una intensidad de cortocircuito calculada, la sección mínima del cable para un tiempo de despeje de 0,5 s es de 35 mm² en cobre y de 50 mm² en aluminio (capaz de soportar hasta 6,85 kA).

La sección propuesta de 150 mm² Al (capaz de soportar hasta 20,4 kA).

1.2.2.2. Cálculo por intensidad permanente admisible

La intensidad máxima a soportar por cualquiera de las líneas de 30 kV de alimentación a transformadores vendrá determinada por la potencia del mayor de dichos transformadores (1.000 kVA). Así pues, la intensidad máxima en régimen permanente será:

$$I = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n}$$

$$I = \frac{1.000\text{kVA}}{\sqrt{3} \times 30\text{kV}} = 19,24 \text{ A}$$

Los factores de corrección utilizados según UNE-211435:2011 son:

- Por disposición de cables sobre bandejas:
 - Número de bandejas: 2
 - Número de ternas: 3
 - Coeficiente de corrección: C₁ = 0,86
- Por variación de temperatura:
 - Temperatura máxima: 40°C
 - Coeficiente de corrección: C₂ = 1

En base a estos coeficientes, la intensidad corregida será:

$$I_c = \frac{I}{C_1 \times C_2} = \frac{19,24 \text{ A}}{0,86 \times 1} = 22,37 \text{ A}$$

Dado que estamos considerando la posibilidad de una sobrecarga de los transformadores de hasta un 200% durante 1 minuto, consideramos también este incremento en la intensidad, que pasaría a ser:

$$I_c = 22,37 \text{ A} \times 2 \cong 44,74 \text{ A}$$

Se selecciona para la acometida el cable de material aluminio, con una sección de 1x150mm², siendo su capacidad de 310 A, según UNE-211435:2011, tabla A.4.2.

1.2.2.3. Cálculo por caída de tensión

Debido a la corta longitud de los cables, la caída de tensión es tan reducida que no condiciona su dimensionado.

1.2.2.4. Elección del conductor

En consecuencia, con los cálculos realizados, el cable elegido para la alimentación a cada uno de los 3 transformadores desde las celdas de 30 kV será:

$$3 \times (1 \times 150 \text{ mm}^2) \text{ Cu, DHZ1 H25 18/30 kV}$$

1.3. Cables del sistema de 750V

Son los cables que van desde la salida de cada secundario de los transformadores de grupo hasta las celdas de rectificación.

1.3.1. Cálculo por intensidad de cortocircuito admisible

Los datos de partida utilizados para el cálculo son:

- Conductor: Cobre
- Aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE)
- Tiempo de duración de falta: 0,5 segundos
- Intensidad de cortocircuito trifásica: 12,927 kA, calculado anteriormente

Según UNE-211435:2011 tabla B2 -Intensidad máxima de cortocircuito en aislamientos de XLPE-, para una intensidad de cortocircuito calculada, la sección mínima del cable para un tiempo de despeje de 0,5 s es de 70 mm² en cobre (capaz de soportar hasta 14,4 kA).

La sección propuesta es de 150 mm² (capaz de soportar hasta 30,7 kA).

1.3.2. Cálculo por intensidad permanente admisible

Dado que el transformador de grupo puede llegar a trabajar al 150% de su capacidad durante 2 horas, cada seis horas se tomará como potencia de régimen permanente d carga 1,5 veces la potencia nominal de dicho transformador.

Cada transformador de tracción alimenta, por medio de dos secundarios, a un grupo rectificador. Cada circuito que sale de estos secundarios se dimensionará para la mitad de la potencia del transformador que lo alimenta, es decir, 500 kVA, multiplicado por 1,5 al considerar la posibilidad de trabajar al 150% de su capacidad.

La intensidad máxima a soportar en régimen permanente será:

$$I = 1,5 * \left(\frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} \right)$$

$$I = 1,5 * \left(\frac{500\text{kVA}}{\sqrt{3} * 0,59\text{kV}} \right) = 733,92 \text{ A}$$

Los factores de corrección utilizados según UNE-211435:2011 son:

- Por disposición de los cables en las bandejas:
 - Número máximo de bandejas: 3
 - Número máximo de ternas o cables: 3
 - Coeficiente de corrección: $C_1 = 0,86$

- Por variación de temperatura:

- Temperatura máxima: 40°C
- Coeficiente de corrección: $C_2 = 1$

En base a estos coeficientes, la intensidad corregida será:

$$I_c = \frac{I}{C_1 \times C_2} = \frac{733,92A}{0,86 \times 1} = 853,39A$$

La sección de cobre mínima de cable necesaria para la circulación de esta intensidad, según UNE 211435-2011, es 2 x (1 x 150 mm²).

1.3.3. Cálculo por caída de tensión

Debido a la corta longitud de los cables, la caída de tensión es tan reducida que no condiciona su dimensionado.

1.3.4. Elección del conductor

En consecuencia, con los cálculos realizados, el cable elegido para la salida de cada secundario hacia las celdas de grupo será:

$$3 \times (2 \times (1 \times 240 \text{ mm}^2)) \text{ Cu, RZ1 0,6/1 kV}$$

2. SERVICIOS AUXILIARES

2.1. Baja Tensión de la Subestación

En este apartado se recogen los cálculos de los elementos de baja tensión que dan servicio a los equipos auxiliares de la subestación.

Por un lado, se han realizado los cálculos del cuadro general de baja tensión de 400 V, el embarrado y los cables de alimentación a los receptores, así como los cálculos del alumbrado interior de la subestación. Por otro lado, se han realizado los cálculos para la ventilación requerida por los equipos instalados en la subestación y el dimensionamiento de las bombas de achique requeridas.

2.1.1. Cálculos eléctricos baja tensión 400V

Los cálculos de baja tensión para el embarrado, el cuadro de baja tensión de 400 V y los cables de los receptores de los servicios auxiliares de la subestación, se han calculado mediante el software CIEBT de dmElect. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para el cálculo de caída de tensión y de cortocircuito.

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION

Fórmulas

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm^2 .

$\cos\phi$ = Coseno de ϕ . Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N° de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en $\text{m}\Omega/\text{m}$.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1+\alpha(T-20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\text{max}}-T_0)(I/I_{\text{max}})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C .

$$\text{Cu} = 0.017241 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

$$\text{Al} = 0.028264 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$\text{Cu} = 0.003929$$

$$\text{Al} = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor ($^\circ\text{C}$).

T_0 = Temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$):

$$\text{Cables enterrados} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Cables al aire} = 40^\circ\text{C}$$

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor ($^\circ\text{C}$):

$$\text{XLPE, EPR} = 90^\circ\text{C}$$

$$\text{PVC} = 70^\circ\text{C}$$

$$\text{Barras Blindadas} = 85^\circ\text{C}$$

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

I_b : intensidad utilizada en el circuito.

I_z : intensidad admisible de la canalización según la norma UNE-HD 60364-5-52.

In: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, In es la intensidad de regulación escogida.

I2: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 In como máximo).
- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 In).

Fórmulas compensación energía reactiva

$$\cos\phi = P/\sqrt{P^2+ Q^2}.$$

$$\tan\phi = Q/P.$$

$$Q_c = P \times (\tan\phi_1 - \tan\phi_2).$$

$$C = Q_c \times 1000 / U^2 \times \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella).}$$

$$C = Q_c \times 1000 / 3 \times U^2 \times \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo).}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Qc = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

ϕ_1 = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.

ϕ_2 = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

$\omega = 2\pi f$; f = 50 Hz.

C = Capacidad condensadores (F); $c \times 1000000$ (μF).

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{k3} = ct U / \sqrt{3} (Z_Q + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k2} = ct U / 2 (Z_Q + Z_T + Z_L)$$

$$* I_{k1} = ct U / \sqrt{3} (Z_Q + Z_T + Z_L + (Z_N \text{ ó } Z_{PE}))$$

¡ATENCIÓN!: La suma de las impedancias es vectorial, son números complejos y se suman partes reales por un lado (R) e imaginarias por otro (X).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Rt: $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Xt: $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

Siendo:

I_{k3}: Intensidad permanente de c.c. trifásico (simétrico).

I_{k2}: Intensidad permanente de c.c. bifásico (F-F).

I_{k1}: Intensidad permanente de c.c. Fase-Neutro o Fase PE (conductor de protección).

ct: Coeficiente de tensión. (Condiciones generales de cc según I_{kmax} o I_{kmin}), UNE_EN 60909.

U: Tensión F-F.

Z_Q: Impedancia de la red de Alta Tensión que alimenta nuestra instalación. S_{cc} (MVA) Potencia cc AT.

$$Z_Q = ct U^2 / S_{cc} \quad X_Q = 0.995 Z_Q \quad R_Q = 0.1 X_Q \quad \text{UNE_EN 60909}$$

Z_T: Impedancia de cc del Transformador. S_n (KVA) Potencia nominal Trafo, ucc% e urcc% Tensiones cc Trafo.

$$Z_T = (ucc\%/100) (U^2 / S_n) \quad R_T = (urcc\%/100) (U^2 / S_n) \quad X_T = (Z_T^2 - R_T^2)^{1/2}$$

Z_L, Z_N, Z_{PE}: Impedancias de los conductores de fase, neutro y protección eléctrica respectivamente.

$$R = \rho L / S \cdot n$$

$$X = X_u \cdot L / n$$

R: Resistencia de la línea.

X: Reactancia de la línea.

L: Longitud de la línea en m.

ρ : Resistividad conductor, (I_{kmax} se evalúa a 20°C, I_{kmin} a la temperatura final de cc según condiciones generales de cc).

S: Sección de la línea en mm². (Fase, Neutro o PE)

X_u : Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

* Curvas válidas. (Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	IMAG = 5 In
CURVA C	IMAG = 10 In
CURVA D	IMAG = 20 In

Fórmulas Embarrados

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)$$

Siendo,

σ_{max} : Tensión máxima en las pletinas (kg/cm²)

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

L: Separación entre apoyos (cm)

d: Separación entre pletinas (cm)

n: nº de pletinas por fase

W_y : Módulo resistente por pletina eje y-y (cm³)

σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm²)

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{tcc})$$

Siendo,

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

I_{cccs} : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas (mm²)

tcc: Tiempo de duración del cortocircuito (s)

K_c : Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

Fórmulas Lmáx

$$L_{máx} = 0.8 \cdot U \cdot S \cdot k_1 / (1.5 \cdot \rho_{20} \cdot (1+m) \cdot I_a \cdot k_2)$$

$L_{máx}$ = Longitud máxima (m), para protección de personas por corte de la alimentación con dispositivos de corriente máxima.

U = Tensión (V), $U_{ff} / \sqrt{3}$ en sistemas TN e IT con neutro distribuido, U_{ff} en IT con neutro NO distribuido.

S: Sección (mm²), S_{fase} en sistemas TN e IT con neutro NO distribuido, S_{neutro} en sistemas IT con neutro distribuido.

k_1 = Coeficiente por efecto inductivo en las líneas, 1 $S < 120 \text{mm}^2$, 0.9 $S = 120 \text{mm}^2$, 0.85 $S = 150 \text{mm}^2$, 0.8 $S = 185 \text{mm}^2$, 0.75 $S \geq 240 \text{mm}^2$.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.017241 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

$$Al = 0.028264 \text{ ohmiosxmm}^2/\text{m}$$

m = S_{fase}/S_{neutro} sistema TN_C, $S_{fase}/S_{protección}$ sistema TN_S, $S_{neutro}/S_{protección}$ sistema IT neutro distribuido, $S_{fase}/S_{protección}$ sistema IT neutro NO distribuido.

I_a : Fusibles, I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5sg.

Interruptores automáticos, Imag (A):

CURVA B IMAG = 5 In
CURVA C IMAG = 10 In
CURVA D IMAG = 20 In

k2 = 1 sistemas TN, 2 sistemas IT.

Fórmulas Resistencia Tierra

Placa enterrada

$$R_t = 0,8 \cdot \rho / P$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

P: Perímetro de la placa (m)

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud del conductor (m)

Asociación en paralelo de varios electrodos

$$R_t = 1 / (L_c/2\rho + L_p/\rho + P/0,8\rho)$$

Siendo,

Rt: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ : Resistividad del terreno (Ohm·m)

Lc: Longitud total del conductor (m)

Lp: Longitud total de las picas (m)

P: Perímetro de las placas (m)

DEMANDA DE POTENCIAS - ESQUEMA DE DISTRIBUCION TT

- Potencia total instalada:

Bomba achique	1330 W
Vent. Aspiracion 1	2200 W
Vent. Aspiracion 2	2200 W
Relés inundacion	1300 W
Celdas 30 kV	900 W
Celdas CC	900 W
Celdas Feeders	900 W
Celdas Catenaria	900 W
Central Incendios	900 W
Deshumidificador	1100 W
Trafo Control	535.5 W
	8500 W
Fuerza y Alumbrado	5502.7 W
Resist. calef. 1	2500 W
Resist. calef. 2	2500 W
Resist. calef. 3	2500 W
Resist. calef. 4	2500 W
Señalización 1	1000 W
Señalización 2	1000 W
Armario Comunicaci	500 W
TOTAL....	39668.2 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 2.7
- Potencia Instalada Fuerza (W): 39665.5
- Potencia Máxima Admisible (W)_Cosfi 0.8: 43784.96
- Potencia Máxima Admisible (W)_Cosfi 1: 54731.2

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas

- Potencia Fase R (W): 10768.2
- Potencia Fase S (W): 10800
- Potencia Fase T (W): 10700

Cálculo de la DERIVACION INDIVIDUAL

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 10 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 39668.2 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):
 $2200 \times 1.25 + 37470.36 = 40220.36$ W. (Coef. de Simult.: 1)

$$I = 40220.36 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 72.57 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16+TTx16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 85 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 76.44

$$e(\text{parcial}) = 10 \times 40220.36 / 47.47 \times 400 \times 16 = 1.32 \text{ V.} = 0.33 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.33\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 80 A. Térmico reg. Int.Reg.: 79 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Bomba achique

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 1330 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $1330 \times 1.25 = 1662.5$ W.

$$I = 1662.5 / 230.94 \times 0.85 \times 1 = 8.47 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
l.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 46.23

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 20 \times 1662.5 / 52.58 \times 230.94 \times 2.5 \times 1 = 2.19 \text{ V.} = 0.95 \% \\ e(\text{total}) = 1.28 \% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Vent. Aspiracion 1

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 30 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 2200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $2200 \times 1.25 = 2750$ W.

$$I = 2750 / 400 \times 0.85 \times 1 = 4.67 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tripolares 3x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
l.ad. a 40°C (Fc=1) 22 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.25

$$e(\text{parcial}) = 30 \times 2750 / 53.34 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1.55 \text{ V.} = 0.39 \% \\ e(\text{total}) = 0.72 \% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Vent. Aspiracion 2

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 30 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0; R: 1
- Potencia a instalar: 2200 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):
 $2200 \times 1.25 = 2750$ W.

$I=2750/1,732 \times 400 \times 0.85 \times 1=4.67 \text{ A.}$

Se eligen conductores Tripolares 3x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 22 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.25

$e(\text{parcial})=30 \times 2750/53.34 \times 400 \times 2.5 \times 1=1.55 \text{ V.}=0.39 \%$

$e(\text{total})=0.72\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tripolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Relés inundacion

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 20 m; Cos φ : 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 1300 W.

- Potencia de cálculo: 1300 W.

$I=1300/230.94 \times 1=5.63 \text{ A.}$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.76

$e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 1300/53.43 \times 230.94 \times 2.5=1.69 \text{ V.}=0.73 \%$

$e(\text{total})=1.06\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Celdas (230Vac)

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 15 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 3600 W.

- Potencia de cálculo:

3600 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=3600/1,732 \times 400 \times 0.85=6.11 \text{ A.}$

Se eligen conductores Tetrapolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 22 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.86

$e(\text{parcial})=15 \times 3600/53.03 \times 400 \times 2.5=1.02 \text{ V.}=0.25 \%$

$e(\text{total})=0.59\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Celdas 30 kV

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 900 W.
- Potencia de cálculo: 900 W.

$$I=900/230.94 \times 0.8=4.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 28 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.51

$$e(\text{parcial})=2 \times 5 \times 900 / 53.48 \times 230.94 \times 2.5=0.29 \text{ V.}=0.13 \%$$

$$e(\text{total})=0.71\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: Celdas CC

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 900 W.
- Potencia de cálculo: 900 W.

$$I=900/230.94 \times 0.8=4.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 28 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.51

$$e(\text{parcial})=2 \times 5 \times 900 / 53.48 \times 230.94 \times 2.5=0.29 \text{ V.}=0.13 \%$$

$$e(\text{total})=0.71\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: Celdas Feeders

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 900 W.
- Potencia de cálculo: 900 W.

$$I=900/230.94 \times 0.8=4.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 28 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.51

$$e(\text{parcial})=2 \times 5 \times 900 / 53.48 \times 230.94 \times 2.5=0.29 \text{ V.}=0.13 \%$$

$$e(\text{total})=0.71\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: Celdas Catenaria

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

- Longitud: 5 m; Cos φ : 0.8; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 900 W.

- Potencia de cálculo: 900 W.

$$I=900/230.94 \times 0.8=4.87 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 28 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.51

$$e(\text{parcial})=2 \times 5 \times 900 / 53.48 \times 230.94 \times 2.5=0.29 \text{ V.}=0.13 \%$$

$$e(\text{total})=0.71\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Central Incendios

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 15 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 900 W.

- Potencia de cálculo: 900 W.

$$I=900/230.94 \times 0.85=4.58 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.17

$$e(\text{parcial})=2 \times 15 \times 900 / 53.55 \times 230.94 \times 2.5=0.87 \text{ V.}=0.38 \%$$

$$e(\text{total})=0.71\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Deshumificador

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 15 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1100 W.
- Potencia de cálculo: 1100 W.

$$I = 1100 / 230.94 \times 0.85 = 5.6 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.74

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 15 \times 1100 / 53.44 \times 230.94 \times 2.5 = 1.07 \text{ V.} = 0.46 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.79\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Trafo Control

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 10 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia aparente: 0.63 kVA.
- Índice carga c: 0.934.

$$I = Ct \times St \times 1000 / U = 1.25 \times 0.63 \times 1000 / 0.85 = 3.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.32

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 10 \times 535.5 / 53.52 \times 230.94 \times 1.5 = 0.58 \text{ V.} = 0.25 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.58\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

TRAFO INTERMEDIO

Trafo Control

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Circ. Control 220

TOTAL....

500 W

500 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 500

Cálculo de la Línea: Circ. Control 220

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 2 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 500 W.
- Potencia de cálculo: 500 W.

$$I=500/230 \times 0.85=2.56 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 28 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.42

$$e(\text{parcial})=2 \times 2 \times 500 / 53.69 \times 230 \times 2.5=0.06 \text{ V.}=0.03 \%$$

$$e(\text{total})=0.03\% \text{ ADMIS (5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 6 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia aparente: 10 kVA.
- Índice carga c: 0.588.

$$I= C_s \times S_s \times 1000 / (1.732 \times U) = 1.25 \times 10 \times 1000 / (1.732 \times 400)=18.04 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tetrapolares 4x16+TTx16mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 72 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 40 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.14

$$e(\text{parcial})=20 \times 10625 / 53.17 \times 400 \times 16=0.62 \text{ V.}=0.16 \%$$

$$e(\text{total})=0.49\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 63 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase B.

SISTEMA ALIMENTACION ININTERRUMPIDA

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Mando Secc. Catena	1500 W
Relés vigi alumbr	400 W
Coms transporte SE	600 W

Equipo Telearrastr	500 W
Circuito 110 Vcc	3000 W
TOTAL....	6000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 6000

Cálculo de la Línea:

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia aparente: 10 kVA.

$I = C_m \times S_s \times 1000 / U = 1.25 \times 10 \times 1000 / 230.94 = 54.13$ A.
 Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca
 l.ad. a 40°C (Fc=1) 73 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:
 Temperatura cable (°C): 56.49
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 0.3 \times 10000 / 50.73 \times 230.94 \times 16 = 0.03$ V. = 0.01 %
 $e(\text{total}) = 0.5\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:
 I. Mag. Bipolar Int. 63 A.
 Protección diferencial:
 Inter. Dif. Bipolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Alimentación Segur

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 2880 W.
- Potencia de cálculo:
 2880 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I = 2880 / 230.94 \times 1 = 12.47$ A.
 Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
 Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad
 reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
 l.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19
 Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
 Temperatura cable (°C): 53.5
 $e(\text{parcial}) = 2 \times 0.3 \times 2880 / 51.26 \times 230.94 \times 2.5 = 0.06$ V. = 0.03 %
 $e(\text{total}) = 0.53\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica:
 I. Mag. Bipolar Int. 16 A.
 Protección diferencial:
 Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Mando Secc. Catena

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 3 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.

- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 1=6.5 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.98

$$e(\text{parcial})=2 \times 3 \times 1500 / 53.39 \times 230.94 \times 2.5=0.29 \text{ V.}=0.12 \%$$

$$e(\text{total})=0.64\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Relés vigi alumbr

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 3 m; Cos φ : 1; Xu(m Ω /m): 0;

- Potencia a instalar: 400 W.

- Potencia de cálculo: 400 W.

$$I=400/230.94 \times 1=1.73 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.17

$$e(\text{parcial})=2 \times 3 \times 400 / 53.74 \times 230.94 \times 2.5=0.08 \text{ V.}=0.03 \%$$

$$e(\text{total})=0.56\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Coms transporte SE

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 3 m; Cos φ : 1; Xu(m Ω /m): 0;

- Potencia a instalar: 600 W.

- Potencia de cálculo: 600 W.

$$I=600/230.94 \times 1=2.6 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.38

$$e(\text{parcial})=2 \times 3 \times 600 / 53.7 \times 230.94 \times 2.5=0.12 \text{ V.}=0.05 \%$$

$$e(\text{total})=0.58\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Equipo Telearrastr

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 3 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 500 W.
- Potencia de cálculo: 500 W.

$$I=500/230.94 \times 1=2.17 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.26

$$e(\text{parcial})=2 \times 3 \times 500 / 53.72 \times 230.94 \times 2.5=0.1 \text{ V.}=0.04 \%$$

$$e(\text{total})=0.57\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Circuito 110 Vcc

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 4 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I=3000/230.94 \times 1=12.99 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 54.65

$$e(\text{parcial})=2 \times 4 \times 3000 / 51.05 \times 230.94 \times 2.5=0.81 \text{ V.}=0.35 \%$$

$$e(\text{total})=0.85\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: Fuerza y Alumbrado

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 15 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 5502.7 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
5504.86 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=5504.86/1,732 \times 400 \times 0.85=9.35$ A.

Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 41 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.6

$e(\text{parcial})=15 \times 5504.86/53.27 \times 400 \times 6=0.65$ V.=0.16 %

$e(\text{total})=0.49\%$ ADMIS (4.5% MAX.)

Protección Termica en Principio de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 40 A.

Protección Térmica en Final de Línea

I. Mag. Tetrapolar Int. 40 A.

Protección diferencial en Principio de Línea

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

SUBCUADRO

Fuerza y Alumbrado

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

Cetac	2500 W
Schuko 1	1500 W
Schuko 2	1500 W
Emergencia + señal	0.5 W
Telemando emergenc	0.5 W
Alumbrado 1	0.6 W
Alumbrado 2	0.6 W
kits autonomos	0.5 W
TOTAL....	5502.7 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 2.7

- Potencia Instalada Fuerza (W): 5500

Reparto de Fases - Líneas Monofásicas

- Potencia Fase R (W): 1502.7

- Potencia Fase S (W): 1500

- Potencia Fase T (W): 0

Cálculo de la Línea:

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.5 m; Cos ϕ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;

- Potencia a instalar: 5500 W.

- Potencia de cálculo:

5500 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=5500/1,732 \times 400 \times 0.8=9.92$ A.

Se eligen conductores Unipolares 4x4mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca

I.ad. a 40°C (Fc=1) 26 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 44.37

$e(\text{parcial})=0.5 \times 5500/52.93 \times 400 \times 4=0.03$ V.=0.01 %

$e(\text{total})=0.5\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 25 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Cetac

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.5 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 2500 W.
- Potencia de cálculo: 2500 W.

$$I=2500/1,732 \times 400 \times 0.85=4.25 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Tetrapolares 4x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 41.24

$$e(\text{parcial})=0.5 \times 2500 / 53.53 \times 400 \times 2.5 = 0.02 \text{ V.} = 0.01 \%$$

$$e(\text{total})=0.51\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: Schuko 1

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.5 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 0.85=7.64 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.24

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.5 \times 1500 / 53.15 \times 230.94 \times 2.5 = 0.05 \text{ V.} = 0.02 \%$$

$$e(\text{total})=0.52\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: Schuko 2

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.5 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 1500 W.
- Potencia de cálculo: 1500 W.

$$I=1500/230.94 \times 0.85=7.64 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 43.24

$e(\text{parcial})=2 \times 0.5 \times 1500 / 53.15 \times 230.94 \times 2.5 = 0.05 \text{ V.} = 0.02 \%$

$e(\text{total})=0.52\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: Alumbrado

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 2.7 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
4.86 W.(Coef. de Simult.: 1)

$I=4.86/1,732 \times 400 \times 0.85=0.01 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40

$e(\text{parcial})=0.3 \times 4.86 / 53.78 \times 400 \times 2.5 = 0 \text{ V.} = 0 \%$

$e(\text{total})=0.49\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Emergencia + señal

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 0.5 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
0.5x1.8=0.9 W.

$I=0.9/230.94 \times 0.85=0 \text{ A.}$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40

$e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 0.9 / 53.78 \times 230.94 \times 2.5 = 0 \text{ V.} = 0 \%$

$e(\text{total})=0.49\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: Telemando emergenc

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 0.5 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $0.5 \times 1.8 = 0.9$ W.

$$I = 0.9 / 230.94 \times 0.85 = 0 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida - . Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 20 \times 0.9 / 53.78 \times 230.94 \times 2.5 = 0 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.49\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Elemento de Maniobra:

Contactor Bipolar In: 10 A.

Cálculo de la Línea:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1.2 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 2.16 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I = 2.16 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 0 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K Eca
I.ad. a 40°C (Fc=1) 20 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40

$$e(\text{parcial}) = 0.3 \times 2.16 / 53.78 \times 400 \times 2.5 = 0 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.49\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Elemento de Maniobra:

Contactor Tetrapolar In: 16 A.

Cálculo de la Línea: Alumbrado 1

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 0.6 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $0.6 \times 1.8 = 1.08$ W.

$$I = 1.08 / 230.94 \times 0.85 = 0.01 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad

reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 40
 $e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 1.08/53.78 \times 230.94 \times 2.5=0 \text{ V.}=0 \%$
 $e(\text{total})=0.49\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: Alumbrado 2

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 0.6 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $0.6 \times 1.8=1.08 \text{ W.}$

$I=1.08/230.94 \times 0.85=0.01 \text{ A.}$
Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad
reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 40
 $e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 1.08/53.78 \times 230.94 \times 2.5=0 \text{ V.}=0 \%$
 $e(\text{total})=0.49\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: kits autonomos

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: B2-Mult.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;
- Potencia a instalar: 0.5 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $0.5 \times 1.8=0.9 \text{ W.}$

$I=0.9/230.94 \times 0.85=0 \text{ A.}$
Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad
reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 40
 $e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 0.9/53.78 \times 230.94 \times 2.5=0 \text{ V.}=0 \%$
 $e(\text{total})=0.49\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:
I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

CALCULO DE EMBARRADO Fuerza y Alumbrado

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- nº pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 45
- Ancho (mm): 15
- Espesor (mm): 3
- Wx, lx, Wy, ly (cm³,cm⁴) : 0.112, 0.084, 0.022, 0.003
- I. admisible del embarrado (A): 170

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{\text{pcc}}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 4.03^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.022 \cdot 1) = 770.739 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{\text{cal}} = 9.35 \text{ A}$$
$$I_{\text{adm}} = 170 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{\text{pcc}} = 4.03 \text{ kA}$$
$$I_{\text{cccs}} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{\text{cc}}}) = 164 \cdot 45 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 10.44 \text{ kA}$$

Cálculo de la Línea: Resist. calef. 1

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 40 m; Cos φ: 1; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 2500 W.
- Potencia de cálculo: 2500 W.

$$I = 2500 / 230.94 \times 1 = 10.83 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x10+TTx10mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 25°C (Fc=1) 70 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 63 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 26.55

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 40 \times 2500 / 56.55 \times 230.94 \times 10 = 1.53 \text{ V.} = 0.66 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.99\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Resist. calef. 2

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 40 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 2500 W.
- Potencia de cálculo: 2500 W.

$$I=2500/230.94 \times 1=10.83 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x10+TTx10mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 25°C (Fc=1) 70 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 63 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 26.55

$$e(\text{parcial})=2 \times 40 \times 2500 / 56.55 \times 230.94 \times 10 = 1.53 \text{ V.} = 0.66 \%$$

$$e(\text{total})=0.99\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Resist. calef. 3

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 40 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 2500 W.
- Potencia de cálculo: 2500 W.

$$I=2500/230.94 \times 1=10.83 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x10+TTx10mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 25°C (Fc=1) 70 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 63 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 26.55

$$e(\text{parcial})=2 \times 40 \times 2500 / 56.55 \times 230.94 \times 10 = 1.53 \text{ V.} = 0.66 \%$$

$$e(\text{total})=0.99\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Resist. calef. 4

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 40 m; Cos φ : 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 2500 W.
- Potencia de cálculo: 2500 W.

$$I=2500/230.94 \times 1=10.83 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x10+TTx10mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 25°C (Fc=1) 70 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 63 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 26.55

$e(\text{parcial})=2 \times 40 \times 2500 / 56.55 \times 230.94 \times 10 = 1.53 \text{ V.} = 0.66 \%$

$e(\text{total})=0.99\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Señalización 1

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 1000 W.

- Potencia de cálculo: 1000 W.

$I=1000/230.94 \times 0.85=5.09 \text{ A.}$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad

reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 25°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 26.65

$e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 1000 / 56.52 \times 230.94 \times 2.5 = 1.23 \text{ V.} = 0.53 \%$

$e(\text{total})=0.86\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Señalización 2

- Tensión de servicio: 230.94 V.

- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.

- Longitud: 20 m; Cos φ : 0.85; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 1000 W.

- Potencia de cálculo: 1000 W.

$I=1000/230.94 \times 0.85=5.09 \text{ A.}$

Se eligen conductores Bipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad

reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1

I.ad. a 25°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 26.65

$e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 1000 / 56.52 \times 230.94 \times 2.5 = 1.23 \text{ V.} = 0.53 \%$

$e(\text{total})=0.86\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Cálculo de la Línea: Armario Comunicaci

- Tensión de servicio: 230.94 V.
- Canalización: D1-Unip.o Mult.Conduct.enterrad.
- Longitud: 20 m; Cos ϕ : 0.85; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 500 W.
- Potencia de cálculo: 500 W.

$$I=500/230.94 \times 0.85=2.55 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: RZ1-K(AS) Cca-s1b,d1,a1
I.ad. a 25°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19
Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 25.41

$$e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 500 / 56.79 \times 230.94 \times 2.5=0.61 \text{ V.}=0.26 \%$$

$$e(\text{total})=0.6\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

CALCULO DE EMBARRADO CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION

Datos

- Metal: Cu
- Estado pletinas: desnudas
- n° pletinas por fase: 1
- Separación entre pletinas, d(cm): 10
- Separación entre apoyos, L(cm): 25
- Tiempo duración c.c. (s): 0.5

Pletina adoptada

- Sección (mm²): 125
- Ancho (mm): 25
- Espesor (mm): 5
- W_x, I_x, W_y, I_y (cm³, cm⁴): 0.521, 0.651, 0.104, 0.026
- I. admisible del embarrado (A): 350

a) Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n) = 9.89^2 \cdot 25^2 / (60 \cdot 10 \cdot 0.104 \cdot 1) = 980.658 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Cu}$$

b) Cálculo térmico, por intensidad admisible

$$I_{cal} = 72.57 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 350 \text{ A}$$

c) Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{pcc} = 9.89 \text{ kA}$$

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}}) = 164 \cdot 125 \cdot 1 / (1000 \cdot \sqrt{0.5}) = 28.99 \text{ kA}$$

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Par. (%)	C.T.Tot. (%)	Dimensiones(mm) Tubo, Canal, Band.
DERIVACION IND.	40220.36	10	4x16+TTx16Cu	72.57	85	0.33	0.33	
Bomba achique	1662.5	20	2x2.5+TTx2.5Cu	8.47	24	0.95	1.28	20
Vent. Aspiracion 1	2750	30	3x2.5+TTx2.5Cu	4.67	22	0.39	0.72	20
Vent. Aspiracion 2	2750	30	3x2.5+TTx2.5Cu	4.67	22	0.39	0.72	20
Relés inundacion	1300	20	2x2.5+TTx2.5Cu	5.63	30	0.73	1.06	
Celdas (230Vac)	3600	15	4x2.5+TTx2.5Cu	6.11	22	0.25	0.59	20
Celdas 30 kV	900	5	2x2.5+TTx2.5Cu	4.87	28	0.13	0.71	20
Celdas CC	900	5	2x2.5+TTx2.5Cu	4.87	28	0.13	0.71	20
Celdas Feeders	900	5	2x2.5+TTx2.5Cu	4.87	28	0.13	0.71	20
Celdas Catenaria	900	5	2x2.5+TTx2.5Cu	4.87	28	0.13	0.71	20
Central Incendios	900	15	2x2.5+TTx2.5Cu	4.58	30	0.38	0.71	
Deshumidificador	1100	15	2x2.5+TTx2.5Cu	5.6	30	0.46	0.79	
Trafo Control	669.38	10	2x1.5+TTx1.5Cu	3.41	21	0.25	0.58	
Circ. Control 220	500	2	2x2.5+TTx2.5Cu	2.56	28	0.03	0.03	20
	10625	20	4x16+TTx16Cu	18.04	72	0.16	0.49	40
	10000	0.3	2x16+TTx16Cu	54.13	73	0.01	0.5	
Alimentación Segur	2880	0.3	2x2.5+TTx2.5Cu	12.47	24	0.03	0.53	20
Mando Secc. Catena	1500	3	2x2.5+TTx2.5Cu	5.98	30	0.12	0.64	
Relés vigi alumbr	400	3	2x2.5+TTx2.5Cu	1.73	30	0.03	0.56	
Coms transporte SE	600	3	2x2.5+TTx2.5Cu	2.6	30	0.05	0.58	
Equipo Telearrastr	500	3	2x2.5+TTx2.5Cu	2.17	30	0.04	0.57	
Circuito 110 Vcc	3000	4	2x2.5+TTx2.5Cu	12.99	24	0.35	0.85	20
Fuerza y Alumbrado	5504.86	15	4x6+TTx6Cu	9.35	41	0.16	0.49	25
Resist. calef. 1	2500	40	2x10+TTx10Cu	10.83	70	0.66	0.99	63
Resist. calef. 2	2500	40	2x10+TTx10Cu	10.83	70	0.66	0.99	63
Resist. calef. 3	2500	40	2x10+TTx10Cu	10.83	70	0.66	0.99	63
Resist. calef. 4	2500	40	2x10+TTx10Cu	10.83	70	0.66	0.99	63
Señalización 1	1000	20	2x2.5+TTx2.5Cu	5.09	32	0.53	0.86	32
Señalización 2	1000	20	2x2.5+TTx2.5Cu	5.09	32	0.53	0.86	32
Armario Comunicaci	500	20	2x2.5+TTx2.5Cu	2.55	32	0.26	0.6	32

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmax f (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
DERIVACION IND.	10	4x16+TTx16Cu	12	15	9.895	4463.49	80;10 In		
Bomba achique	20	2x2.5+TTx2.5Cu	7.569	10	0.807	385.6	10;C		R
Vent. Aspiracion 1	30	3x2.5+TTx2.5Cu	9.895	10	1.098	455.81	10;C		
Vent. Aspiracion 2	30	3x2.5+TTx2.5Cu	9.895	10	1.098	455.81	10;C		
Relés inundacion	20	2x2.5+TTx2.5Cu	7.569	10	0.807	385.6	10;C		S
Celdas (230Vac)	15	4x2.5+TTx2.5Cu	9.895	10	2.049	501.1	10;C		
Celdas 30 kV	5	2x2.5+TTx2.5Cu	1.047	4.5	0.807	385.6	10;C		T
Celdas CC	5	2x2.5+TTx2.5Cu	1.047	4.5	0.807	385.6	10;C		T
Celdas Feeders	5	2x2.5+TTx2.5Cu	1.047	4.5	0.807	385.6	10;C		S
Celdas Catenaria	5	2x2.5+TTx2.5Cu	1.047	4.5	0.807	385.6	10;C		R
Central Incendios	15	2x2.5+TTx2.5Cu	7.569	10	1.047	501.1	10;C		T
Deshumidificador	15	2x2.5+TTx2.5Cu	7.569	10	1.047	501.1	10;C		S
Trafo Control	10	2x1.5+TTx1.5Cu	7.569	10	0.953	455.67	10;C		R
Circ. Control 220	2	2x2.5+TTx2.5Cu	0.069	4.5	0.069	61.39	6;C	74.11	R
	20	4x16+TTx16Cu	9.895	10	5.906	1713.18	63;C		
	0.3	2x16+TTx16Cu	3.407	4.5	3.378	1700.04	63;C		T
Alimentación Segur	0.3	2x2.5+TTx2.5Cu	3.378	4.5	3.203	1604.01	16;C		T
Mando Secc. Catena	3	2x2.5+TTx2.5Cu	3.203	4.5	2.096	1022.13	10;C		T
Relés vigi alumbr	3	2x2.5+TTx2.5Cu	3.203	4.5	2.096	1022.13	10;C		T
Coms transporte SE	3	2x2.5+TTx2.5Cu	3.203	4.5	2.096	1022.13	10;C		T
Equipo Telearrastr	3	2x2.5+TTx2.5Cu	3.203	4.5	2.096	1022.13	10;C		T
Circuito 110 Vcc	4	2x2.5+TTx2.5Cu	3.378	4.5	1.938	942.01	16;C		T
Fuerza y Alumbrado	15	4x6+TTx6Cu	9.895	10 4.5	4.035	1050.14	40;C 40;C		
Resist. calef. 1	40	2x10+TTx10Cu	7.569	10	1.479	714.1	16;C		R

Resist. calef. 2	40	2x10+TTx10Cu	7.569	10	1.479	714.1	16;C		S
Resist. calef. 3	40	2x10+TTx10Cu	7.569	10	1.479	714.1	16;C		R
Resist. calef. 4	40	2x10+TTx10Cu	7.569	10	1.479	714.1	16;C		S
Señalización 1	20	2x2.5+TTx2.5Cu	7.569	10	0.807	385.6	10;C		R
Señalización 2	20	2x2.5+TTx2.5Cu	7.569	10	0.807	385.6	10;C		S
Armario Comunicaci	20	2x2.5+TTx2.5Cu	7.569	10	0.807	385.6	10;C		R

Subcuadro Fuerza y Alumbrado

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálculo (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
	5500	0.5	4x4Cu	9.92	26	0.01	0.5	
Cetac	2500	0.5	4x2.5+TTx2.5Cu	4.25	27	0.01	0.51	
Schuko 1	1500	0.5	2x2.5+TTx2.5Cu	7.64	30	0.02	0.52	
Schuko 2	1500	0.5	2x2.5+TTx2.5Cu	7.64	30	0.02	0.52	
Alumbrado	4.86	0.3	4x2.5Cu	0.01	24	0	0.49	20
Emergencia + señal	0.9	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0	24	0	0.49	20
Telemando emergenc	0.9	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0	24	0	0.49	20
	2.16	0.3	4x2.5Cu	0	20	0	0.49	
Alumbrado 1	1.08	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.01	24	0	0.49	20
Alumbrado 2	1.08	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0.01	24	0	0.49	20
kits autonomos	0.9	20	2x2.5+TTx2.5Cu	0	24	0	0.49	20

Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	Ikmaxi (kA)	P de C (kA)	Ikmax f (kA)	Ikminf (A)	Curva válida, xln	Lmáxima (m)	Fase
	0.5	4x4Cu	4.035	4.5	3.903	1017.79	25;C		
Cetac	0.5	4x2.5+TTx2.5Cu	3.903	4.5	3.709	959.7	16;C		
Schuko 1	0.5	2x2.5+TTx2.5Cu	2.079	4.5	1.965	959.7	16;C		R
Schuko 2	0.5	2x2.5+TTx2.5Cu	2.079	4.5	1.965	959.7	16;C		S
Alumbrado	0.3	4x2.5Cu	4.035	4.5	3.909	1012.23	16;C		
Emergencia + señal	20	2x2.5+TTx2.5Cu	2.083	4.5	0.621	296.12	10;C		R
Telemando emergenc	20	2x2.5+TTx2.5Cu	2.083	4.5	0.621	296.12	10;C		R
	0.3	4x2.5Cu	3.909		3.79	983.31			
Alumbrado 1	20	2x2.5+TTx2.5Cu	2.012	4.5	0.614	293.58	16;C		R
Alumbrado 2	20	2x2.5+TTx2.5Cu	2.012	4.5	0.614	293.58	16;C		R
kits autonomos	20	2x2.5+TTx2.5Cu	2.083	4.5	0.621	296.12	16;C		R

CALCULO DE LA PUESTA A TIERRA

- La resistividad del terreno es 250 ohmiosxm.
- El electrodo en la puesta a tierra del edificio, se constituye con los siguientes elementos:

M. conductor de Cu desnudo	35 mm ² 34 m.
M. conductor de Acero galvanizado	95 mm ²
Picas verticales de Cobre	14 mm
de Acero recubierto Cu	14 mm 8 picas de 2m.
de Acero galvanizado	25 mm

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 7.58 ohmios.

Los conductores de protección, se calcularon adecuadamente y según la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

Nº	Descripción	Tensión (V)	Potencia (W)	Factor potencia	Intensidad calculada (A)	Factor agrupamiento	Intensidad corregida (A)	Aislamiento	Sección (mm2 Cu)	Longitud (m)	Calibre protección	Diferencial	Intensidad admisible (A)	I adm > I corregida	Factor K	Caída tensión (V)	Caída tensión (%)	Caída tensión acumulada (%)
F32-2	Alimentación ondulador/inversor	110	3200	1	29,09	0,70	41,56	XLPE 0,6/1 kV	10	2	100	NO	63	SI	16,23	0,94	0,86	0,86
F33	Alimentación a celdas 30 kV (1)	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	6	63	NO	63	SI	16,23	0,35	0,32	1,18
F34	Alimentación a celdas 30 kV (2)	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	7	63	NO	63	SI	16,23	0,41	0,38	1,23
F35	Alimentación a celda Rectificador 1	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	8	63	NO	63	SI	16,23	0,47	0,43	1,29
F36	Alimentación a celda Rectificador 2	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	7	63	NO	63	SI	16,23	0,41	0,38	1,23
F37	Reserva	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	0	63	NO	63	SI	16,23	0,00	0,00	0,86
F38	Alimentación a celda Feeder 1	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	9	32	NO	63	SI	16,23	0,53	0,48	1,34
F39	Alimentación a celda Feeder 2	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	9	32	NO	63	SI	16,23	0,53	0,48	1,34
F40	Alimentación a celda BT Control	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	10	32	NO	63	SI	16,23	0,59	0,54	1,39
F41	Celda Retornos	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	10	32	NO	63	SI	16,23	0,59	0,54	1,39
F42	Reserva	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	0	32	NO	63	SI	16,23	0,00	0,00	0,86
F43	Reserva	110	400	1	3,64	0,70	5,19	XLPE 0,6/1 kV	10	0	32	NO	63	SI	16,23	0,00	0,00	0,86
F44	Maniobra interruptores	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	2	10	NO	27	SI	16,23	0,06	0,05	1,45
F70	Switches de comunicación	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	2,5	2	6	NO	27	SI	2,56	0,01	0,04	1,44
F71	PLC Cuadro	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	2,5	2	6	NO	27	SI	2,56	0,01	0,04	1,44
F72	Módulos Entrada PLC	24	30	1	1,25	0,70	1,79	XLPE 0,6/1 kV	2,5	2	6	NO	27	SI	10,16	0,03	0,11	1,50
F73	Módulos Salida PLC	24	30	1	1,25	0,70	1,79	XLPE 0,6/1 kV	2,5	2	6	NO	27	SI	10,16	0,03	0,11	1,50
F74	Reserva	24	0	1	0,00	0,70	0,00	XLPE 0,6/1 kV	2,5	0	6	NO	27	SI	10,16	0,00	0,00	1,39

Proyectos de Instalaciones de la ampliación del tranvía de Vitoria-Gasteiz a Salburua. Lote 4. Instalaciones Eléctricas.

saitec engineering

2.1.2. Cálculo de Puesta a Tierra

Se instalará una red general de tierra realizada con cable de cobre desnudo de 95 mm², directamente enterrado, formando una malla a la que se conectarán los electrodos (picas de acero-cobrizado de 2m x Ø14 mm) necesarios según la naturaleza del terreno y la longitud de la conducción enterrada. Todas las uniones entre conductores principales, picas y derivaciones se realizarán con soldadura aluminotérmica de alto punto de fusión, tipo CADWELD.

Se establecerán arquetas para hacer registrables las conexiones de las líneas de tierra a la conducción enterrada. Así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en cobre, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en cobre.

A esta red general se conectarán todas las masas metálicas de la instalación incluso las estructuras. Se pondrá a tierra el cuadro general de protecciones y desde aquí los cuadros secundarios y las derivaciones a cada uno de los puntos de consumo y demás receptores, incorporándose el cable de tierra en las líneas de alimentación a los mismos.

La conexión se realizará con cable bicolor amarillo-verde. La resistencia de la red de tierras será menor a 8 ohmios, todo ello de acuerdo con las normas del vigente Reglamento Electrónico de Baja Tensión.

Los conductores de protección se han calculado adecuadamente y según la ITC-BT-18 del Reglamento Electrónico de Baja Tensión. Se han tenido en cuenta las siguientes fórmulas y consideraciones.

Pica vertical

$$R_t = \rho / L$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud de la pica (m)

Conductor enterrado horizontalmente

$$R_t = 2 \cdot \rho / L$$

Siendo,

R_t: Resistencia de tierra (Ohm)

ρ: Resistividad del terreno (Ohm·m)

L: Longitud del conductor (m)

Se considera la siguiente normativa:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión. En particular, la Instrucción Técnica Complementaria ITCRAT- 13 "Instalaciones de puesta a tierra".
- Norma IEEE 80-2000 "Guide for Safety in AC Substation Grounding".

Y los siguientes datos:

- Tensión: V = 30.000 V
- Intensidad de falta trifásica: I_{3F} = 20 kA
- Intensidad de falta monofásica a tierra: I_{1F} = 6,24 kA (Nota 1)
- Tiempo de duración de la falta: t = 0,5 s

- Resistividad media del terreno: $\rho = 250 \Omega \times m$
- Resistividad superficial con capa de hormigón: $\rho_s = 3.000 \Omega \times m$
- Dimensiones de la red de tierras: $12 \times 10 m$
- Superficie cubierta por la malla: $120 m^2$
- Cantidad y longitud de picas: 8 de 2 m de longitud (picas verticales de Acero recubierto Cu 14 mm).
- M. Conductor de Cu desnudo $95 mm^2$: 34 m.
- Longitud aproximada de la malla (considerando las picas): $L = 50 m$
- Profundidad de enterramiento de la malla: 1 m

(Nota 1) 6,24 kA es la intensidad máxima de falta monofásica y una fracción de esa corriente derivará hacia la red de tierras de la Subestación. No obstante, se realizará un cálculo de la red de tierras de la Subestación conservador, considerando que toda la intensidad de defecto deriva hacia tierra.

Considerando que la resistividad del terreno es 250 Ohm·m y que el sistema de puesta a tierra del edificio se constituye con los siguientes elementos:

- M. Conductor de Cu desnudo $95 mm^2$: 34 m.
- Picas verticales de Acero recubierto Cu 14 mm: 8 picas de 2m.

Se obtiene una Resistencia de tierra de **7,58 Ohm**.

2.1.3. Cálculos de alumbrado

Como se ha indicado a lo largo del proyecto, la subestación de Salburua se va a construir dentro de un prefabricado subterráneo. Este prefabricado tiene equipadas unas luminarias.

El alumbrado de emergencia estará compuesto por equipos autónomos, cubriendo una superficie de acuerdo con la norma EN-60598.2.2.2. y además se verá reforzado por kits autónomos de emergencia instalados en el 33% de las luminarias de alumbrado normal.

2.2. Ventilación

A partir de la maquinaria instalada (transformadores y rectificadores) y considerando la emisión de calor radiado por estos equipos, se establece necesariamente una circulación permanente de aire con la finalidad de limitar la temperatura interior y de esta manera evitar calentamientos excesivos que puedan estropear la maquinaria instalada.

El sistema de ventilación previsto se basa en el principio físico de la estratificación del aire en función de la temperatura. Es decir, el aire caliente tiene una menor densidad que el aire frío lo que hace que tenga tendencia a ascender, en cambio el aire frío tiene una mayor densidad que el aire caliente lo que hace que tenga tendencia a bajar, esto hace que el aire caliente siempre se sitúe en las partes superiores de un edificio cerrado y el aire frío en las partes más bajas.

El sistema de ventilación constará de:

- Entrada de aire por rejilla de sección adecuada y provista de filtros por medio de ventilación forzada dimensionada para las pérdidas de calor de la subestación.
- Circuito de extracción de aire de forma natural por medio de la sobrepresión conseguida entre el sistema de aspiración y las rejillas de salida.

El sistema estará controlado por el PLC de servicios auxiliares, y por termostato de ambiente, tal y como se indica en el pliego de prescripciones técnicas y planos, y estará relacionado con la central de incendios provocando el par de ventilación ante una emergencia.

Se instalarán dos ventiladores, de acuerdo con los planos anexos, y dimensionados cada uno de ellos para el 100 % de las pérdidas de calor.

2.2.1. Cálculo del sistema de ventilación

2.2.1.1. Cálculo de pérdidas

Como base de partida se toman los siguientes datos:

Equipo	Pérdidas (W)
Tracción nº 1 de 1.000 kVA	15.000
Tracción nº 2 de 1.000 kVA	15.000
Tracción nº3 de 250 kVA	6.000
Grupo de rectificadores (2)	2 x 4.000
Total	44.000

Otras pérdidas

Además de las anteriores, en la subestación hay otras fuentes de calor que en resumen son:

- Calor producido por las cabinas.
- Calor producido por alumbrado.

Los valores de estas fuentes de calor son despreciables en comparación con los transformadores y rectificadores, por lo cual no serán consideradas en el cálculo.

2.2.2. Caudal de aire necesario

Para el cálculo del caudal de aire necesario, partimos de los siguientes datos:

- Potencia disipada en la subestación: 44 kW
- Temperatura del aire exterior: 30°C
- Humedad del aire exterior: 50%
- Temperatura máxima admitida en el interior del local: 40°C

Considerando un incremento térmico de 10°C el caudal de aire necesario se obtendrá a partir de la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{P_{kw}(kcal/h)}{1,2 * 0,24 * \Delta T} = \frac{44 * 860}{1,2 * 0,24 * 10} = 13.138 \text{ m}^3/h$$

Este será el caudal mínimo a considerar por el sistema de ventilación.

El ventilador a utilizar será de las siguientes características:

- Ventilador helicoidal con caja aislada acústicamente
- Caudal: 18.900 m³/h
- Potencia (400V): 1,5 kW
- Nivel presión sonora: 72 dB

2.3. Bomba de achique de filtraciones

La impulsión se realizará por la parte superior del edificio, salida libre a tubería de drenaje prevista por el contratista de Obra Civil, salvando una altura geométrica de 3,5 m:

- Se estiman unas filtraciones no deseadas de 1,4 l/s o 5 m³/h.
- Se elige una tubería de impulsión de PVC, 4 atmósferas, øext = 50 mm

Se tendrá la siguiente pérdida de carga en la tubería, al considerar el caudal de filtraciones estimadas y una tubería de descargue por la parte superior del prefabricado:

CAUDAL	Ø INT	VEL.	GRAD.	LONG.	PERD. TRAMO RECTO	PÉRDIDAS CODOS			TOTAL
						Ud	Long eq.	Pérd.	
5.040 l/h	50 mm	0,7 m/s	13 mmca/m	4 m	131 mmca	2	4 m	56 mmca	187 mmca

La altura manométrica a considerar por la bomba será de 7,8m, teniendo en cuenta las pérdidas de carga de tubería.

$$H_m = H_{R+SEC} + H_G + H_{\Delta P} = 7,8 \text{ mca}$$

Donde:

$$H_{R+SEC}: \text{Pérdida de carga de tubería} = 0,2 \text{ mca}$$

$$H_G: \text{Pérdida de carga geométrica} = 3,5 \text{ m}$$

$$H_{\Delta P}: \text{Presión de descarga}$$

Obteniéndose una presión en la descarga suficiente = 4,1 mca

La bomba a utilizar será de las siguientes características:

- Caudal: 1,4 l/s
- Hm: 8 mca
- Niveles: incorporados
- Alimentación: monofásica 220 Vca
- Potencia 1,33 kW

APENDICE 3. COMUNICACIONES

ÍNDICE

1. SISTEMA DE COMUNICACIONES

- 1.1. Sistema de telefonía**
- 1.2. Sistemas de seguridad**

1. SISTEMA DE COMUNICACIONES

La Subestación de Salburua forma parte de una arquitectura en donde existe un Puesto de Mando Central localizado en la parcela de Talleres y Cocheras al final del ramal de Lakua al cual se enviará información de cada una de las subestaciones que forman la red del Tranvía de Vitoria-Gasteiz. El Puesto de mando tiene la posibilidad de mando sobre todas las subestaciones.

A continuación, se indican los distintos sistemas de comunicaciones de la nueva subestación de Salburua:

- Infraestructura de nivel físico:
 - Fibra Óptica
 - Cableado interior de la subestación
- Red de comunicaciones
- Telefonía automática
- Sistemas de Seguridad (videovigilancia, antiintrusión e inundaciones)

El PLC Maestro 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 de ETS.

El diseño de la infraestructura de nivel físico, así como de la red de comunicaciones se realizará en el Proyecto de Comunicaciones.

1.1. Sistema de telefonía

Telefonía Automática

El Sistema de Telefonía Automática del tranvía permite la comunicación de subestaciones, bloques técnicos y Puesto de Mando entre ellos (sin coste) y con el exterior.

El Sistema de Telefonía Automática estará soportado por la red de Telefonía de Automática del tranvía compuesta por centralitas conectadas entre sí. En concreto, la extensión necesaria para dotar de telefonía a la SET de Salburua provendrá de la centralita de Telefonía Automática instalada en el Puesto de Mando Central.

1.2. Sistemas de seguridad

Sistema de videovigilancia

Se instalará una cámara fija de videovigilancia, en el interior de la subestación de Salburua, para poder visualizar desde el PMC el acceso a la misma.

Las imágenes pueden ser pedidas bajo demanda o bien pueden ser enviadas automáticamente como resultado de un evento concreto en una zona determinada, para poder obtener información gráfica del mismo.

El criterio establecido para la subestación es la instalación de cámaras fijas nativas IP que permitan implementar alimentación vía PoE.

Sistemas de antiintrusión e inundaciones

Se instalarán detectores en los accesos a la subestación, y en puntos bajos del interior de la misma, para que el operador del PMC tenga constancia de las intrusiones de personal y acumulaciones por agua de filtraciones, mediante la alarma correspondiente.